

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA “JUAN MISAEL SARACHO”

FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

**DEPARTAMENTO DE TOPOGRAFÍA Y VÍAS DE
COMUNICACIÓN**



**“EVALUACIÓN DE LA APLICACIÓN DE GEOSINTÉTICOS EN MUROS DE
TALUDES URBANOS EN LA CIUDAD DE TARIJA APLICANDO EL
SOFTWARE GEOSOFT PAVCO”**

POR:

IRAHOLA JAIRO ALEJANDRO

SEMESTRE I - 2022

TARIJA-BOLIVIA

DEDICATORIA

A Dios por darme las fuerzas necesarias para seguir adelante y ser perseverantes para culminar este trabajo de graduación.

A mi adorada Madre, por darme el apoyo incondicional que me ha brindado durante toda mi vida, en especial en la etapa que estoy por culminar quién es responsable de mis logros y éxitos.

A mi abuelito JULIAN, así como en la vida me cuidaste y protegiste sé que ahora seguirás haciéndolo desde el cielo. Contigo conocí el amor de un abuelo único, ese que te llena de calor desde el corazón. Me aras falta por siempre.

A todas las personas que han confiado en mí, me han apoyado durante el transcurso de mi carrera.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

CAPÍTULO I

EVALUACIÓN DE LA APLICACIÓN DE GEOSINTÉTICOS EN MUROS DE TALUDES URBANOS EN LA CIUDAD DE TARIJA APLICANDO EL SOFTWARE GEOSOFT PAVCO

	Página
1.1. Introducción	1
1.2. Justificación del proyecto de aplicación	3
1.3. Planteamiento del problema.....	3
1.3.1. Situación problemática.....	3
1.3.2. Problema	4
1.4. Objetivos de proyecto de aplicación	5
1.4.1. Objetivo general	5
1.4.2. Objetivos específicos	5
1.5. Hipótesis	6
1.5.1. Identificación de variables	6
1.5.1.1. Variable dependiente.....	6
1.5.1.2. Variable independiente.....	6
1.6. Diseño metodológico	6
1.6.1. Componentes.....	6
1.6.1.1. Unidades de estudio.	6
1.6.1.2. Población.....	6
1.6.1.3. Muestra.....	6
1.6.1.4. Muestreo.....	7

1.6.2. Procedimientos de aplicación.....	7
1.6.3. Procedimiento para el análisis y la interpretación de la información	9
1.6.4. Alcance del estudio de aplicación.....	9

CAPÍTULO II

ESTADO DE CONOCIMIENTO DE GEOSINTÉTICOS EN MUROS DE TALUDES URBANOS Y EL SOFTWARE GEOSOFT PAVCO

	Página
2.1. Aspectos generales de los taludes	11
2.1.1. Introducción	11
2.1.2. Definición de talud.....	11
2.1.3. Nomenclatura de un talud o ladera.....	12
2.1.4. Nomenclatura de los procesos de movimiento	13
2.2. Estabilidad de taludes	15
2.2.1. Definición de estabilidad	15
2.2.2. Tipos de fallas y algunos procedimientos para su estabilización.....	16
2.2.3. Deslizamientos	18
2.2.3.1. Deslizamiento rotacional.....	19
2.2.3.2. Deslizamiento de traslación	20
2.2.4. Equilibrio limite y factor de seguridad	21
2.3. Introducción a los Geosintéticos.....	24
2.3.1. Introducción	24
2.3.2. Geotextiles.....	24
2.3.2.1. Clasificación.....	24
2.3.2.2. Clasificación según su método de fabricación.....	24
2.3.2.3. Clasificación de los geotextiles según su composición	25

2.3.2.4. Funciones y campos de aplicación.....	26
2.3.2.5. Función refuerzo	27
2.3.3. Geomallas coextruída.....	28
2.3.3.1. Clasificación.....	29
2.3.3.2. Funciones y aplicaciones.....	30
2.4. Muros de contención reforzados con geosintéticos	31
2.4.1. Muros de contención.....	32
2.4.2. Aplicaciones de los muros de contención en suelo mecánicamente estabilizado ..	32
2.4.3. Aplicaciones de los taludes en suelo reforzado.....	33
2.4.4. Concepto de suelo reforzado	35
2.4.5. Interacción suelo-geosintético.....	35
2.4.5.1. Fricción	36
2.5. Concepto geotécnico de refuerzo.....	36
2.5.1. Material granular.....	38
2.5.2. Mecanismos de falla de muros.....	38
2.5.2.1. Fallas por estabilidad externa.....	38
2.5.2.2. Fallas por estabilidad interna	39
2.5.2.3. Falla por extracción de los refuerzos	39
2.6. Metodología del dimensionamiento de muros en suelo mecánicamente estabilizado empleando el software Geosoft Pavco.....	39
2.6.1. Muros en suelo mecánicamente estabilizado	40
2.6.2. Metodología de diseño	40
2.6.3. Estabilidad interna.- Para determinar la separación entre capas del geotextil y la longitud a la que debe anclarse en la zona estable.	41
2.6.4. Estabilidad externa:.....	43

