



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

**Análisis de la estabilidad de taludes reforzados con  
geosintéticos entre el tramo Curgos - Yanazara, distrito de  
Curgos – La Libertad**

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

Ingeniero Civil

**AUTORES:**

Cerna de la Cruz, Alex Elvis (ORCID: 0000-0002-5990-427X)

Villena Diaz, José Bernardo (ORCID: 0000-0003-3767-524X)

**ASESOR:**

Mg. Cerna Rondon, Luis Aníbal (ORCID: 0000-0001-7643-7848)

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Diseño Sísmico y Estructural

TRUJILLO - PERÚ

2020

## **Dedicatoria**

El presente trabajo va dedicado para nuestros padres que en todo momento estuvieron acompañándonos y brindándonos su apoyo incondicional para llegar a cumplir satisfactoriamente nuestros objetivos.

## Agradecimiento

Le agradecemos a Dios padre todo poderoso, por brindarnos salud y conocimiento en todo este tiempo de estudio para poder cumplir satisfactoriamente una de nuestras metas trazadas.

Igualmente, a nuestros familiares que siempre nos apoyaron en todo momento por sus valores, exigencias y consejos en todo el trayecto de estudio.

A nuestros docentes que en todo este tiempo de estudio nos vinieron guiando y ayudando con sus conocimientos para poder ser mejores cada día como personas con valores y profesionales emprendedores.

## Índice de contenidos

Carátula .....	i
Dedicatoria .....	ii
Agradecimiento .....	iii
Índice de contenidos .....	iv
Índice de tablas.....	vii
Índice de gráficos y figuras .....	x
Resumen .....	xiii
Abstract .....	xiv
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. MARCO TEÓRICO .....	4
III. MÉTODOLOGÍA.....	18
3.1. Tipo y diseño de investigación .....	18
3.1.1. Tipo de investigación: .....	18
3.1.2. Diseño de investigación: .....	18
3.2. Variables y operacionalización: .....	19
3.3. Población, muestra y muestreo .....	19
3.3.1. Población:.....	19
3.3.2. Muestra: .....	19
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos: .....	19
3.4.1. Técnicas: .....	19
3.4.2. Instrumentos: .....	19
3.5. Procedimientos: .....	20
3.6. Método de análisis de datos:.....	20
3.7. Aspectos Éticos: .....	20
IV. RESULTADOS: .....	21
4.1. Estudio Topográfico .....	21
4.1.1. Ubicación.....	21



4.1.2.Reconocimiento de la zona.....	22
4.1.3.Procedimiento.....	23
4.1.4.Orografía del terreno .....	23
4.2. Estudio de mecánica de suelos.....	25
4.3. Estudio Hidrológico .....	25
4.3.1.Precipitación Media Mensual .....	26
4.3.2.Temperatura Media Mensual .....	26
4.3.3.Humedad Relativa Media Mensual .....	27
4.4. Tipo de Inestabilidad .....	27
4.5. Aspecto Sísmico .....	27
4.5.1.Zonificación sísmica .....	27
4.5.2.Aceleración de Diseño.....	28
4.6. Sobrecarga .....	29
4.7. Diseño de refuerzo de taludes .....	30
4.7.1.Geomalla y Anclaje.....	31
4.7.2.Geometría del talud .....	31
4.8. Análisis de Estabilidad .....	37
4.8.1.Análisis Estático sin Refuerzo.....	42
4.8.2.Análisis Pseudoestático sin Refuerzo .....	50
4.8.3.Análisis Estático con Refuerzo .....	58
4.8.4.Análisis Pseudoestático con Refuerzo .....	67
4.9. Evaluación de estabilidad.....	77
4.10. Sistema de anclaje de la Geomalla.....	78
4.11. Diseño de cuneta de coronación .....	80
4.11.1. Método racional.....	80
4.11.2. Tiempo de concentración (Tc).....	80
4.11.3. Periodo de retorno (Tr).....	80

4.11.4.	Intensidad de diseño (I).....	81
4.11.5.	Coeficiente de Escorrentía (C) .....	81
4.11.6.	Área de aportación .....	82
4.11.7.	Cálculo del drenaje superficial.....	82
V.	DISCUSIÓN.....	88
VI.	CONCLUSIONES .....	90
VII.	RECOMENDACIONES.....	91
	REFERENCIAS .....	92
	ANEXOS:.....	101

## Índice de tablas

Tabla 1. Localización de los taludes críticos .....	22
Tabla 2. Clasificación orográfica de los taludes críticos .....	24
Tabla 3. Precipitación media mensual (mm) .....	26
Tabla 4. Temperatura media mensual (°C) .....	26
Tabla 5. Humedad relativa media mensual (%).....	27
Tabla 6. Tipo de geomalla Uniaxial .....	31
Tabla 7. Dimensiones de los taludes 02 y 04 .....	33
Tabla 8. Dimensiones del talud 07 .....	36
Tabla 9. Parámetros geotécnicos.....	38
Tabla 10. Parámetros geotécnicos.....	39
Tabla 11. Secciones del Talud N° 01 .....	39
Tabla 12. Secciones del Talud N° 02 .....	40
Tabla 13. Secciones del Talud N° 03 .....	40
Tabla 14. Secciones del Talud N° 04 .....	40
Tabla 15. Secciones del Talud N° 05 .....	41
Tabla 16. Secciones del Talud N° 06 .....	41
Tabla 17. Secciones del Talud N° 07 .....	41
Tabla 18. FS estáticos para las secciones del tramo 1 sin refuerzo .....	43
Tabla 19. Verificación de estabilidad estática del tramo 1 .....	43
Tabla 20. FS estáticos para las secciones del tramo 2 sin refuerzo .....	44
Tabla 21. Verificación de estabilidad estático del tramo 2 .....	44
Tabla 22. FS estáticos para las secciones del tramo 3 sin refuerzo .....	45
Tabla 23. Verificación de estabilidad estática del tramo 3 .....	45
Tabla 24. FS estáticos para las secciones del tramo 4 sin refuerzo .....	46
Tabla 25. Verificación de estabilidad estática del tramo 4 .....	46
Tabla 26. FS estáticos para las secciones del tramo 5 sin refuerzo .....	47
Tabla 27. Verificación de estabilidad estática del tramo 5 .....	47
Tabla 28. FS estáticos para las secciones del tramo 6 sin refuerzo .....	48
Tabla 29. Verificación de estabilidad estática del tramo 6 .....	48
Tabla 30. FS estáticos para las secciones del tramo 7 sin refuerzo .....	49
Tabla 31. Verificación de estabilidad estática del tramo 7 .....	49
Tabla 32. FS Pseudoestáticos para las secciones del tramo 1 sin refuerzo ....	51
Tabla 33. Verificación de estabilidad pseudoestática del tramo 1 .....	51

Tabla 34. FS Pseudoestáticos para las secciones del tramo 2 sin refuerzo ....	52
Tabla 35. Verificación de estabilidad pseudoestática del tramo 2 .....	52
Tabla 36. FS Pseudoestáticos para las secciones del tramo 3 sin refuerzo ....	53
Tabla 37. Verificación de estabilidad pseudoestática del tramo 3 .....	53
Tabla 38. FS Pseudoestáticos para las secciones del tramo 4 sin refuerzo ....	54
Tabla 39. Verificación de estabilidad pseudoestática del tramo 4 .....	54
Tabla 40. FS Pseudoestáticos para las secciones del tramo 5 sin refuerzo ....	55
Tabla 41. Verificación de estabilidad pseudoestática del tramo 5 .....	55
Tabla 42. FS Pseudoestáticos para las secciones del tramo 6 sin refuerzo ....	56
Tabla 43. Verificación de estabilidad pseudoestática del tramo 6 .....	56
Tabla 44. FS Pseudoestáticos para las secciones del tramo 7 sin refuerzo ....	57
Tabla 45. Verificación de estabilidad pseudoestática del tramo 7 .....	57
Tabla 46. FS estáticos para las secciones del tramo 1 reforzado.....	60
Tabla 47. Verificación de estabilidad estática del tramo 1 .....	60
Tabla 48. FS estáticos para las secciones del tramo 2 reforzado.....	61
Tabla 49. Verificación de estabilidad estática del tramo 2 .....	61
Tabla 50. FS estáticos para las secciones del tramo 3 reforzado.....	62
Tabla 51. Verificación de estabilidad estática del tramo 3 .....	62
Tabla 52. FS estáticos para las secciones del tramo 4 reforzado.....	63
Tabla 53. Verificación de estabilidad estática del tramo 4 .....	63
Tabla 54. FS estáticos para las secciones del tramo 5 reforzado.....	64
Tabla 55. Verificación de estabilidad estática del tramo 5 .....	64
Tabla 56. FS estáticos para las secciones del tramo 6 reforzado.....	65
Tabla 57. Verificación de estabilidad estática del tramo 6 .....	65
Tabla 58. FS estáticos para las secciones del tramo 7 reforzado.....	66
Tabla 59. Verificación de estabilidad estática del tramo 7 .....	66
Tabla 60. FS pseudoestáticos para las secciones del tramo 1 reforzado .....	68
Tabla 61. Verificación de estabilidad pseudoestática del tramo 1 .....	68
Tabla 62. FS pseudoestáticos para las secciones del tramo 2 reforzado .....	69
Tabla 63. Verificación de estabilidad pseudoestática del tramo 2 .....	69
Tabla 64. FS pseudoestáticos para las secciones del tramo 3 reforzado .....	70
Tabla 65. Verificación de estabilidad pseudoestática del tramo 3 .....	70
Tabla 66. FS pseudoestáticos para las secciones del tramo 4 reforzado .....	71
Tabla 67. Verificación de estabilidad pseudoestática del tramo 4 .....	71

Tabla 68. FS pseudoestáticos para las secciones del tramo 5 reforzado .....	72
Tabla 69. Verificación de estabilidad pseudoestática del tramo 5 .....	72
Tabla 70. FS pseudoestáticos para las secciones del tramo 6 reforzado .....	73
Tabla 71. Verificación de estabilidad pseudoestática del tramo 6 .....	73
Tabla 72. FS pseudoestáticos para las secciones del tramo 7 reforzado .....	74
Tabla 73. Verificación de estabilidad pseudoestática del tramo 7 .....	74
Tabla 74. Variación del incremento porcentual de los FS global .....	77
Tabla 75. (Tr) de acuerdo al tipo de obra para cuencas rurales .....	81
Tabla 76. Longitudes y pendientes de las áreas de estudio .....	81
Tabla 77. Coeficientes de escorrentía método racional.....	82
Tabla 78. Caudales de Diseños para un Tr = 5 años .....	82
Tabla 79. Datos de diseño para la cuneta del talud 1 .....	85
Tabla 80. Datos de diseño para la cuneta del talud 2.....	86
Tabla 81. Datos de diseño para la cuneta del talud 3.....	86
Tabla 82. Datos de diseño para la cuneta del talud 4.....	86
Tabla 83. Datos de diseño para la cuneta del talud 5.....	87
Tabla 84. Datos de diseño para la cuneta del talud 6.....	87
Tabla 85. Datos de diseño para la cuneta del talud 7.....	87
Tabla 86. Matriz de operacionalización de variables .....	101
Tabla 87. Coordenadas UTM del tramo los tramos estudiados .....	110
Tabla 88. Clasificación por orografía .....	116
Tabla 89. Clasificación orográfica para el tramo 1: km 08+170 - km 08+220 .	116
Tabla 90. Clasificación orográfica para el tramo 2: km 08+360- km 08+410 ..	116
Tabla 91. Clasificación orográfica para el tramo 3: km 08+645 - km 08+680 .	116
Tabla 92. Clasificación orográfica para el tramo 4: km 08+900 - km 08+935 .	117
Tabla 93. Clasificación orográfica para el tramo 5: km 09+235 - km 09+285 .	117
Tabla 94. Clasificación orográfica para el tramo 6: km 09+580 - km 09+630 .	117
Tabla 95. Clasificación orográfica para el tramo 7: km 09+750 - km 09+835 .	117
Tabla 96. Valores del Coeficiente de Rugosidad de Manning (n) .....	121

