

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA “JUAN MISAEL SARACHO”
PROGRAMA ESPECIAL DE TITULACIÓN
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**



**ZONIFICACIÓN SEGÚN FACTOR DE RIESGO
DE ESTABILIDAD DE TALUDES, EN EL TRAMO
TOLOMOSA CENTRO – TOLOMOSA SUD**

Por:

FREDDY OMAR VEIZAGA SEGOVIA

Tutor:

JOEL PACO SARZURI

Marzo de 2011

TARIJA -BOLIVIA

VºBº

.....
Ing. Joel Paco Sarzuri

TUTOR

.....
MSc. Ing. Luis A. Yurquina F.

DECANO FACULTAD
CIENCIAS Y TECNOLOGIA

.....
MSc. Lic. Marlene Hoyos M.

DIRECTORA DE “P.E.T.”

Aprobada por:

TRIBUNAL:

.....
Ing. Juan José Choque H.

.....
Ing. Rodrigo Sandoval T.

El Tribunal Calificador del presente Proyecto de Grado, no se solidariza con la forma, términos, modos y expresiones vertidas en el trabajo, siendo las mismas únicamente responsabilidad del autor.

AGRADECIMIENTOS

Muchas son las personas que han hecho posible la realización de este trabajo, tanto a nivel personal y humano, como a nivel académico, logístico y financiero.

A nivel personal mi más profundo agradecimiento a Dios, “...por medio de el todas las cosas fueron creadas; sin el nada de lo creado llego a existir” *Juan 1:3*. A mis padres Mario y Beatriz, los que me ayudaron moral y financieramente para lograr esta meta. A mi esposa Magaly por su apoyo y aliento permanente; gracias por tu paciencia. A mis hermanos Paul y Milton. Y no quiero olvidar a personas como mi tío Roberto por su consejo e inspiración; mi tío Ivar por su apoyo en los momentos adversos. Gracias a los amigos y hermanos, muchos de los cuales me reconfortaron haciendo el trabajo más llevadero.

A nivel académico quiero agradecer a mi tutor Joel, por su apoyo y colaboración en la realización de esta tesis.

A todos ellos, **muchas gracias.**

ÍNDICE GENERAL

Agradecimientos.....	iv
Resumen.....	xii
I INTRODUCCIÓN	
1.1 Generalidades.....	1
1.2 Justificación.....	2
1.3 Objetivos.....	3
1.3.1 Objetivo general.....	3
1.3.2 Objetivos específicos.....	3
1.4 Hipótesis.....	4
1.5 Alcance del estudio.....	4
II REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	
2.1 Tipología y desarrollo de los movimientos.....	6
2.1.1 Nomenclatura de un talud o ladera.....	6
2.1.2 Morfología y partes de un deslizamiento.....	8
2.1.3 Tipos de movimientos.....	10
2.1.4 Factores condicionantes y desencadenantes.....	14
2.1.4.1 Factores naturales.....	14
2.1.4.2 Actividad humana.....	17
2.2 Clasificación de suelos.....	20
2.2.1 Tipos de suelos.....	20
2.2.2 Tamaño de las partículas de suelo.....	21
2.2.3 Análisis del suelo.....	22

2.2.4	Sistemas de clasificación.....	24
2.2.4.1	Sistema de clasificación AASHTO.....	24
2.2.4.2	Sistema unificado de clasificación de suelos.....	26
2.3	Resistencia cortante del suelo.....	29
2.3.1	Presión Total, efectiva y presión de Poro (Intersticial).....	29
2.3.2	Criterio de falla de Mohr-Coulomb.....	30
2.3.3	Ensayos de laboratorio.....	30
2.4	Modelos de análisis de estabilidad.....	34
2.5	Factor de seguridad.....	36
2.6	Ábacos de Taylor.....	38
2.6.1	Validación del método.....	41
2.7	Zonificación de la amenaza a deslizamiento.....	42
2.7.1	Estimación de atributos Geotécnicos, topográficos y ambientales.....	43
2.7.2	Estimación del grado de amenaza.....	45
2.8	Escogencia del factor de seguridad.....	46
III	APLICACIÓN PRÁCTICA	
3.1	Ubicación.....	48
3.2	Características de la zona.....	49
3.2.1	Geología.....	50
3.2.2	Erosión.....	51
3.2.3	Sismicidad.....	53
3.3	Ensayos de laboratorio.....	53
3.3.1	Granulometría de finos y gruesos.....	54
3.3.2	Límites de Atteberg.....	54