CAPÍTULO III

RELEVAMIENTO DE LA INFORMACIÓN DEL ESTUDIO

	Página
3.1. Ubicación de la zona de estudio.....	44
3.2. Características del área de estudio	47
3.2.1. Componentes del talud.....	47
3.2.2. Descripción de cada talud	48
3.2.3. Exploración de suelos y técnicas de muestreo	58
3.3. Características de los materiales	60
3.3.1. Ensayos de laboratorio	60
3.3.2. Contenido de humedad.....	60
3.3.2.1. Resultado de contenido de humedad de los 10 taludes	62
3.3.3. Peso específico	62
3.3.4. Granulometría	65
3.3.4.1. Resultado de granulometría de los 10 taludes.....	66
3.3.5. Límites de atterberg	72
3.3.5.1. Resultado de límites de los 10 taludes	74
3.3.6. Clasificación de suelos.....	76
3.3.6.1. Sistema de clasificación S.U.C.S (Unified Soil Classificatio System).....	76
3.3.6.2. Sistema de clasificación AASHTO (American Association of State Highway and Transportation Offcials)	77
3.3.6.3. Índice de grupo.....	77
3.3.6.4. Resultado clasificación de suelos.....	78
3.3.7. Corte directo.....	79
3.3.7.1. Resultados de corte directo	81

CAPÍTULO IV

DISEÑO Y ANÁLISIS CON APLICACIÓN DEL SOFTWARE GEOSOFT PAVCO

	Página
4.1. Parámetros de entrada	82
4.1.1. Los parámetros de entrada son los siguientes	82
4.1.2. Propiedades geomecánicas del suelo de relleno.....	82
4.1.3. Dimensiones geométricas del muro	84
4.1.4. Factores de seguridad.....	85
4.1.5. Evaluación de cargas.....	86
4.1.6. Parámetros para la estabilización externa	87
4.2. Procesamiento de datos.....	88
4.2.1. Diseño de muros mediante el software Geosoft Pavco.....	88
4.2.1.1. Talud 1.- Gallinazo subida a San Jacinto.....	88
4.2.1.2. Talud 2.- Barrio Bartolomé Attard.....	97
4.2.1.3 Talud 3.- Barrio Aranjuez (1)	104
4.2.1.4. Talud 4.- Barrio Aranjuez (2)	111
4.2.1.5. Talud 5.- Barrio Aranjuez (3)	118
4.2.1.6. Talud 6.- Barrio san Antonio (1).....	125
4.2.1.7. Talud 7.- Barrio san Antonio (2).....	132
4.2.1.8. Talud 8.- Barrio La loma	139
4.2.1.9. Talud 9.- Barrio Mira Flores	146
4.2.1.10. Talud 10.- Av. Integración.....	153
4.2.2. Consideración para el diseño del muro en forma manual.....	160
4.3. Presupuesto General.....	169

4.3.1. Cálculo de presupuesto	169
4.4. Análisis de resultados	175
4.4.1. Análisis comparativo de la geometría de los taludes	175
4.4.2. Análisis comparativo de las características mecánicas de los suelos.....	176
4.4.3. Análisis de resultados obtenidos por el software Geosoft Pavco.....	180

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

	Página
5.1. Conclusiones	184
5.2. Recomendaciones	185

BIBLIOGRAFÍA

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1: Clasificación de Suelos.

Anexo 2: Especificaciones Técnicas de Geosintéticos.

Anexo 3: Tabla de Factores de Capacidad de Carga según VISEC.

Anexo 4: Análisis de Precios Unitarios.