## Índice de gráficos y figuras

Figura 1. Ubicación geográfica del Distrito de Curgos.....	21
Figura 2. Mapa de zonificación Sísmica.....	28
Figura 3. Diseño de estabilidad para el talud 01.....	32
Figura 4. Diseño de estabilidad para el talud 02.....	34
Figura 5. Diseño de estabilidad para el talud 03.....	34
Figura 6. Diseño de estabilidad para el talud 05.....	35
Figura 7. Diseño de estabilidad para el talud 06.....	36
Figura 8. Diseño de estabilidad para el talud 07.....	37
Figura 9. Análisis del comportamiento estático del tramo 1 sin refuerzo .....	42
Figura 10. Análisis del comportamiento estático del tamo 2 sin refuerzo .....	44
Figura 11. Análisis del comportamiento estático del tamo 3 sin refuerzo .....	45
Figura 12. Análisis del comportamiento estático del tamo 4 sin refuerzo .....	46
Figura 13. Análisis del comportamiento estático del tamo 5 sin refuerzo .....	47
Figura 14. Análisis del comportamiento estático en el tamo 6 sin refuerzo.....	48
Figura 15. Análisis del comportamiento estático en el tamo 7 sin refuerzo.....	49
Figura 16. Análisis del comportamiento pseudoestático del tamo 1 sin refuerzo .....	50
Figura 17. Análisis del comportamiento pseudoestático del tamo 2 sin refuerzo .....	52
Figura 18. Análisis del comportamiento pseudoestático del tamo 3 sin refuerzo .....	53
Figura 19. Análisis del comportamiento pseudoestático del tamo 4 sin refuerzo .....	54
Figura 20. Análisis del comportamiento pseudoestático del tamo 5 sin refuerzo .....	55
Figura 21. Análisis del comportamiento pseudoestático del tamo 6 sin refuerzo .....	56
Figura 22. Análisis del comportamiento pseudoestático del tamo 7 sin refuerzo .....	57
Figura 23. Análisis del comportamiento estático del tamo 1 reforzado .....	59
Figura 24. Análisis del comportamiento estático del tamo 2 reforzado .....	61
Figura 25. Análisis del comportamiento estático del tamo 3 reforzado .....	62
Figura 26. Análisis del comportamiento estático del tamo 4 reforzado .....	63

Figura 27. Análisis del comportamiento estático del tamo 5 reforzado .....	64
Figura 28. Análisis del comportamiento estático del tamo 6 reforzado .....	65
Figura 29. Análisis del comportamiento estático del tamo 7 reforzado .....	66
Figura 30. Análisis del comportamiento pseudoestático del tamo 1 reforzado	67
Figura 31. Análisis del comportamiento pseudoestático del tamo 2 reforzado	69
Figura 32. Análisis del comportamiento pseudoestático del tamo 3 reforzado	70
Figura 33. Análisis del comportamiento pseudoestático del tamo 4 reforzado	71
Figura 34. Análisis del comportamiento pseudoestático del tamo 5 reforzado	72
Figura 35. Análisis del comportamiento pseudoestático del tamo 6 reforzado	73
Figura 36. Análisis del comportamiento pseudoestático del tamo 7 reforzado	74
Figura 37. Resumen de Factores de Seguridad sin refuerzo.....	75
Figura 38. Resumen de Factores de Seguridad con refuerzo .....	76
Figura 39. Comparacion de FS sin refuerzo y con refuerzo.....	76
Figura 40. Diseño de cuneta de coronación del talud 1 .....	85
Figura 41. Línea de tendencia de la precipitación media mensual.....	118
Figura 42. Línea de tendencia de la temperatura media mensual .....	119
Figura 43. Línea de tendencia de la humedad relativa media mensual .....	119
Figura 44. Abaco para determinar el factor $f_0$ para el método de Janbu .....	120
Figura 45. Zanja de anclaje para geomalla .....	120
Figura 46. Curva Intensidad – Duración – Frecuencia Cuenca Río Chusgón .	121
Figura 47. Diseño de cuneta de coronación del talud 2.....	122
Figura 48. Diseño de cuneta de coronación del talud 3.....	122
Figura 49. Diseño de cuneta de coronación del talud 4 .....	122
Figura 50. Diseño de cuneta de coronación del talud 5.....	123
Figura 51. Diseño de cuneta de coronación del talud 6.....	123
Figura 52. Diseño de cuneta de coronación del talud 7 .....	123
Figura 53. Ficha de inventarios de taludes.....	124
Figura 54. Ubicación de los taludes inestables.....	146
Figura 55. Vista del tramo 1: km 08+170 - km 08+220 .....	146
Figura 56. Vista del tramo 2: km 08+360 - km 08+410 .....	147
Figura 57. Vista del tramo 3: km 08+645 - km 08+680 .....	147
Figura 58. Vista del tramo 4: km 08+900 - km 08+935 .....	148
Figura 59. Vista del tramo 5: km 09+235 - km 09+285 .....	148
Figura 60. Vista del tramo 6: km 09+580 - km 09+630 .....	149

Figura 61. Vista del tramo 7: km 09+750 - km 09+835 .....	149
Figura 62. Levantamiento topografico de los taludes estudiados .....	150
Figura 63. Medición longitudinal de los tramos inestables.....	150



## Resumen

El trabajo de investigación se realizó con el fin de determinar la influencia del uso de la geomalla uniaxial en el análisis de la estabilidad de taludes entre el tramo Curgos – Yanazara km 8+000 al km 10+000, Distrito de Curgos – La Libertad. Por ende, se determinó el factor de seguridad de los 7 taludes críticos seccionándolos a cada 10 metros y obteniéndose entre 3,4 y 5 secciones por tramo. Así mismo, con el levantamiento topográfico de los taludes se obtuvo una orografía tipo 3 y 4, es decir ondulado y accidentado, de la misma forma con pendientes mayores al 40%. Por consiguiente, para el análisis en el software Slide 6.0 se tomaron en consideración el peso específico, cohesión y ángulo de fricción del suelo, siendo estos  $19.65 \text{ KN/m}^3$ ,  $4.90 \text{ KPa}$  y  $30^\circ$  respectivamente. Por lo cual, se analizaron las secciones de los taludes con y sin refuerzos por medio del software Slide 6.0 a través del método de Equilibrio Limite, basándose según los modelos propuestos por Fellenius, Bishop, Janbú, Spencer y Morgenstern-Price. Obteniéndose factores de seguridad globales que oscilan entre 1.003, 0.866, 1.012, 0.867, 0.964, 0.932, 0.732 para un análisis estático sin refuerzo y 0.749, 0.649, 0.763, 0.650, 0.738, 0.713, 0.550 para un análisis pseudoestático sin refuerzo. Por otro lado, valores de 1.976, 2.060, 2.115, 2.001, 2.021, 2.005, 1.946 para un análisis estático reforzado y 1.401, 1.445, 1.446, 1.490, 1.470, 1.463, 1.435 para un análisis pseudoestático reforzado. Teniendo como resultado que la aplicación de la geomalla uniaxial tanto en la superficie del talud como en el suelo reforzado y adicionando el anclaje, tienden a estabilizar los taludes críticos ante sollicitaciones estáticas y pseudoestáticas, puesto que el factor de seguridad es mayor a lo especificado por la Norma CE.020 Estabilización de Suelos y Taludes del RNE.

**Palabras clave:** Talud, estabilidad, Geomalla uniaxial, anclaje.

## Abstract

The present research work was carried out in order to determine the influence of the use of the uniaxial geogrid in the analysis of the stability of slopes between the Curgos - Yanazara section km 8 + 000 to km 10 + 000, District of Curgos - La Libertad. Therefore, the safety factor of the 7 critical studies was determined by sectioning them every 10 meters and obtaining between 3.4 and 5 sections per section. Likewise, with the topographic survey, the slopes have a type 3 and type 4 orography, that is, undulating and rugged, in the same way with slopes greater than 40%. Therefore, for the analysis in the Slide 6.0 software, the specific weight, cohesion and friction angle of the soil were taken into consideration, these being 19.65 Lbf /in<sup>3</sup>, 4.90 PSI and 30° respectively. Therefore, the sections of the slopes with and without reinforcements were analyzed using Slide 6.0 software through the Limit Balance method, based on the models proposed by Fellenius, Bishop, Janbú, Spencer and Morgenstern-Price. Obtaining global safety factors ranging between 1,003, 0.866, 1,012, 0.867, 0.964, 0.932, 0.732 for a static analysis without reinforcement and 0.749, 0.649, 0.763, 0.650, 0.738, 0.713, 0.550 for a pseudostatic analysis without reinforcement. On the other hand, values of 1,976, 2,060, 2,115, 2,001, 2,021, 2,005, 1,946 for a reinforced static analysis and 1,401, 1,445, 1,446, 1,490, 1,470, 1,463, 1,435 for a reinforced pseudostatic analysis. As a result, the application of the uniaxial geogrid both on the surface of the slope and on the reinforced soil and adding the anchorage, tend to stabilize the critical slopes against static and pseudostatic solicitations, since the safety factor is greater than specified by Norm CE.020 Stabilization of Soils and Slopes of the RNE.

**Keywords:** slope, stability, Uniaxial Geogrid, anchorage.

## I. INTRODUCCIÓN

En el año 2020, el servicio de transporte permite la interconexión entre distintas ciudades, extendiendo el mercado laboral a gran escala; a la vez aumentando la producción y exportación de diversos productos locales, generando una mayor competitividad y haciendo posible la productividad eficiente del capital. Por ende, el ámbito de la ingeniería civil lleva a cabo la ejecución de diversas obras viales, las cuales permiten una transitabilidad eficiente y segura. Sin embargo, la diversa irregularidad topográfica y variedad geotécnica que presenta nuestro territorio ocasiona que estas vías sufran deslizamientos y fallas en sus taludes, provocando movimientos de masas frecuentes y a menudo estos causan bloqueos, deficiencia estructural y en el peor de los casos pérdidas humanas, ejerciendo una decadencia severa en las actividades económicas y sociales (CISMID, 1984).

Los problemas de deslizamiento se dan con mayor frecuencia en las zonas montañosas, debido a la presencia de irregularidad topográfica, meteorización, sismicidad y la precipitación, de manera que va erosionando al suelo y volviéndolo más propenso a derrumbes; además los suelos sueltos generan lodo y en efecto traen consigo un arrastre masivo de material. Por otro lado, la presencia de actividad sísmica provoca que la estructura del talud sufra una rotura generando vulnerabilidad a desprendimientos de tierra. Del mismo modo, las actividades de deforestación u otras que tengan contacto directo al ambiente del terreno, dan origen al deterioro y arrastre de la superficie del suelo y, en consecuencia, se origina el deterioro de las obras de arte, (cunetas, badenes, alcantarillas, etc.), afectando los pases de agua, que lentamente van erosionando la superficie de la carretera (Suárez, 1998).

Si bien es cierto, la estabilidad de taludes está delimitada por factores geométricos básicos como su altura y ángulo de inclinación, además de su hidrología y geotecnia los cuales estos permiten determinar el estado en el que se encuentra la estructura del talud, permitiendo así la visualización de la zona de deslizamiento (Sanhueza y Rodríguez, 2013). El análisis de estabilidad de un talud o ladera recibe gran importancia en su diseño, en este se involucran desastres y vidas humanas, el cual la seguridad de estos depende de los resultados de las estabilidades.

Por tanto, se debe dar una oportuna estabilización para así moderar estos problemas y generar una mejor circulación del transporte. De esta manera; se estima que la vía, el transporte y la comercialización sean más significativas y no tenga ningún problema para llevarse a cabo, garantizando una mejora al desarrollo económico de la zona.

La carretera Curgos, Cuyumalca y Yanazara está ubicada en el distrito de Curgos - Sánchez Carrión en la sierra Liberteña a una altitud aproximada de 3,225.00 msnm, con una longitud técnica de 13+750 Km, esta conecta a Curgos con el resto de la Provincia, dicha carretera es muy importante ya que es una conexión directa al distrito y reduce el tiempo de transitabilidad, además a través de ella se puede llegar a diferentes caseríos de la zona.

En la vía se observan tramos con taludes inestables, debido a su topografía irregular, contando con pendientes variables y suelos colapsables, a continuación se detalla las progresivas de la ubicación de cada uno de ellos: km 08+170-08+220; km 08+360-08+410; km 08+645-08+680; km 08+900-08+935; km 09+235-09+285; km 09+580-09+630 y km 09+750-09+835, estos tramos ocasionan dificultades para el tránsito produciendo muchos daños y derrumbes en tiempos de precipitaciones; los deslizamientos afectan directamente a la carretera y a la población, bloqueándola y provocando aislamientos por largos periodos de tiempo, cortando el pase y/o transitabilidad de los vehículos. Por ello es que existe la necesidad de realizar un diseño que ayude a estabilizar estos problemas mediante el uso de geosintéticos de manera definitiva.

Hay que tener en cuenta que, las geomallas uniaxiales son un sistema de geosintéticos tejidos recubiertos con polímero y poliéster. Estas son de alta resistencia y se emplean como refuerzo de suelos, aplicándose básicamente en muros de contención, muros reforzados internamente y taludes altos con pendientes muy inclinadas. Así mismos por estar elaboradas con poliéster tejido de elevado peso molecular y elevada tenacidad logra generar una alta resistencia de diseño a largo plazo (Gerfor, 2019).

El material de relleno utilizado en las mallas uniaxiales depende de las condiciones en la que se va a exponer a este material. En tal sentido, se debe

considerar los criterios y características recomendadas para una adecuada selección de material de relleno a utilizar, estos se basan en la tecnología del sistema para que así esta pueda tener un óptimo anclaje y funcionamiento (Presto, 2014).

En efecto, ante este hecho se propone la aplicación de estas estructuras tridimensionales, para no solo garantizar la función de estabilizar el suelo erosivo, sino también ayudar al medio ambiente, ya que al contar con celdas lo convierte en un material drenante reduciendo las escorrentías y dotar la disposición de revegetación.