3.3.3	Peso específico.....	55
3.3.4	Resistencia al corte del suelo.....	55
3.4	Características de los taludes de estudio.....	57
3.5	Evaluación de la estabilidad.....	66
3.5.1	Estabilidad a corto plazo ($\phi=0$).....	67
3.6	Análisis de los taludes actuales.....	68
3.7	Evaluación de la estabilidad (talud óptimo).....	69
3.8	Zonificación de los taludes del tramo.....	70
IV	ANÁLISIS ECONÓMICO	
4.1	Análisis unitario de costos.....	71
4.1.1	Ítem. Movimiento de tierra.....	71
4.1.2	Cálculos métricos.....	73
4.1.3	Precio unitario.....	75
4.2	Comparación de costos.....	76
V	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	
4.3	Conclusiones.....	77
4.4	Recomendaciones.....	79
	Bibliografía.....	80
	ANEXOS	
	PLANOS	

ÍNDICE DE FIGURAS

Fig. 2.1	Nomenclatura a) talud artificial, b) ladera natural.....	6
Fig. 2.2	Definición de las características y partes que componen a) una ladera y b) eventualmente un deslizamiento.....	10
Fig. 2.3	Tipos de Movimientos.....	13
Fig. 2.4	Relación entre N_s , ψ y ϕ	38
Fig. 2.5	Relación entre N_s , ψ y n_d para suelos sin rozamiento ($\phi=0$).....	41
Fig. 3.1	Ubicación en el departamento.....	48
Fig. 3.2	Imagen satelital del tramo en estudio.....	49

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1	Límite de tamaño de suelos separados.....	22
Tabla 2.2	Tamaño de mallas estándar en Estados Unidos.....	23
Tabla 2.3	Clasificación AASHTO.....	25
Tabla 2.4	Clasificación AASHTO.....	25
Tabla 2.5	Sistema Unificado de Clasificación de Suelos.....	27
Tabla 2.6	Consistencia de las arcillas saturadas en función de la resistencia a la compresión simple.....	31
Tabla 2.7	Métodos de análisis de estabilidad.....	37
Tabla 2.8	Estimación de Atributos Topográficos, geotécnicos y ambientales.....	44
Tabla 2.9	Estimación del grado de amenaza.....	46
Tabla 2.10	Criterios para seleccionar un factor de seguridad para diseño de taludes.....	46
Tabla 2.11	Terzaghi y Peck factores de seguridad mínimos.....	47
Tabla 2.12	Factor de seguridad considerando las combinación de fuerzas actuales.....	47
Tabla 3.1	Resumen de resultados del ensayo de compresión simple.....	56
Tabla 3.2	Parámetros resistentes del suelo.....	67
Tabla 3.3	Resumen de resultados condición no drenada ($\phi=0$).....	68
Tabla 3.4	Estabilidad del tramo para $\psi=90^\circ$	69
Tabla 3.5	Grado de amenaza a deslizamientos del tramo en estudio.....	70
Tabla 4.1	Costo movimiento de Tierras del tramo en estudio.....	76

ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS

Foto 3.1	Presencia del fenómeno erosivo en los taludes del tramo en estudio.....	52
Foto 3.2	Pesado de probetas de suelo.....	55
Foto 3.3	Prensas utilizadas para realizar el ensayo de compresión simple.....	56
Foto 3.4	Talud N°1.....	57
Foto 3.5	Talud N°2.....	59
Foto 3.6	Talud N°3.....	60
Foto 3.7	Talud N°4.....	61
Foto 3.8	Talud N°5.....	63
Foto 3.9	Talud N°6.....	65

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO A: ANÁLISIS DE SUELOS

ANEXO B: ENSAYO DE COMPRESIÓN SIMPLE

ANEXO C: ANÁLISIS DE ESTABILIDAD DE TALUDES

ANEXO D: ZONIFICACIÓN DE TALUDES