ÍNDICE DE FIGURAS

	Página
Figura 2.1. Nomenclatura de taludes y laderas	12
Figura 2.2. Nomenclatura de un deslizamiento	13
Figura 2.3. Deslizamientos en suelos blandos	18
Figura 2.4. Deslizamiento rotacional típico	20
Figura 2.5. Deslizamiento de translación en la vía Tijuana-ensenada en México	21
Figura 2.6. Tipos de fibras utilizadas en la construcción de geotextiles.....	26
Figura 2.7. Geomalla coextruída mono-orientada	29
Figura 2.8. Geomalla coextruída Bi-orientada.....	30
Figura 2.9. Aplicaciones de muros de contención con suelo mecánicamente estabilizado	33
Figura 2.10. Aplicación de taludes en suelo reforzado	35
Figura 2.11. Tráferencia de esfuerzos por fricción entre el suelo y el geosintético	36
Figura 2.12. Aumento de la resistencia al corte por incremento en la presión de confinamiento debido al refuerzo	37
Figura 2.13. Aumento de la resistencia al corte por la cohesión aparente que genera el refuerzo geosintético	37
Figura 2.14. Falla de un muro MSE por extensión y rotura de los refuerzos de acuerdo a Richardson y Lee (1975).....	38
Figura 2.15. Conceptos de presión de suelos y teoría de muros con geosintéticos	41
Figura 2.16. Determinación de la separación entre capas.....	41
Figura 3.1. Mapa Político de Bolivia	45
Figura 3.2. Mapa Político de Tarija	45
Figura 3.3. Ubicación de los taludes en la ciudad.....	46
Figura 3.4. Talud 1	48

Figura 3.5. Talud 2.....	49
Figura 3.6. Talud 3.....	50
Figura 3.7. Talud 4.....	51
Figura 3.8. Talud 5.....	52
Figura 3.9. Talud 6.....	53
Figura 3.10. Talud 7.....	54
Figura 3.11. Talud 8.....	55
Figura 3.12. Talud 9.....	56
Figura 3.13. Talud 10.....	57
Figura 3.14. Realización de la extracción de material	59
Figura 3.15. Realización de contenido de humedad	61
Figura 3.16. Realización de peso específico	63
Figura 3.17. Realización de la granulometría por método de lavado	65
Figura 3.18. Procedimiento para límite líquido	73
Figura 3.19. Procedimiento para límite plástico	74
Figura 3.20. Procedimiento para corte directo.....	80
Figura 4.1. Parámetros de entrada análisis de estabilidad interna	89
Figura 4.2. Proceso de cálculo	90
Figura 4.3. Resultados análisis de estabilidad interna	91
Figura 4.4. Dimensiones del muro reforzado.....	93
Figura 4.5. Parámetros de entrada análisis de estabilidad externa.....	95
Figura 4.6. Proceso de cálculo y resultado análisis de estabilidad externa.....	96
Figura 4.7. Parámetros de entrada análisis de estabilidad interna	97
Figura 4.8. Proceso de cálculo	98

Figura 4.9. Resultados análisis de estabilidad interna	99
Figura 4.10. Dimensiones del muro reforzado.....	101
Figura 4.11. Parámetros de entrada análisis de estabilidad externa.....	102
Figura 4.12. Proceso de cálculo y resultado análisis de estabilidad externa.....	103
Figura 4.13. Parámetros de entrada análisis de estabilidad interna	104
Figura 4.14. Proceso de cálculo	105
Figura 4.15. Resultados análisis de estabilidad interna	106
Figura 4.16. Dimensiones del muro reforzado.....	108
Figura 4.17. Parámetros de entrada análisis de estabilidad externa.....	109
Figura 4.18. Proceso de cálculo y resultado análisis de estabilidad externa.....	110
Figura 4.19. Parámetros de entrada análisis de estabilidad interna	111
Figura 4.20. Proceso de cálculo	112
Figura 4.21. Resultados análisis de estabilidad interna	113
Figura 4.22. Dimensiones del muro reforzado.....	115
Figura 4.23. Parámetros de entrada análisis de estabilidad externa.....	116
Figura 4.24. Proceso de cálculo y resultado análisis de estabilidad externa.....	117
Figura 4.25. Parámetros de entrada análisis de estabilidad interna	118
Figura 4.26. Proceso de cálculo	119
Figura 4.27. Resultados análisis de estabilidad interna	120
Figura 4.28. Dimensiones del muro reforzado.....	122
Figura 4.29. Parámetros de entrada análisis de estabilidad externa.....	123
Figura 4.30. Proceso de cálculo y resultado análisis de estabilidad externa.....	124
Figura 4.31. Parámetros de entrada análisis de estabilidad interna	125
Figura 4.32. Proceso de cálculo	126