Por tal motivo el problema que se propuso fue, ¿De qué manera influye el uso de la geomalla uniaxial en el análisis de la estabilidad de taludes entre el tramo Curgos - Yanazara, Distrito de Curgos – La Libertad?

Así mismo, la investigación está justificada tanto:

Teóricamente, esta investigación se realiza con la finalidad de poder afirmar los conocimientos o teorías ya existentes de los geosintéticos, en este caso las geomallas como refuerzos de estabilidad de taludes, las cuales brida la veracidad para contrarrestar las teorías con el fin de ver si estas son factibles en la estabilización y de esta forma con respecto a las conclusiones llegadas poder ser añadidas a los conocimientos ya existentes (Méndez, 2011).

Prácticamente, lograr la estabilidad de los taludes usando Geomallas Uniaxiales, y así generar con la utilización de estas un impacto directo a la transitabilidad, volviéndola más eficiente y segura tanto vehicular como también para las personas que harán disposición de está. Así también, de esta manera poder conservar en buen estado las obras de arte existentes, asegurando el desarrollo económico del distrito, ya que en ella se explotan diferentes recursos naturales, como el transporte de alimentos, forestales y agrícolas; hay que tener en cuenta que esta vía da acceso a diferentes lugares turísticos, promoviendo la cultura e identidad de la zona, es por ello que la carretera debe estar en buenas condiciones (Bernal, 2006).

Metodológicamente, porque ésta cumple con los reglamentos y diseños metodológicos otorgados por el área de investigación de la Universidad César Vallejo (Bernal, 2006).

Así mismo, nuestro proyecto de investigación tiene como objetivo principal determinar la influencia del uso de la geomalla uniaxial en el análisis de la estabilidad de taludes entre el tramo Curgos – Yanazara, Distrito de Curgos – La Libertad. Para alcanzar este objetivo, se debe tener en cuenta los siguientes objetivos específicos: realizar el levantamiento topográfico de los taludes inestables del tramo, realizar la caracterización de los taludes inestables entre el tramo Curgos – Yanazara, identificar el tipo de inestabilidad en los taludes del tramo Curgos – Yanazara, determinar los factores de seguridad mediante el método equilibrio límite a través del software Slide 6.0 y por último evaluar el efecto del uso de geosintéticos con respecto al factor de seguridad en los taludes inestables.

Finalmente se planteó la hipótesis de que el diseño realizado aplicando la geomalla uniaxial brindará la estabilización y permanencia de los taludes en los tramos de riesgo evitando el deslizamiento de sedimentos y rocas. Por consiguiente, se logra proteger y conservar la vía y a la vez generar la eficiente transitabilidad vehicular del tramo Curgos-Yanazara.

## **II. MARCO TEÓRICO**

Podemos encontrar antecedentes de proyectos de investigación similares anteriormente desarrollados con geosintéticos, del cual se mencionan a continuación.

Alberca y Rondo (2020), fijaron como objetivo la estabilización de taludes utilizando geomallas coextruídas Mono-Orientadas, con ello se propone mitigar los riesgos de deslizamiento continuos en la zona. Donde plantean realizar un diseño de estabilidad de dos taludes, el primero con una pendiente de  $66.67^\circ$  y el siguiente con un pendiente de  $29.33^\circ$ , contando ambos con diferencia estructural; luego evaluar esta estabilidad mediante el software GEO5. Obteniendo como resultado el uso indispensable de esta geomalla junto a refuerzos de muros de gaviones y anclajes, además la evaluación de este diseño se tiene que los taludes mejoran su factor de seguridad, el primero con

1.62 y el segundo 2.06, los cuales estos son mayores a 1.5, donde este valor es establecido por la norma. Concluyendo que los refuerzos aplicados logran estabilizar de manera significativa a los taludes estudiados.

Carrión (2017), fijó como objetivo efectuar el levantamiento topográfico de la zona de estudio, con el fin de obtener el área del terreno para analizar y diseñar la superficie del talud en el tramo Sausacocha – Pallar departamento de La libertad, así también elaborar un estudio geofísico de sondajes eléctricos verticales para determinar la existencia de la napa freática. Donde se identificó que la primera capa es un estrato de material coluvial, siendo la causa principal de los deslizamientos. Por otro lado, el resultado de la evaluación aplicando los métodos de Bishop, Janbú y Spencer, se tiene una estabilidad del talud estática ya que el factor de seguridad es muy cercano a 1. Sin embargo, en tiempo de precipitación el factor de seguridad es menor a 1, esto indica que hay inestabilidad en tiempo de lluvia. Concluyendo con la aplicación del sistema de Malla Anclada (TECCO), siendo la mejor opción, tanto por su bajo costo, proceso constructivo y tiempo de instalación para lograr estabilizar el talud; otras alternativas son Suelos reforzados y sistema Erdox. Además, es necesario modificar la topografía del talud para así aumentar el factor de seguridad y lograr una mejor estabilidad.

Tavakoli, Behrad y Moghaddas (2019), buscan determinar el efecto del comportamiento del suelo reforzado con geoceldas, donde han llevado a cabo una serie de pruebas para comprender mejor el comportamiento del suelo con este sistema; durante las pruebas, se registraron las cargas aplicadas y los asentamientos de la superficie del suelo provocadas por estas, para así evaluar la respuesta de este material. Como resultado se obtuvo que, el suelo reforzado con geoceldas obtuvo una mayor capacidad de carga que el estado no reforzado, además para proporcionar un relleno más estable y confiable se recomiendan que el tamaño de las celdas sea más pequeño que 0.67 veces el ancho de la base.

Navarro (2018), propuso diseñar el refuerzo y protección del talud superior mediante el uso de geosintéticos, para lo cual se realizó los estudios básicos de mecánica de suelos y geotecnia, así como de topografía y así obtener los correspondientes datos para ser utilizados en el software MacStarts W y de

esta forma interpretar los resultados del análisis de la inestabilidad del talud para brindar una propuesta de solución. Concluyendo con la exitosa realización del diseño de un muro de suelo reforzado cumpliendo con los factores de seguridad indicadas en la norma para un análisis estático y pseudoestático, siendo estos de 1.57 y 1.26 respectivamente.

Vergara (2018), buscó estabilizar los taludes en el Centro Poblado San Juanito por tres formas o métodos de los cuales son gaviones, geomallas y muros de contención, para lo cual tuvo que realizar un correspondiente estudio de suelos para poder conseguir todos los datos requeridos para poder llevar a cabo los cálculos y diseños por los tres métodos. Obteniendo al final como resultado que el factor de seguridad en el caso de muro de contención y gaviones son de 2.91 y en el caso de geomallas siendo de 1.00023 llegando a la conclusión que el mejor método que ayudara a estabilizar los taludes, así como también aportar con la mejora del medio ambiente es a través de la aplicación de la geomalla. No obstante, si se busca un método más económico se puede emplear el muro de contención o el método de gaviones.

González (2017), tuvo como objetivo analizar la estabilidad global estática y pseudoestática de un relleno reforzado con geosintéticos, así como caracterizar los estratos del subsuelo y determinar los factores de seguridad a corto y largo plazo, para llevar a cabo dicho análisis aplicó los métodos de Morgenstern & Price y Spencer con ayuda de los softwares GEOSTUDIO y GEO5. Obteniendo resultados donde la inclusión de los geosintéticos da un aumento de más del doble al factor de seguridad (FS) en el análisis estático. Sin embargo, esto no es representado para el caso a corto plazo en el análisis pseudoestático, debido a la ausencia del FS mínimo. Además, la magnitud establece el crecimiento de masa en la superficie de deslizamiento, provocando la ausencia del refuerzo pasado los 80m de análisis.

Yoza (2017), planteó como objetivo realizar el diseño de estabilidad biotecnica del talud con geomalla y especie vegetal en la quebrada de Ingapirca de la UNESUM, así también hacer el levantamiento topográfico, estudios de suelos para conocer el tipo de terreno a estudiar. Para la obtención del factor de seguridad se utilizó el método de Fellenius, el cual este es adaptable a cualquier forma de la superficie deslizante. Concluyendo que las hileras de vegetación



sembrada en el talud aportan resistencia y estas evitan la erosión de la superficie del talud, además la malla extendida en toda el área del talud evita desprendimientos ante posibles fallas o grietas. Recomendando que el perfil del talud debe disminuir hasta en un 40% de pendiente, y tener un mantenimiento constante de la vegetación presente en la geomalla para un óptimo drenaje, además que las especies vegetales es recomendable que sean propias del a zona para una larga duración ante cambio de ambiente.

Valenzuela (2016), fijó como objetivo realizar el estudio y diseño geométrico de la vía Miñarica Bajo – Carmelitas, así también estabilizar los taludes utilizando un sistema de geotextiles. Obteniendo resultados donde las condiciones de ese tramo son malas, la circulación vehicular está limitada, además esta vía cuenta con una topografía ondulada, habiendo presencia de tramos montañosos con inestabilidad en sus taludes y con suelos Limo arenosos SM. La velocidad de diseño de la vía es de 35 km/h, considerando una clase de IV orden y el TPDA en un rango de 100 a 300 vehículos, además el espesor del pavimento es de 25 cm, con sub-base 10 cm, base 10cm, carpeta asfáltica de 5 cm y una calzada de 6 m según la norma MOP-2003. Por otro lado, cuentan con un talud a analizar en la abscisa km 1+180.000, donde determinan el factor de seguridad utilizando el método de equilibrio limite, en el cual se aplica las tablas de Janbú para determinar el grado de estabilidad. Concluyendo que el empleo de geotextiles es el más económico para la estabilidad de taludes, debido a su rápida ejecución y bajos precios obteniendo un beneficio de 52.33% comparado con los sistemas de recubrimiento de mallas y mortero.

Diaz y Vidal (2015), mostraron la base metodológica a considerar para realizar la correspondiente estabilidad de taludes en una de las carreteras con alto aumento de tránsito vehicular en el Perú, por lo cual se expone los procesos de deslizamiento o movimiento de masas que suceden en los taludes, considerando parámetros y propiedades litológicas, morfológicas, climatológicas del suelo y la vegetación del lugar de estudio para poder realizarlo a través del software GeoSlope. De esta forma se determinó que la mejor forma para estabilizar los taludes es empleando el desarrollo de Bermas y/o banquetas de corte por el motivo que estas brindan un mejor resultado técnico y a la vez económicamente viable.

Finalmente, Alvarado y Cornejo (2014), buscaron encontrar una solución adecuada que permita lograr la estabilización del talud de la costa verde de los tramos específicos, para lo cual para poder desarrollarlo se realizó una recopilación de datos topográficos, geológicos y geomorfológicos que le permitirá moldear el talud a través del software computacional SLOPE/W. De esta forma se concluyó que la solución para este problema sería la reducción de la pendiente y de esa forma incrementar el factor de seguridad y así después poder utilizar geomallas y geomantas que ayudara a la vegetación de la zona.

Para poder comprender mejor se procederá a definir los puntos a tratar en la investigación, como la variable presente y sus dimensiones e indicadores.

En primer lugar, uno de los conceptos centrales de la investigación es el talud, en la cual Flores (2018, p.7), nos menciona que es un cuerpo de tierra, pero no es plana por el motivo de que el talud tiene tanto pendiente como diferentes alturas significativas. También se les denomina a los taludes como ladera natural, cuando esta forma de manera propia sin la participación humana, por otro lado, cuando son casos producidos por la acción humana se les define como taludes artificiales.

Hay que tener en cuenta que los taludes, tanto naturales como artificiales, cumplen un rol impotente en la ingeniería civil, estos tienen que permanecer en un estado en el cual den seguridad en el transcurso de la construcción y culminación de esta, incluso si hay problemas geológicos y geotécnicos presente en el área de construcción.

De tal manera, existen taludes inestables donde se puede observar movimientos de masas. Según De Matteis (2003, p.14), menciona que estas fallas se producen cuando los esfuerzos cortantes actuantes en la zona son mayores a la resistencia al corte del suelo y por tal motivo llevándolo a una ruptura del mismo, formado por una superficie de deslizamiento a lo largo del área donde se ubica la falla. Por lo cual, a esto se le conoce como deslizamiento de tierra y se puede observar en dos tipos de los cuales son rotacional y traslacional.

Por tal motivo se procede a plantear o realizar una estabilización, la cual lleva a la definición de la variable del proyecto a ejercerse, donde esta variable tiene

como nombre “estabilización de taludes”. Con base en la NTP CE.020 (2012, p.6), menciona unas series de soluciones geotécnicas integrales que pueden utilizarse en los taludes y de esta manera proporcionarle un equilibrio suficiente y sostenible, que atienda a los parámetros gravitatorios y sísmicos, medidos por los factores de seguridad, evitando afectar adversamente a su entorno”.

Así mismo, los factores de seguridad para Suárez (2016), es que para todos los puntos a lo largo de la superficie de falla se asume que el factor de seguridad es igual, es por ello, que este valor simboliza una parte importante en toda la superficie de falla.

Por ende, se realizan diversas formas para poder lograr estabilizar los taludes, de las cuales ver como muros de contención como muro de gaviones u otros, y de la cuales últimamente propuestos como geosintéticos y en el caso del proyecto a realizar el uso de geomallas.

De esta forma los geosintéticos para Alberti, Canales y Sandoval (2006), son materiales tanto planos como flexibles que se colocan en la superficie del terreno, previniendo la interacción del agua como del viento con el suelo y evitar de esta manera la aparición de erosiones. Así mismo, estas cuentan con otros cometidos como la reconstrucción de la vegetación local en los casos q se integren en taludes.

Los geosintéticos se pueden clasificar por categorías según el método de manufactura como lo muestra Ballester, Castro y Gil (2000), en los cuales se clasifican en geotextiles, productos relacionados, geocompuestos y geomembranas. Así mismo dentro de la categoría de productos relacionados encontramos geomallas, georred, geoestera, geocélulas y dentro de geocompuestos tenemos geotextil + geomalla y geotextil + georred. Así mismo, para estos refuerzos se tienen que tener en consideración diversos parámetros como la longitud mínima que debe ser de  $0.7H$ , donde  $H$  es la altura del muro o talud, de igual forma el espaciamiento máximo entre refuerzos debe ser de 80 centímetros para garantizar la integridad del talud. Como también el empotramiento mínimo del muro debe ser de 0.6 m. y la berma en el pie debe ser mínimo de 1.2 metros.

Además, según la International Geosynthetic Society (IGS) menciona que dentro de la clasificación de los geosintéticos también podemos encontrar los geotextiles que son mantas flexibles y permeables de fibra o hilos tejidos y no tejidos. Las geomembranas son láminas impermeables, continuas y flexibles elaboradas de materiales sintéticos. Los geocompuestos son elaborados tras la combinación de dos o más tipos de geosintéticos y estas se utilizan en el confinamiento de sustancias peligrosas.

Las geomallas están fabricadas de un material polimérico que es resistente y duradero, estas se emplean como función de refuerzo y estabilización con el fin de que al momento de relacionarse con el suelo esta complemente su resistencia a la tensión. Entre los tipos de geomallas podemos encontrar:

Geomalla Uniaxial, el cual está diseñada para soportar la tensión en una sola dirección, son realizadas con polietileno de alta densidad que lo hace inactivo a las condiciones químicas y biológicas del suelo, por los cuales se usan en refuerzo de muros y taludes, refuerzo en terraplenes con taludes pronunciados entre otros.

Geomalla Biaxial, tiene un equilibrio de resistencia a la tracción en la maquina como en las direcciones transversales, el cual está le permite ampliar más de lo habitual el área para poder distribuir las cargas, estas son particularmente efectivas para el reforzamiento de pavimentos rígido y flexible.

Geomalla Triaxial, estas proporcionan un mejoramiento de rigidez en el plano y están fabricadas de una lámina de polipropileno perforada orientada en múltiples direcciones formando aberturas triangulares (GeoAce, 2019).

Las geoceldas son sistemas tridimensionales en forma de panal que se utilizan para proporcionar refuerzo al suelo, reteniendo y estabilizando el material. Están fabricadas con polímeros resistentes y duraderos, con el objetivo de que, al interactuar con el suelo, complementen su resistencia a la tensión, la presencia de las celdas recibe las cargas mayores y los distribuye a través de su estructura de manera uniforme y minimizando riesgos, cabe señalar que esto depende del tipo de refuerzo que se requiera ya sea Uniaxiales o Biaxiales. Las primeras proporcionan refuerzo en una dirección mientras que las segundas, ofrecen refuerzo en más de una (Leguía, 2019), Así mismo “Las cargas de

tracción y corte se transfieren uniformemente en el perímetro de las paredes celulares y uniones del material, las cuales están diseñadas para soportarlas y tener un desempeño apropiado, por esta razón se debe realizar una evaluación de las implicaciones de los usos prácticos para un buen comportamiento” (Lui, Deng y Jaksa, 2019).

También se tiene los muros de gaviones; García (2017), define que son estructuras de gravedad, las cuales están compuestas por un conjunto de estructuras de forma prismática rectangular y estas son previamente rellenas de piedra con un enrejado metálico de malla y caracterizándose así por portar una oportuna resistencia y flexibilidad, además que el gavión tiene un proceso constructivo e instalación sencilla, en caso de colapsar una estructura por empuje o esfuerzo, la misma que puede soltarse y repararse, ya sea con alambres, gaviones o piedras.

De igual forma encontramos los anclajes como herramientas compuestas por cables o barras que son puestas en los taludes conformados por suelos o rocas y en otros tipos de obras, están diseñadas con el fin de incrementar la estabilidad y resistencia al área de trabajado donde están siendo implementadas (Concepto y clasificación de los anclajes, 2019).

Así mismo, para el diseño de los anclajes; los tendones que se dividen en cables tienen una tensión última de 1.86 MPa con diámetros entre 0.5 y 0.6 pulgadas, como también en varillas que estas tienen una última tensión de 1.03 MPa con diámetros entre 1.0 y 2.5 pulgadas, de esta forma los tendones se diseñan para una carga última no excedente al 60% de tensión. La longitud libre entre la superficie del terreno y el bulbo debe ser como mínimo en cables de 4.5 m y en varillas de 3 m con el ángulo de inclinación con respecto a la horizontal de estar entre el 15° y 30°, a la vez estas deben encontrarse en una separación entre bulbos de 1.5 a 2 m (Suárez, 2009).

Los métodos más usados para el análisis de la estabilidad de taludes son los métodos de equilibrio límite, del cual las técnicas más comunes son los métodos de corte como el de Fellenius y los métodos simplificados de Bishop, Spencer y Morgenstern-Price, según Shiyi, Longtan y Hongjun (2014).

Los métodos de Equilibrio límite, estudian el equilibrio de un cuerpo posiblemente inestable, y se basa en la comparación entre las fuerzas propensas al movimiento y las fuerzas resistentes que se oponen al mismo a lo largo de la superficie de falla (Sanhueza y Rodríguez, 2013, p.20).

Fellenius, es el método en el cual asume las superficies de falla de tipo circulares, en la que separa el área de falla en diferentes cortes verticales, esta obtiene las respectivas fuerzas que se presenta en cada tajada y realizando el equilibrio de momentos del grupo de fuerzas se logra obtener el factor de seguridad (FS) con la siguiente ecuación:

$$FS = \frac{\sum [c' b \sec \alpha + (W \cos \alpha - u b \sec \alpha) \tan \phi]}{\sum W \sin \alpha} \quad (1)$$

Dónde:

$\alpha$  = Ángulo del radio del círculo de falla con la vertical bajo el centroide en cada tajada.

$W$  = Peso total de cada tajada.

$u$  = Presión de poros =  $\gamma_w h_w$

$b$  = Ancho de la tajada.

$c', \phi$  = Parámetros de resistencia del suelo.

Bishop, este método asume que la fuerza entre dovelas es horizontal por lo que no se tiene en cuenta la fuerza cortante, por ese motivo el desarrollo de Bishop es dificultoso. Por ende, se utiliza la versión simplificada.

El método simplificado de Bishop es uno de los más usados para el análisis del factor de seguridad de los taludes. Aunque solo cumple el equilibrio de momentos, los datos obtenidos son más exactos en comparación con el de Fellenius (Salamanca, 2016, p. 147). Bishop calcula el factor de seguridad (FS) con la siguiente ecuación:

$$FS = \sum \frac{[c' b + (W - u b) \tan \phi \sec \alpha]}{\sum W \sin \alpha} \quad (2)$$

Dónde:

$$m\alpha = \text{Cos}\alpha \left( 1 + \frac{\tan \alpha \tan \varphi}{F.S.} \right) \quad (3)$$

$b$  = Ancho de la dovela.

$W$  = Peso de cada dovela.

$C', \varphi$  = Parámetros de resistencia del suelo.

$u$  = Presión de poros =  $\gamma w h w$

$\alpha$  = Ángulo del radio y la vertical de cada dovela.

Janbú, este método supone que las fuerzas entre tajadas son horizontales y no considera las fuerzas de cortante. No obstante, Janbú opina que las superficies de deslizamiento no son respectivamente circulares y fija un factor de corrección ( $f_0$ ). En comparación con Bishop, Janbú únicamente complace el equilibrio de fuerzas y no el equilibrio de momentos (Salamanca, 2016, p. 148). Janbú calcula el factor de seguridad (FS) con la siguiente ecuación:

$$FS = \frac{f_0 \sum \left\{ [c' b + (W - ub) \tan \varphi] \frac{1}{\cos \alpha m \alpha} \right\}}{\sum (W \tan \alpha)} \quad (4)$$

Dónde:

$$m\alpha = \text{Cos}\alpha \left( 1 + \frac{\tan \alpha \tan \varphi}{F.S.} \right) \quad (5)$$

$f_0$  = es determinado por la curvatura de superficie de falla (Figura 1).

$b$  = Ancho de la dovela.

$W$  = Peso de cada dovela.

$C', \varphi$  = Parámetros de resistencia del suelo.

$u$  = Presión de poros =  $\gamma w h w$

$\alpha$  = Ángulo del radio y la vertical de cada dovela.

Spencer, este método complace tanto el equilibrio de momentos como el de esfuerzos. Su procedimiento supone que las fuerzas entre dovelas son paralelas las unas a las otras, es decir éstas conllevan el mismo ángulo de inclinación (Salamanca, 2016, p. 149).

$$T = E_i \tan \phi \quad (6)$$

Salamanca (2016, p. 150), el método de Morgenstern-Price acepta que hay una función que conecta las fuerzas de cortante y las fuerzas normales entre dovelas. Dicha función se puede considerar como constante al igual que el caso de Spencer o como también puede ser considerado como otra función diferente.

$$T = \lambda f_{(x)} E_i \quad (7)$$

Dónde:

T y  $E_i$  : son las fuerzas verticales y horizontales entre rebanadas.

$\lambda$ : es un factor de escala de la función asumida.

$f_{(x)}$ : es una función que asume las fuerzas laterales

El software Slide V6.0, es un programa computarizado que sirve para realizar un análisis de estabilidad de taludes. Este análisis se procesa en forma plana, es decir en dos dimensiones basado en el método de equilibrio límite. Una de las características principales que este programa es que, ofrece un análisis de estabilidad de manera rápida, además de una optimización segura y fiable de acuerdo a las superficies de deslizamientos circulares y poligonales. Además de ello, permite el análisis según Ordinary / fellenius, Bishop simplified, Janbú, Spencer y Morgenstern-Price, los cuales se basan en fuerzas. Por otro lado, ejecuta un análisis variado, con presencia de problemas geotécnicos tales como terraplenes, represas, excavación y entre otros. Adicionalmente permite el ingreso de sobrecargas y cargas sísmicas, con el fin de realizar un análisis de estabilidad a detalle, para así obtener los factores de seguridad y clasificarlos de acuerdo a la norma trabajada.

Asimismo, se contará con la realización de la topografía del cual Fuentes (2012), nos dice que “son métodos utilizados para poder obtener o definir los puntos de la superficie terrestre, esta da a conocer las dimensiones de la superficie terrestre mediante la medición de distancias, direcciones y elevaciones”, como también el estudio de los diferentes puntos o dimensiones a tratar como son el levantamiento topográfico que para Franquet y Querol



(2010), “es la herramienta técnica que permite realizar una gama de etapas básicas como la identificación y señalamiento de la estructura a construir, tiene como resultado el levantamiento y replanteo de planos, deslindes y más. Por ello que se considera un grupo de cálculos ejecutados sobre un terreno con las herramientas adecuadas para poder elaborar correctamente una representación gráfica. Asimismo, aquellas estructuras artificiales, como carretera o edificio también pueden ser objeto de un levantamiento”.

De igual modo, “los suelos son un material de construcción con mayor proporción en ámbito de la ingeniería civil, además de constituir una ayuda en las estructuras las cuales pueden ser canales, represas, carreteras, puentes, edificaciones, etcétera, además de utilizarse como material para terraplenes viales, muro de tierra reforzado con geotextil, diques entre otros” (Duque y Escobar, 2016).

Por otro lado, Chávez, Blanco y Watson (2008). Mencionan que la inestabilidad de los taludes se asocia a la escasa cohesión de los materiales que componen el talud, ya sea por la presencia de limos, arenar y arcillas las cuales pierden su cohesión ante la presencia de saturación. Además, el deslizamiento de los taludes se acelera ante la presencia de fenómenos meteorológicos, donde las abundantes lluvias producen grandes afectaciones (p.5-6).

Las fallas se producen cuando la cohesión aparente es muy grande y la fricción entre el muro y la zapata son pequeñas, o si existe una capa intermedia débil en el muro, donde se produce fallas por deslizamiento en los muros de contención reforzados con geoceldas, según Fei, Huabei, Liqiu y Hongbing (2018).