Figura 4.33. Resultados análisis de estabilidad interna	127
Figura 4.34. Dimensiones del muro reforzado.....	129
Figura 4.35. Parámetros de entrada análisis de estabilidad externa.....	130
Figura 4.36. Proceso de cálculo y resultado análisis de estabilidad externa.....	131
Figura 4.37. Parámetros de entrada análisis de estabilidad interna	132
Figura 4.38. Proceso de cálculo	133
Figura 4.39. Resultados análisis de estabilidad interna	134
Figura 4.40. Dimensiones del muro reforzado.....	136
Figura 4.41. Parámetros de entrada análisis de estabilidad externa.....	137
Figura 4.42. Proceso de cálculo y resultado análisis de estabilidad externa.....	138
Figura 4.43. Parámetros de entrada análisis de estabilidad interna	139
Figura 4.44. Proceso de cálculo	140
Figura 4.45. Resultados análisis de estabilidad interna	141
Figura 4.46. Dimensiones del muro reforzado.....	143
Figura 4.47. Parámetros de entrada análisis de estabilidad externa.....	144
Figura 4.48. Proceso de cálculo y resultado análisis de estabilidad externa.....	145
Figura 4.49. Parámetros de entrada análisis de estabilidad interna	146
Figura 4.50. Proceso de cálculo	147
Figura 4.51. Resultados análisis de estabilidad interna	148
Figura 4.52. Dimensiones del muro reforzado.....	150
Figura 4.53. Parámetros de entrada análisis de estabilidad externa.....	151
Figura 4.54. Proceso de cálculo y resultado análisis de estabilidad externa.....	152
Figura 4.55. Parámetros de entrada análisis de estabilidad interna	153
Figura 4.56. Proceso de cálculo	154

Figura 4.57. Resultados análisis de estabilidad interna	155
Figura 4.58. Dimensiones del muro reforzado.....	157
Figura 4.59. Parámetros de entrada análisis de estabilidad externa.....	158
Figura 4.60. Proceso de cálculo y resultado análisis de estabilidad externa.....	159
Figura 4.61. Conceptos de presión de suelos y teoría de muros con geotextil	162
Figura 4.62. Diferentes alturas de los taludes	175
Figura 4.63. Diferentes bases de los taludes	176
Figura 4.64. Diferentes ángulos de fricción de los taludes	177
Figura 4.65. Diferentes cohesiones de los taludes	177
Figura 4.66. Diferentes pesos específicos de los taludes	178
Figura 4.67. Diferentes ángulos de fricción de los taludes	179
Figura 4.68. Diferentes cohesiones de los taludes	179

ÍNDICE DE TABLAS

	Página
Tabla 2.1. Métodos de análisis de estabilidad de taludes.....	22
Tabla 3.1. Contenido de humedad de los 10 taludes.....	62
Tabla 3.2. Peso específico de los 10 taludes.....	64
Tabla 3.3. Granulometría Talud 1	66
Tabla 3.4. Granulometría Talud 2.....	67
Tabla 3.5. Granulometría Talud 3.....	67
Tabla 3.6. Granulometría Talud 4.....	68
Tabla 3.7. Granulometría Talud 5.....	68
Tabla 3.8. Granulometría Talud 6.....	69
Tabla 3.9. Granulometría Talud 7.....	69

Tabla 3.10. Granulometría Talud 8.....	70
Tabla 3.11. Granulometría Talud 9.....	70
Tabla 3.12. Granulometría Talud 10.....	71
Tabla 3.13. Resultado de límites.....	74
Tabla 3.14. Clasificación, símbolos y descripción	77
Tabla 3.15. Resultado de clasificación de suelos.....	78
Tabla 3.16. Resultados de corte directo	81
Tabla 4.1. Propiedades geomecánicas del suelo de relleno	83
Tabla 4.2. Datos del muro.....	84
Tabla 4.3. Factores de reducción para geotextiles en aplicaciones de separación y refuerzo	85
Tabla 4.4. Factores de reducción para geomallas en aplicaciones de refuerzo.....	85
Tabla 4.5. Evaluación de cargas	86
Tabla 4.6. Propiedades geomecánicas del suelo de fundación	87
Tabla 4.7. Diseño del muro.....	92
Tabla 4.8. Diseño del muro.....	100
Tabla 4.9. Diseño del muro.....	107
Tabla 4.10. Diseño del muro.....	114
Tabla 4.11. Diseño del muro.....	121
Tabla 4.12. Diseño del muro.....	128
Tabla 4.13. Diseño del muro.....	135
Tabla 4.14. Diseño del muro.....	142
Tabla 4.15. Diseño del muro.....	149
Tabla 4.16. Diseño del muro.....	156
Tabla 4.17. Diseño del muro manual	164