Existen diferentes tipos de inestabilidad que se presentan en los taludes de las cuales son:

Por deslizamiento superficial, en esta no conlleva una superficie de falla definida, pero casi siempre afecta a una gran área de terreno, ocasionalmente es producido por los cambios climáticos presentados. Se presenta con un cambio lento entre la superficie móvil y la masa inmóvil más honda (De Matteis, 2003, p.5).

Por deslizamiento rotacional, se presenta de diferentes formas, en la cual influye la naturaleza de los materiales, el perfil estratigráfico y la geología local. Esta se produce por una falla curva en la superficie de la cual da origen al deslizamiento del talud (Rico y Del Castillo, 2005, p.290).

Local o también conocida como desconchamiento, se genera al momento en que la superficie de falla conecta al plano inclinado del talud entre el hombre y el pie (Castañón, 2011, p.132).

Por traslación, son deslizamientos traslacionales de masa sobre superficie de fallas llanas, conteniendo estratos de baja resistencia cerca de la superficie del talud (Rico y Del Castillo, 2005, p.292).

Por flujo, se genera casi siempre en laderas constituidas con material poco sementado y se origina cuando se presenta un aumento apreciable de contenido de humedad (Rico y Del Castillo, 2005, p.287).

Por licuación, se origina generalmente en arenas finas donde son sometidas a un aumento de presión de poro presentada por una vibración o sismo, lo que conlleva a una disminución rápida a la resistencia del esfuerzo cortante del suelo, generando el derrumbe del talud (Castañón, 2011, p.135).

Por superficie compuesta, esta presenta heterogeneidad en el talud tanto circulares como planas o ya sea también estudiados como fallas traslacionales y rotacionales formando así las fallas compuestas, donde se ven así los casos en las que se presentan las dos curvas se reparten casi equitativamente.

Múltiples, son fallas vistas en laderas donde se han producido cortes. Son originados con diversas superficies de deslizamiento, dadas simultáneamente o de rápida sucesión (Rico y Del Castillo, 2005, p.289).

Para Hernández y Ramírez (2016), la vulnerabilidad física de los taludes inestables, las causas amenazantes y la probabilidad de deslizamiento, dan como resultado a los parámetros de riesgo asociado a la vulnerabilidad sísmica (RVF), el cual se clasifica desde bajo hasta muy alto, esto varía dependiendo de los efectos y la magnitud del evento que amenaza a estos elementos físicos. Al obtener los datos de la valorización de riesgo se pueden utilizar para la construcción de obras civiles más detalladas y así controlar y prevenir

deslizamientos los cuales ocasionan muchos daños sobre la estructura vial (p. 112-113).

“El concepto de estabilización relativa implica la caracterización de un área determinada, tomando en cuenta su comportamiento ante un riesgo determinado”, según Ramírez (2005, p 236). Entonces, la inestabilidad no debe ser usada de manera global, porque ciertas áreas específicas pueden ser estables en relación a un sistema, mientras que otras son vulnerables ante el mismo proceso; dependen del tipo de fenómeno que se produzca. Es necesario dar a conocer que la inestabilidad varía en función al objetivo de estudio y por ende el sistema es diferente.

Al respecto, los deslizamientos están asociados a una variedad de condiciones y causales muy complejas; se dividen en dos tipos, son estructurales cuando se produce la rotura y deslizamiento de rocas y plásticos cuando el arrastre del material es masivo, comportándose de manera viscosa. En ese mismo orden, Dos Santos y Guardado (2011) sostienen que esta inestabilidad trae retrasos en las labores y daños en las obras de arte de la vía (p. 26).

### III. METODOLOGÍA

#### 3.1. Tipo y diseño de investigación

##### 3.1.1. Tipo de investigación:

Teniendo en consideración la naturaleza de los datos que se presentaron en la investigación, podemos definir el estudio de manera siguiente:

Cuantitativa, por lo que se realiza la recolección y análisis de datos a través de cálculos matemáticos, para así determinar el comportamiento de la población, dado que los datos de la investigación son cuantificables y medibles (Hernández, Fernández y Batista, 2014, p.19).

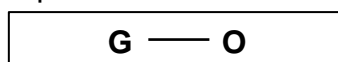
Es aplicada, debido a que se hace uso de teorías ya existentes, así mismo se respetan los parámetros de los reglamentos empleados sin hacer modificación u alteración de ellos (bonso, 2011, p.37).

Descriptivo, por el motivo que la investigación procederá a describir un diseño para poder lograr estabilizar los taludes del sector estudiado utilizando Geomallas Uniaxiales para lograr dicho cometido (Hernández, Fernández y Batista, 2014, p.92).

Transversal, por el motivo de que la obtención de los datos se tomará en un tiempo determinado, del cual este sería desde setiembre del 2019 a julio del 2020 (Hernández, Fernández y Batista, 2014, p.92).

##### 3.1.2. Diseño de investigación:

El diseño del proyecto de investigación es no experimental, de tipo transversal descriptiva simple (Hernández, Fernández y Batista, 2014, p.152), por tal forma que es no experimental por el hecho de que no se realizará cambios en la variable es decir la estabilidad del talud no se manipulará no obstante se dará una solución a ello y transversal por mencionado anteriormente, además es descriptivo simple por el hecho de que se hará un estudio puramente descriptivo de la variable para poder brindar una solución al problema.



**G:** Taludes inestables del tramo Curgos – Yanazara

**O:** Tramo de taludes en riesgo de deslizamiento

### **3.2. Variables y operacionalización:**

El proyecto de investigación cuenta con una única variable la cual es:

Estabilidad de taludes; así pues, su análisis se desarrolla a través del método de subdimensiones donde se encuentra el levantamiento topográfico, la caracterización de los taludes, el tipo de inestabilidad, el factor de seguridad mediante el software y la evaluación del efecto del uso de geosintéticos en los taludes.

### **3.3. Población, muestra y muestreo**

#### **3.3.1. Población:**

La población está conformada por los taludes en riesgo de deslizamiento ubicado en las Progresivas: km 08+170 - 08+220; km 08+360 - 08+410; km 08+645 - 08+680; km 08+900 - 08+935; km 09+235 - 09+285; km 09+580 - 09+630 y km 09+750 - 09+835, entre el tramo Curgos - Yanazara.

#### **3.3.2. Muestra:**

La muestra está constituida por los taludes inestables desde el km 8+000 al km 10+000 entre el tramo Curgos - Yanazara, en la Provincia de Sánchez Carrión, La Libertad.

### **3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos:**

#### **3.4.1. Técnicas:**

Para llevar a cabo el proyecto de investigación, se tomó como técnica de estudio la observación directa, en donde se hizo la visita al lugar de estudio para así poder recolectar los datos del estado de los taludes de dicha carretera.

Por otro lado, tenemos el análisis de documentos donde se revisaron tesis, artículos y normas referentes a la estabilidad de los taludes.

#### **3.4.2. Instrumentos:**

Para el instrumento de evaluación se tuvo en cuenta una ficha de observación (Anexo 4), con la cual se tendrá la información recolectada de los taludes a trabajar en la investigación.

### **3.5. Procedimientos:**

Primero, se realizó una visita técnica al lugar estudiado para identificar la zona, los taludes inestables y las fallas presentes mediante una ficha técnica (Anexo 2).

Segundo, se hizo el levantamiento topográfico de los tramos estudiados, seguidamente se procedió a identificar la geometría del talud y el tipo de orografía de acuerdo al MTC DG-2014, (Anexo 3).

Tercero, se realizó la caracterización del talud con ayuda de la ficha técnica (Anexo 2); teniendo en cuenta los datos de estudio de suelos brindados por la Municipalidad Distrital de Curgos y otros.

Cuarto, se determinó el factor de seguridad (FS) a través del método de Equilibrio límite de los taludes inestables sin refuerzo, con presencia de solicitaciones sísmicas mediante el software Slide v6.0.

Y por último se evaluó la influencia del uso de geosintéticos en los taludes inestables ante cargas estáticas y pseudoestáticas, con el fin de obtener nuevos factores de seguridad para una previa catalogación de acuerdo a la Norma CE.020 Estabilidad de Suelos y Taludes del RNE.

### **3.6. Método de análisis de datos:**

Los datos recolectados y debidamente organizados fueron analizados mediante el método de Equilibrio límite con ayuda del software Slide v6.0, verificando la estabilidad ante solicitaciones estáticas y dinámicas de los tramos tanto reforzados y no reforzados, con el fin de verificar el estado en que se encuentran los taludes a través de gráficos y tablas, los cuales proporcionaron la información si estos tramos estudiados son estables con y sin los elementos de refuerzo.

### **3.7. Aspectos Éticos:**

Los aspectos éticos serán considerados mediante la recopilación y análisis de datos, estos se basarán bajo las normas vigentes y parámetros dados en el Reglamento Nacional de Edificaciones. Para así mejorar la seguridad vial y peatonal.

## IV. RESULTADOS:

### 4.1. Estudio Topográfico

#### 4.1.1. Ubicación

El área de estudio se localiza en el Distrito de Curgos, entre el tramo de la carretera Curgos – Yanazara, el cual se detalla a continuación:

Departamento : La Libertad  
Provincia : Sánchez Carrión  
Distrito : Curgos  
Caseríos : Cuyumalca, Yanazara  
Región Geográfica : Sierra

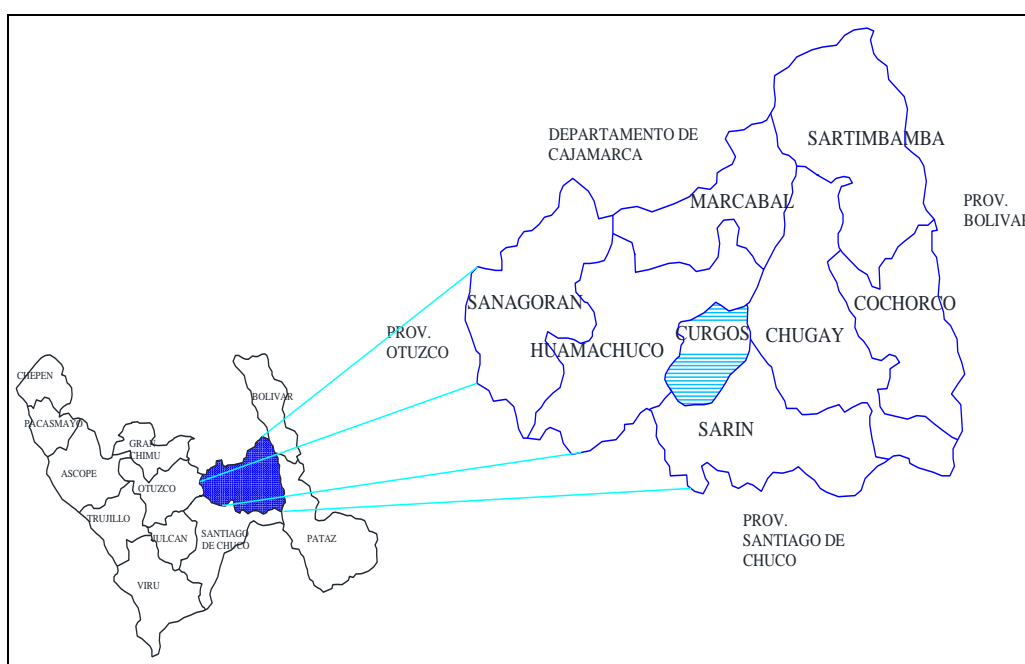


Figura 1. Ubicación geográfica del Distrito de Curgos

Fuente: Elaboración propia

El distrito de Curgos, geográficamente se encuentra ubicado a  $07^{\circ}51'33''$  de longitud sur y  $77^{\circ}56'35''$  de longitud oeste, en la Provincia de Sánchez Carrión, Departamento de La Libertad a 195 km de la ciudad de Trujillo. La altitud del distrito es de 3,231 m.s.n.m., con una superficie de 99.5 Km<sup>2</sup>. El Distrito está organizado políticamente en 13 Caseríos.

De acuerdo a las divisiones políticas, Curgos está limitada por los siguientes Distritos:

Por el norte con el Distrito de Huamachuco, por el sur con el Distrito de Sarín, por el este con los Distritos de Chugay y Sarín, por el oeste con el Distrito de Huamachuco

La zona de estudio tiene un clima templado; sin embargo, en los meses de diciembre a abril presenta un alto índice de precipitaciones pluviales; el distrito de Curgos cuenta con las siguientes características climáticas:

- Temperatura mínima: 14 °C
- Temperatura media: 18 °C
- Temperatura máxima: 25 °C
- Humedad relativa: 70%
- Velocidad máxima de viento: 60 km/h

#### 4.1.2. Reconocimiento de la zona

El área del proyecto se extiende desde el pueblo de Curgos, pasando por el caserío de Cuyumalca hasta llegar al caserío de Yanazara. La vía tiene una longitud de 13.775 km sin asfaltado y su orografía territorial cuenta con pendientes onduladas y accidentadas. Se tomó 3 kilómetros de estudio ubicados en el tramo km 07+000 al km 10+000 ya que en esa zona se observan taludes inestables, con presencia de deslizamiento y otros con riesgo de colapsar. Se identificó 7 taludes críticos los cuales se detallan a continuación.

Tabla 1. Localización de los taludes críticos

Tramo	Progresivo inicio	Progresivo fin	Longitud
Talud N° 01	km 08+170	- km 08+220	50 m
Talud N° 02	km 08+360	- km 08+410	50 m
Talud N° 03	km 08+645	- km 08+680	35 m
Talud N° 04	km 08+900	- km 08+935	35 m
Talud N° 05	km 09+235	- km 09+285	50 m
Talud N° 06	km 09+580	- km 09+630	50 m
Talud N° 07	km 09+750	- km 09+835	85 m

Fuente: Elaboración propia



#### **4.1.3. Procedimiento**

Se llevó a cabo el levantamiento topográfico de cada tramo crítico, delimitando la altimetría y planimetría de la zona de trabajo, tomando en cuenta el área de desprendimiento del material para así limitar la zona de deslizamiento, y de esta manera obtener el relieve del terreno a través de curvas de nivel y poder trazar perfiles transversales del talud, el cual es necesario para la evaluación de la estabilidad.

El trabajo de campo se dividió en dos fases, la primera fue inspeccionar la zona y accesibilidad del talud, concretamente delimitar visualmente la geometría del área crítica a medir para así realizar un levantamiento a detalle y la otra tomar los puntos definitorios del terreno mediante la estación total.

La toma de datos taquimétricos se realizó con una estación total por el método de radiación simple, previo a esto de ubico las coordenadas por medio del GPS. Los instrumentos empleados en el trabajo fueron una Estación Total Leica TC407; 02 prismas; un GPSMAP 64S, una wincha de 5m y una cinta métrica de 50m.

En gabinete se realizó una verificación de los datos registrados, con el fin de que los puntos no estén muy cerca o se repitan, con la finalidad de posibles anomalías o distorsiones de curvas en el plano; tomando estas precauciones los puntos son importados al programa Civil 3D con sus respectivas curvas para luego ser analizados.

#### **4.1.4. Orografía del terreno**

Los taludes estudiados se encuentran en zonas montañosas con pendientes muy pronunciadas, abarcado zonas boscosas. Se realizó la clasificación en función a su orografía de acuerdo al manual de carreteras DG-2014. (Anexo 3.2), obteniendo relieves con pendientes mayores al 40%, definiendo así una orografía de terreno ondulado (tipo 3) y terreno accidentado (tipo 4).

Tabla 2. Clasificación orográfica de los taludes críticos

Tramo	Pendiente %	Orografía		
		Limites	Tipo	Descripción
Talud N° 01	62.86%	51% -100%	4	Terreno accidentado
Talud N° 02	41.53%	11% - 50%	3	Terreno ondulado
Talud N° 03	67.14%	51% - 100%	4	Terreno accidentado
Talud N° 04	40.95%	11% - 50%	3	Terreno ondulado
Talud N° 05	55.03%	51% - 100%	4	Terreno accidentado
Talud N° 06	45.87%	11% - 50%	3	Terreno ondulado
Talud N° 07	47.77%	11% - 50%	3	Terreno ondulado

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 2 se observa la clasificación orográfica del terreno, donde se da a conocer la pendiente y el tipo de relieve de cada talud estudiado. De acuerdo a la tabla se obtuvo que los taludes 01;03 y 05 cuentan con pendientes que se encuentran entre el 51% y 100%, definiéndolos de acuerdo a la norma como un terreno accidentado, mientras que para los taludes 02;04;06 y 07 se definió como un terreno ondulado.

La pendiente (%) fue calculada a través de la ecuación (8) en donde esta es igual a la longitud horizontal dividida por la diferencia de altura y multiplicada por cien, además se determinó una orografía con pendientes que oscilan entre 40.95% en el talud N° 04 y 67.14% en el talud N° 03. Previo a la clasificación orográfica, los taludes fueron seccionado cada 10 metros, obteniendo secciones que varían entre 3, 4 y 5 por cada tramo (Anexo 3.2).

$$S\% = \frac{\text{Longitud}}{\text{Altura}} * 100 \quad (8)$$

#### **4.2. Estudio de mecánica de suelos**

Los datos considerados en el análisis se obtuvieron a través del expediente técnico brindado por la Municipalidad Distrital de Curgos, mediante la presentación de la Carta N°01-2020-AECD y la Carta N° 50 de la Municipalidad (Anexo 5.1 y 5.2). El estudio de suelos cuenta con un total de 7 calicatas, de las cuales se tomaron las calitas 4 y 5 ubicados en los kilómetros 8+000 y 10+000 respectivamente con una profundidad de 1.5 m, por el motivo que la zona estudiada se encuentra en el Km 8+000 al Km 10+000 de la carretera Curgos – Yanazara. Así mismo, de las respectivas calitas se tomaron los datos como del tipo de suelo, peso específico, cohesión y Ángulo de fricción, siendo estos los siguientes:

Calicata 4:

- Tipo de Suelo: Grava pobremente gradada con finos limosos (GP-GM)
- Peso Específico: 19.65 KN/ m<sup>3</sup>
- Cohesión: 4.90 KPa
- Ángulo de Fricción: 30°

Calicata 5:

- Tipo de Suelo: Grava pobremente gradada con finos limosos (GP-GM)
- Peso Específico: 19.82 KN/ m<sup>3</sup>
- Cohesión: 4.90 KPa
- Ángulo de Fricción: 30°

#### **4.3. Estudio Hidrológico**

Para el estudio hidrológico se consideró la estación meteorológica de Huamachuco brindado por el SENAMHI, utilizándose para obtener las precipitaciones mensuales, temperatura y humedad relativa de los años 2017 al 2020, por el motivo que estos varían con respecto a cada mes y año.

#### 4.3.1. Precipitación Media Mensual

La precipitación media mensual va desde junio con un valor registrado de 3.58 mm hasta marzo con un valor de 143.35 mm, con un valor máximo alcanzado que asciende hasta 239.20 mm registrado en diciembre, así como también un valor mínimo que desciende hasta 0.20 mm registrado en julio. Así mismo el promedio anual es equivalente a 69.45 mm. De igual forma dicha distribución mensual realizada se puede visualizar en la tabla N° 3.

Tabla 3. Precipitación media mensual (mm)

Prec (mm)	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic
2017	140.20	104.20	<b>206.30</b>	129.70	91.50	0.20	0.20	28.60	28.00	90.30	1.31	201.70
2018	138.80	129.70	<b>162.00</b>	98.00	76.10	5.10	1.70	1.00	37.90	135.00	100.20	118.40
2019	74.10	196.80	205.10	91.40	32.70	9.00	15.70	0.20	38.20	129.70	119.60	<b>239.20</b>
2020	<b>102.80</b>	52.90	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D
Prom	<b>113.98</b>	<b>120.90</b>	<b>143.35</b>	<b>79.78</b>	<b>50.08</b>	<b>3.58</b>	<b>4.40</b>	<b>7.45</b>	<b>26.03</b>	<b>88.75</b>	<b>55.28</b>	<b>139.83</b>

Fuente: SENAMHI

#### 4.3.2. Temperatura Media Mensual

La temperatura media mensual va desde marzo con un valor registrado de 13.20 °C hasta febrero con un valor de 18.45 °C, con un valor máximo alcanzado que asciende hasta 20.17 °C registrado en septiembre, así como también un valor mínimo que desciende hasta 17.23 °C registrado en marzo. Así mismo el promedio anual es equivalente a 14.71 °C. De igual forma dicha distribución mensual realizada se puede visualizar en la tabla N° 4.

Tabla 4. Temperatura media mensual (°C)

Temp (°C)	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic
2017	17.72	18.06	17.23	18.09	18.23	18.64	18.87	19.61	19.41	19.59	19.82	18.65
2018	17.86	18.52	17.68	17.96	18.18	18.08	18.07	18.95	20.17	18.66	18.79	18.75
2019	18.69	18.27	17.89	18.59	18.92	19.04	18.66	19.12	19.16	17.94	18.41	17.76
2020	19.14	18.95	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D
Prom	<b>18.35</b>	<b>18.45</b>	<b>13.20</b>	<b>13.66</b>	<b>13.83</b>	<b>13.94</b>	<b>13.90</b>	<b>14.42</b>	<b>14.69</b>	<b>14.05</b>	<b>14.26</b>	<b>13.79</b>

Fuente: SENAMHI

### 4.3.3. Humedad Relativa Media Mensual

La temperatura media mensual va desde agosto con un valor registrado de 42.69 % hasta febrero con un valor de 77.19 %, con un valor máximo alcanzado que asciende hasta 83.36 % registrado en marzo, así como también un valor mínimo que desciende hasta 52.54 % registrado en agosto. Así mismo el promedio anual es equivalente a 55.71 %. De igual forma dicha distribución mensual realizada se puede visualizar en la tabla N° 5.

Tabla 5. Humedad relativa media mensual (%)

Hum (%)	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic
2017	77.64	76.99	83.36	79.12	78.05	67.06	56.66	60.91	62.35	67.33	62.24	75.62
2018	74.16	76.11	78.68	75.55	75.62	63.26	60.70	57.30	59.95	70.84	73.82	68.45
2019	71.47	80.48	81.68	77.74	73.91	62.08	61.95	52.54	60.54	72.51	71.82	78.97
2020	71.49	75.18	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D
Prom	73.69	77.19	60.93	58.10	56.90	48.10	44.83	42.69	45.71	52.67	51.97	55.76

Fuente: SENAMHI

### 4.4. Tipo de Inestabilidad

En base a lo observado en campo y través de las teorías existentes revisadas, en los taludes se puede encontrar que en la superficie de esta hay humedecimiento y secado producido por los cambios climáticos o como también se evidencia por arboles inclinados respecto de la vertical (Anexo 6), por lo cual la inestabilidad que se presenta es por deslizamiento superficial para todos los tramos estudiados.

### 4.5. Aspecto Sísmico

#### 4.5.1. Zonificación sísmica

De acuerdo a la norma Diseño Sismorresistente E030, del Reglamento nacional de edificaciones, el cual detalla la distribución espacial sísmica del territorio nacional; define que el Distrito de Curgos como zona de estudio se encuentra en la zona 3 con una fracción de aceleración de la gravedad (Z) de 0.35g y una probabilidad de aceleración horizontal máxima en suelo rígido del 10% en una extensión de 50 años.



Figura 2. Mapa de zonificación Sísmica

Fuente: Norma E 030

#### 4.5.2. Aceleración de Diseño

Para llevar a cabo el análisis Pseudoestático se tuvo en cuenta el coeficiente de la aceleración sísmica horizontal y vertical, esta fuerza actúa sobre toda el área de estudio y los elementos de refuerzo aplicados en el talud, provocando una variación del factor de seguridad con respecto al análisis Estático. Este análisis se desarrolló con el objetivo de determinar la permanencia del talud y sus elementos ante un evento sísmico.

Marcuson y Franklin (1983), recomiendan que el coeficiente sísmico horizontal ( $k_h$ ) debe oscilar entre  $1/3$  y  $1/2$  de la aceleración superficial, siempre y cuando el factor de seguridad sea mayor que 1.0. De acuerdo a la Norma CE.020 Estabilización de Suelos y Taludes del Reglamento Nacional de Edificaciones, en el ítem 7.1.1 especifica que el factor de

seguridad mínimo para solicitaciones estáticas debe ser de 1.5 y para solicitaciones sísmicas de 1.25, cumpliendo con los parámetros recomendados. A su vez AASHTO sugiere utilizar el 50% de la aceleración máxima superficial. Por otro lado, la Norma E030 define que la fuerza vertical sea los 2/3 de la fuerza horizontal, debido a que esta fuerza no es muy significativa en los análisis.

En base a lo expuesto anteriormente y considerando los parámetros establecidos se determinó los siguientes resultados:

Aceleración superficial.

$$Z = 0.35g$$

Aceleración horizontal ( $k_h$ )

$$k_h = \frac{1}{2} * 0.35 = 0.18 \quad (9)$$

Aceleración Vertical ( $k_v$ )

$$k_v = \frac{2}{3} * k_h \quad (10)$$

$$k_v = \frac{2}{3} * 0.18 = 0.12$$

#### 4.6. Sobrecarga

Se determino presencia de sobrecarga vehicular influente en los taludes N° 02 y N° 04, debido a la presencia continua de la vía en la parte superior del talud, el cual este ejerce una presión sobre el eje inferior, motivo por el que se producen deslizamientos.

La Norma de Cargas E.020, del Reglamento Nacional de Edificaciones, en el artículo 8.1 especifica que para pistas y aceras se diseñaran con una carga viva mínima de 5.0 kPa (500 kgf/m<sup>2</sup>). Para este análisis se consideró el vehículo tipo C3 de acuerdo al MTC Reglamento Nacional de Vehículos (2003), con un peso bruto máximo de 25 toneladas, considerando una distancia entre ejes de 6.0 m y un ancho entre neumáticos de 2.5m. en donde se obtiene una sobrecarga vehicular de 17 KN/m<sup>2</sup>.

Cálculo de sobrecarga vehicular:

$$Q = \frac{F}{A} \quad (11)$$

Área de influencia:

$$A_{\text{Influencia}} = 6.0\text{m} * 2.5\text{m}$$

$$A_{\text{Influencia}} = 15\text{m}^2$$

Masa:

$$F = m * g$$

$$F = 25 * 9.81$$

$$F = 245.25\text{KN}$$

Reemplazando en la ecuación (11)

$$Q = \frac{245.25 \text{ kn}}{15 \text{ m}^2}$$

$$Q = 16.35 \text{ kn/ m}^2 \approx 17\text{kn/ m}^2$$

#### **4.7. Diseño de refuerzo de taludes**

Para realizar el análisis de los taludes reforzados con geosintéticos, se procedió a realizar un previo predimensionamiento con el fin de verificar la estabilidad con los datos propuestos. La metodología de diseño consiste básicamente en determinar la evaluación de estabilidad global, con la aplicación de sobrecargas y la influencia de solicitaciones estáticas y sísmicas, todo este análisis se basa en el diseño propuesto, ya sea con suelos reforzados o geomallas ancladas. La verificación de esta estabilidad se ve reflejada en la obtención de un factor de seguridad de cada sección y talud estudiado. Hay que tener en cuenta que la aplicación de los elementos fue variando según la geometría del talud.

Para lograr que la estabilidad del talud sea aceptable, el diseño se basó de acuerdo a la Norma CE.020 del Reglamento Nacional de Edificaciones, delimitando factores mínimos de 1.5 para solicitaciones estáticas y 1.25 para sísmicas.



La evaluación de los tramos reforzados con geosintéticos consistió básicamente en determinar los datos siguientes.

#### 4.7.1. Geomalla y Anclaje

Se utilizó el sistema de Geomallas UNI-AXIAL PET GEOGRID (TITAN) de diferentes tipos, las cuales fueron variando según el diseño de los tramos. A continuación, se detallan los tipos de geomalla implementados en el diseño de estabilidad.

Tabla 6. Tipo de geomalla Uniaxial

GEOMALLA (UNI-AXIAL PET GEOGRID)	Código	Resistencia
	TE-UX100PET	150 kN/m
	TE-UX150PET	200 kN/m
	TE-UX250PET	300 kN/m

Fuente: Elaboración propia - Geogrid

En la tabla 6 se observa la geomalla tipo TE-UX100PET, con una resistencia de 150kN/m, también la TE-UX150PET y TE-UX250PET con una resistencia de 200kN/m y 300kN/m.

Se aplicó el sistema de anclaje de bulones de acuerdo a la Gama de Productos Geotécnicos DYWIDAG (2014). Tomando el modelo perno de roca GEWI® Plus, de barra roscada S670/800, el cual cuenta con una resistencia límite de 770 kN con un diámetro de 35mm. Para la longitud del bulbo se consideró el 35% de la longitud del anclaje.

#### 4.7.2. Geometría del talud

Se tuvo en cuenta la geometría con el fin de determinar la altura, ancho y ángulo de inclinación del talud. En consecutiva, se llevó a cabo el perfilado y cortes necesarios para que el sistema se acople de acuerdo al terreno para ganar una mayor adherencia y mejor trabajabilidad de esta. El proyecto consistió en el diseño de perfiles de todas las secciones implementado los elementos de refuerzo.

Para el sistema de suelos reforzados, Suárez (2009) recomienda que la longitud de refuerzo debe ser como mínimo el 70% de la altura de diseño  $0.7 \cdot H$ ; sin embargo, si las condiciones de estabilidad no son satisfactorias,

es necesario requerir un incremento de longitud de refuerzo. Así también, se considera un diseño de acomodo de las capas verticales de geosintéticos acorde al diseñador, sin embargo, se puede proponer un espacio constante en todo el muro de refuerzo, se recomienda contar un espaciamiento entre capas que estén entre 0.3 y 0.8 m. Se debe tener en cuenta que la longitud horizontal de los refuerzos, se debe mantener constante a lo largo de toda la altura del muro de diseño. Teniendo en cuenta los parámetros anteriormente detallados, a continuación se da a conocer los datos que se proyectaron para el diseño.

Para el talud 01, se implementó la geomalla Uniaxial tipo TE-UX150PET como protección superficial junto a anclajes de bulones con un bulbo del 35% de la longitud total, las medias de los anclajes se dan a conocer a continuación y se detallan en Plano RT-01.

- Sección A-A: Cuatro anclajes que oscilan entre 3m y 6m
- Sección B-B: Anclajes de 6m y 7m
- Sección C-C: Anclajes de 6m,7m y 9m
- Sección D-D: Anclajes de 5m,7m y 10m

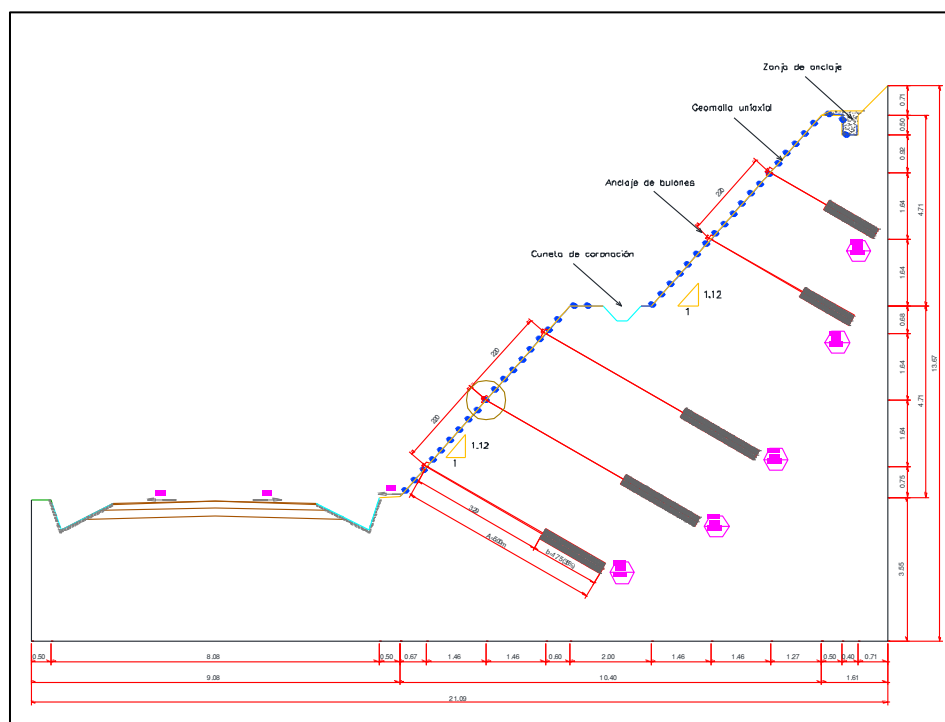


Figura 3. Diseño de estabilidad para el talud 01

Fuente: Elaboración propia

Para los taludes 02 y 04 se implementó el sistema de suelo reforzados con geomallas, para llevar a cabo el diseño se tuvo en cuenta la altura del talud “H” y la base del diseño o longitud horizontal de la geomalla “B”. Además, con el fin de no sobredimensionar la estructura, el espaciamiento vertical del muro se dividió en tres etapas, las cuales se dan a conocer a continuación.

Tabla 7. Dimensiones de los taludes 02 y 04

	Sección	H (m)	Base de diseño (m)	Etapas	Espaciamiento (m)	Geomalla
TALUD 02	A-A	10.50	7.00	1	0.5	TE-UX250PET
				2	0.5	TE-UX250PET
				3	0.80	TE-UX150PET
	B-B	15.00	8.00	1	0.4	TE-UX250PET
				2	0.5	TE-UX250PET
				3	0.80	TE-UX150PET
	C-C	16.20	9.00	1	0.4	TE-UX250PET
				2	0.5	TE-UX250PET
				3	0.80	TE-UX150PET
	C-C	17.00	9.00	1	0.4	TE-UX250PET
				2	0.5	TE-UX250PET
				3	0.80	TE-UX150PET
TALUD 04	A-A	10.00	8.00	1	0.5	TE-UX250PET
				2	0.5	TE-UX250PET
	B-B	12.00	8.00	1	0.5	TE-UX250PET
				2	0.5	TE-UX250PET
	C-C	13.30	8.00	1	0.4	TE-UX250PET
				2	0.5	TE-UX250PET

Fuente: Elaboración propia

La tabla 7 muestra el dimensionamiento de los taludes 02 y 04 con sus respectivas secciones de diseño. Se observa que el tramo 02 cuenta con alturas mayores en comparación al 04, con una máxima de 17m y una base de 9m. Estos tramos están divididos en 3 y 2 etapas constructivas (Figura 4) las cuales cuentan con espaciamientos verticales y elementos de refuerzo variados, los cuales están en un rango de 0.4m y 0.8m.

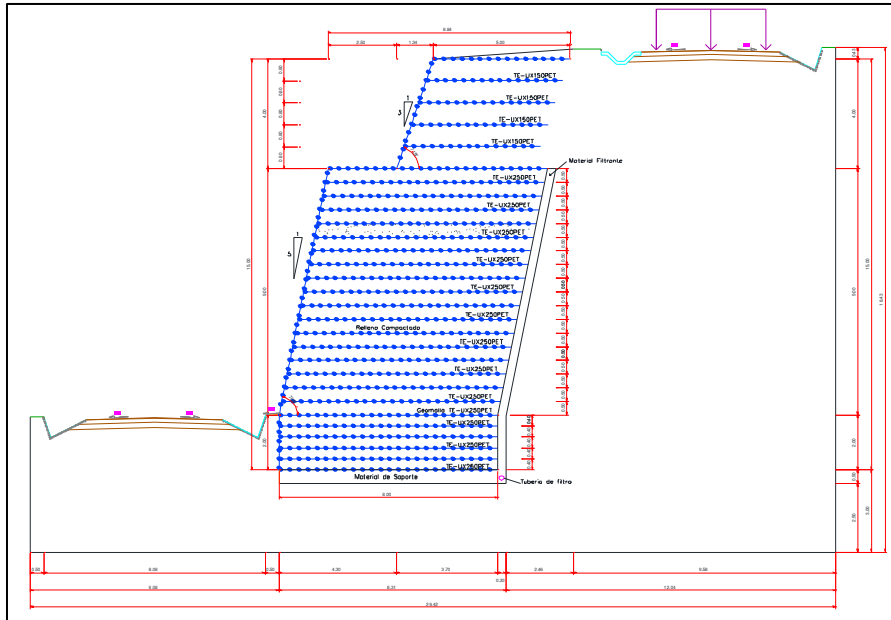


Figura 4. Diseño de estabilidad para el talud 02

Fuente: Elaboración propia

Para el talud 03, se implementó la geomalla tipo TE-UX150PET y anclajes de bulones, cuyos datos se muestran a continuación y se detallan en el Plano TR-01.

- Sección A-A: Dos anclajes de 2m y 4m
- Sección B-B: Cinco anclajes que oscilan entre 4m y 6m
- Sección C-C: Tres anclajes de 6m y uno de 5m

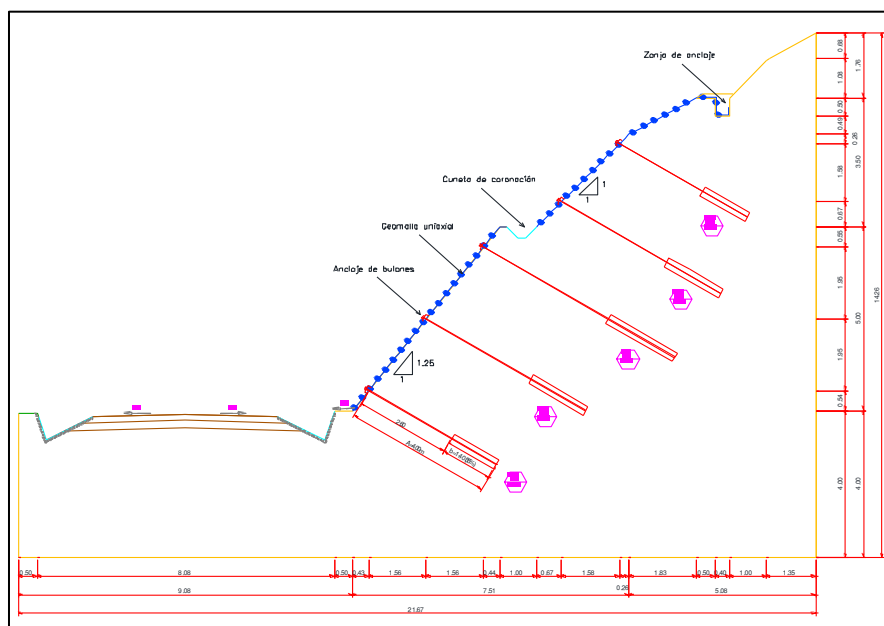


Figura 5. Diseño de estabilidad para el talud 03

Fuente: Elaboración propia



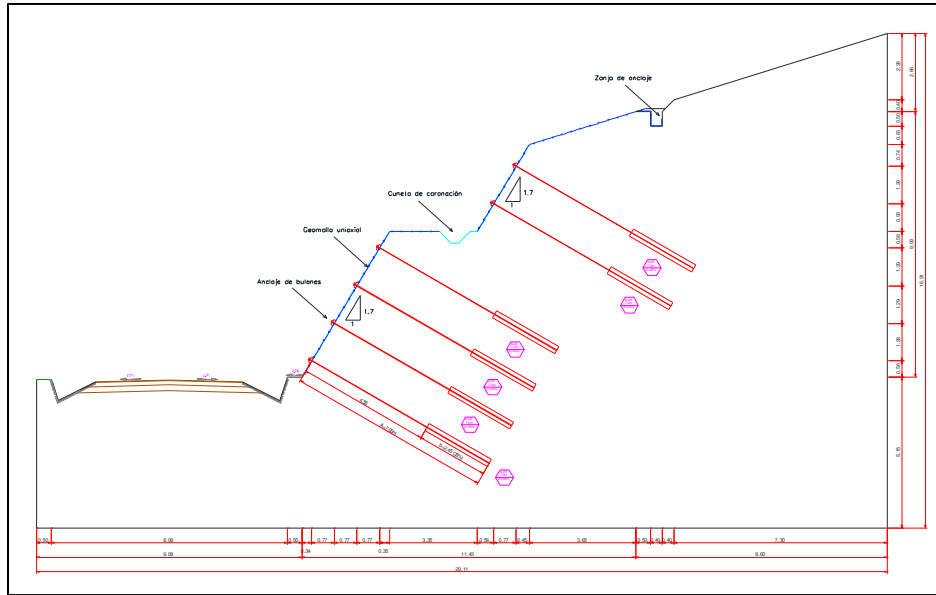


Figura 7. Diseño de estabilidad para el talud 06

Fuente: Elaboración propia

Finalmente, para el talud 07 se utilizó un sistema combinado, en donde se incluye suelos reforzados en la parte inferior del talud y geomallas ancladas en la parte superior. La evaluación de estabilidad se aplicó para 5 perfiles donde se proyectaron los siguientes datos.

Tabla 8. Dimensiones del talud 07

	Sección	H (m)	Base de diseño (m)	Etapa	Espaciamiento (m)	Geomalla
TALUD 07	A-A	5.00	4.00	1	0.5	TE-UX150PET
				2	0.5	TE-UX150PET
	B-B	7.00	5.00	1	0.5	TE-UX150PET
				2	0.5	TE-UX150PET
	C-C	12.00	9.00	1	0.5	TE-UX250PET
				2	0.5	TE-UX250PET
	D-D	12.00	9.00	1	0.5	TE-UX250PET
				2	0.5	TE-UX250PET
	E-E	10.00	7.00	1	0.5	TE-UX250PET
				2	0.5	TE-UX250PET

Fuente: Elaboración propia

Para el reforzamiento en la parte superior se aplicó el sistema de geomallas para la protección superficial junto a elementos de anclajes de bulones con un bulbo de 35%, las dimensiones se mencionan a continuación:

- Sección A-A: Un anclaje de 8m y dos de 10m
- Sección B-B: Dos anclajes de 10m y tres de 12m
- Sección C-C: Dos anclajes de 6m y dos de 10m
- Sección D-D: Dos anclajes de 7m
- Sección E-E: Un anclaje de 7m y 10m

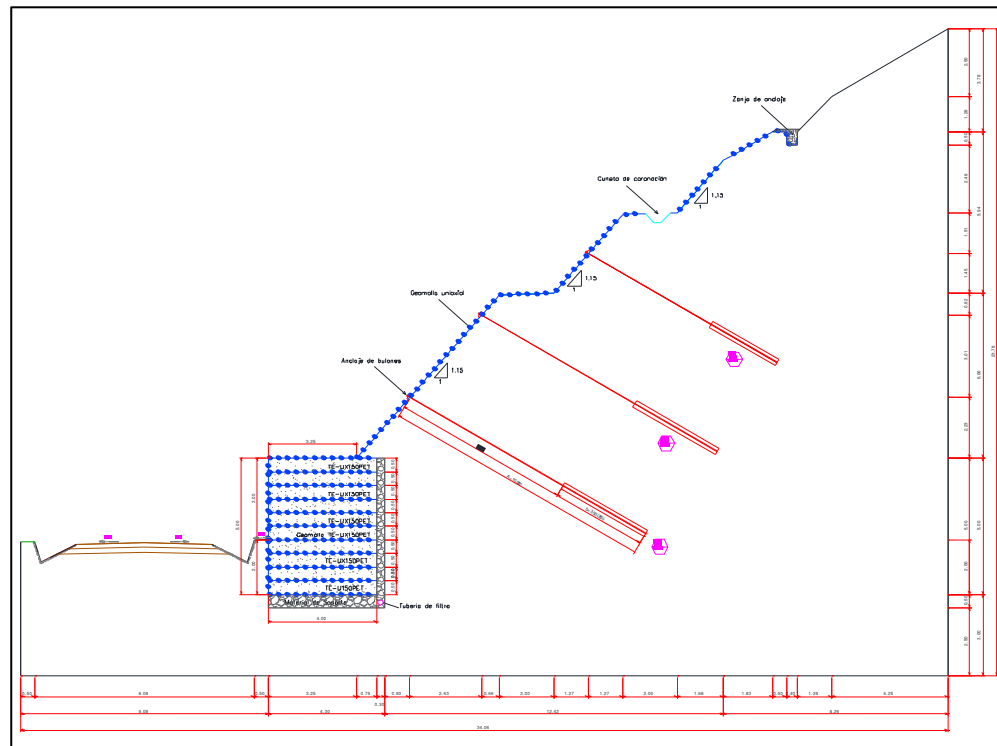


Figura 8. Diseño de estabilidad para el talud 07

Fuente: Elaboración propia

El reporte de diseño de los siete tramos estudiados con sus respectivas secciones se muestra en los Planos RT-01; RT-02; RT-03 y RT-04. En dichos planos se detallan las dimensiones y ubicación de los elementos de refuerzo.

#### 4.8. Análisis de Estabilidad

En esta etapa se procedió a realiza el análisis de estabilidad de los 7 taludes críticos, ubicados entre el tramo Curgos- Yanazara km 07+000 al km 10+000, con el fin de determinar los factores de seguridad y verificar la permanencia de estos. El análisis se dividió en dos fases, en la primera se realizó la verificación estática y dinámica de los taludes en condiciones naturales, tal y como se encontraron en la zona de estudio, con el fin de conseguir nuevos parámetros de diseño los cuales mantengan estables a

los taludes ante distintos escenarios naturales. En la segunda fase se realizó el diseño de estabilidad aplicando geosintéticos sujetos a anclajes, sometidos a sobrecargas y sollicitaciones sísmicas, con el objetivo de contrarrestar la inestabilidad de los taludes. Para calcular los factores de seguridad se empleó el análisis por equilibrio límite considerando los métodos de Ordinary/Fellenius, Bishop simplified, Janbú, Spencer y GLE/Morgenstern - Price.

La obtención de resultados de cada talud crítico se llevó a cabo a través del software Slide 6.0, estos factores obtenidos son comparados con los parámetros establecidos por la norma CE.020, y a raíz de ello tomar medidas preventivas a través de un diseño de estabilidad.

Las condiciones actuales de terreno, brindadas por la Municipalidad Distrital de Curgos fueron 7 estratos, de los cuales se tomaron los estratos E-4 y E-5 ya que se ubican en la zona de estudio (Anexo 5.3). Se clasifico el estrato E-4 para los 5 primeros taludes y el estrato E-5 para los 2 siguientes, en consecuencia para llevar a cabo el diseño se asumió que todo el suelo del talud se comporta como un solo estrato.

Tabla 9. Parámetros geotécnicos

Estrato	Clasificación	Parámetros			
		$\gamma$ (KN/ m <sup>3</sup> )	C (KN/ m <sup>2</sup> )	phi (°)	W (%)
E - 4	GP-GM	19.652	4.9	30	9.1
E - 5	GP-GM	19.819	4.9	30	11.1

Fuente: Municipalidad Distrital de Curgos

De acuerdo a la clasificación de los estratos por talud expuesta líneas arriba, se detallan a continuación:



Tabla 10. Parámetros geotécnicos

Tramo	Estrato	Clasificación
Talud 01	E - 4	GP-GM
Talud 02	E - 4	GP-GM
Talud 03	E - 4	GP-GM
Talud 04	E - 4	GP-GM
Talud 05	E - 4	GP-GM
Talud 06	E - 5	GP-GM
Talud 07	E - 5	GP-GM

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 9 y 10 se observa la clasificación SUCS de suelo, donde se identifica que la estratigrafía de todo el tramo estudiado comparte similares propiedades geotécnicas; definiendo que se está trabajando con un suelo de Gravas pobremente gradadas con finos limosos (GP-GM).

Para realizar el análisis de estabilidad fue necesario trazar secciones transversales de cada tramo, con el fin de obtener un análisis a detalle. Hay que tener en cuenta que el empleo del método de equilibrio limite a través del software se trabaja desde un punto de vista plano, por eso fue necesario realizar cortes cada 10 metros para obtener resultados más exactos de dicho análisis sumando un total de 26 secciones analizadas. La ubicación de los cortes se menciona a continuación; sin embargo, la localización en el plano se observa en el anexo de planos.

El talud 01 se ubica entre las progresivas Km 08+170 al Km 08+220, contando con 4 cortes transversales cada 10 metros.

Tabla 11. Secciones del Talud N° 01

Sección	Progresiva	Código
1	km 08+180	A - A
2	km 08+190	B - B
3	km 08+200	C - C
4	km 08+210	D - D

Fuente: Elaboración propia

El talud 02 se ubica entre las progresivas Km 08+360 al Km 08+410, contando con 4 cortes transversales cada 10 metros.

Tabla 12. Secciones del Talud N° 02

Sección	Progresiva	Código
1	km 08+370	A - A
2	km 08+380	B - B
3	km 08+390	C - C
4	km 08+400	D - D

Fuente: Elaboración propia

El talud 03 se ubica entre las progresivas Km 08+645 al Km 08+680, contando con 3 cortes transversales cada 10 metros.

Tabla 13. Secciones del Talud N° 03

Sección	Progresiva	Código
1	km 08+650	A - A
2	km 08+660	B - B
3	km 08+670	C - C

Fuente: Elaboración propia

El talud 04 se ubica entre las progresivas Km 08+900 al Km 08+935, contando con 3 cortes transversales cada 10 metros.

Tabla 14. Secciones del Talud N° 04

Sección	Progresiva	Código
1	km 08+910	A - A
2	km 08+920	B - B
3	km 08+930	C - C

Fuente: Elaboración propia

El talud 05 se ubica entre las progresivas Km 09+235 al Km 09+285, contando con 3 cortes transversales cada 10 metros.

Tabla 15. Secciones del Talud N° 05

Sección	Progresiva	Código
1	km 09+250	A - A
2	km 09+260	B - B
3	km 09+270	C - C

Fuente: Elaboración propia

El talud 06 se ubica entre las progresivas Km 09+580 al Km 09+630, contando con 4 cortes transversales cada 10 metros.

Tabla 16. Secciones del Talud N° 06

Sección	Progresiva	Código
1	km 09+590	A - A
2	km 09+600	B - B
3	km 09+610	C - C
4	km 09+620	D - D

Fuente: Elaboración propia

El talud 07 se ubica entre las progresivas Km 09+750 al Km 09+835, contando con 5 cortes transversales, los 4 primeros cada 20 y el 5 a una distancia de 10 metros.

Tabla 17. Secciones del Talud N° 07

Sección	Progresiva	Código
1	km 09+570	A - A
2	km 09+590	B - B
3	km 09+810	C - C
4	km 09+820	D - D
5	km 09+830	E - E

Fuente: Elaboración propia

Teniendo delimitado todas las secciones de los taludes en archivo CAD, se procedió con la exportación al software Slide 6.0 para llevar a cabo el análisis estático y Pseudoestático.

#### 4.8.1. Análisis Estático sin Refuerzo

Para la ejecución del análisis, se procedió a ingresar todos los datos de las secciones trazadas en los tramos críticos, es decir todos los perfiles de cada corte trasversal del talud. La evaluación se rigió bajo los criterios de la NTP CE.020, específicamente en el capítulo 7.1.1, el cual detalla que el factor de seguridad mínimo ante solicitaciones estáticas debe ser de 1.5. En este primer análisis estático se realizó sin refuerzos, con el fin de obtener la estabilidad natural del talud, teniendo en cuenta que la situación natural de los tramos estudiados se encuentra en condiciones críticas, con constantes deslizamientos propensos a ellos; es por ello que los factores de seguridad obtenidos son muy bajos. A continuación, se muestran figuras y tablas donde se presentan diferentes factores de seguridad para los cinco métodos de análisis obtenidos mediante el software Slide 6.0.

Talud N° 01

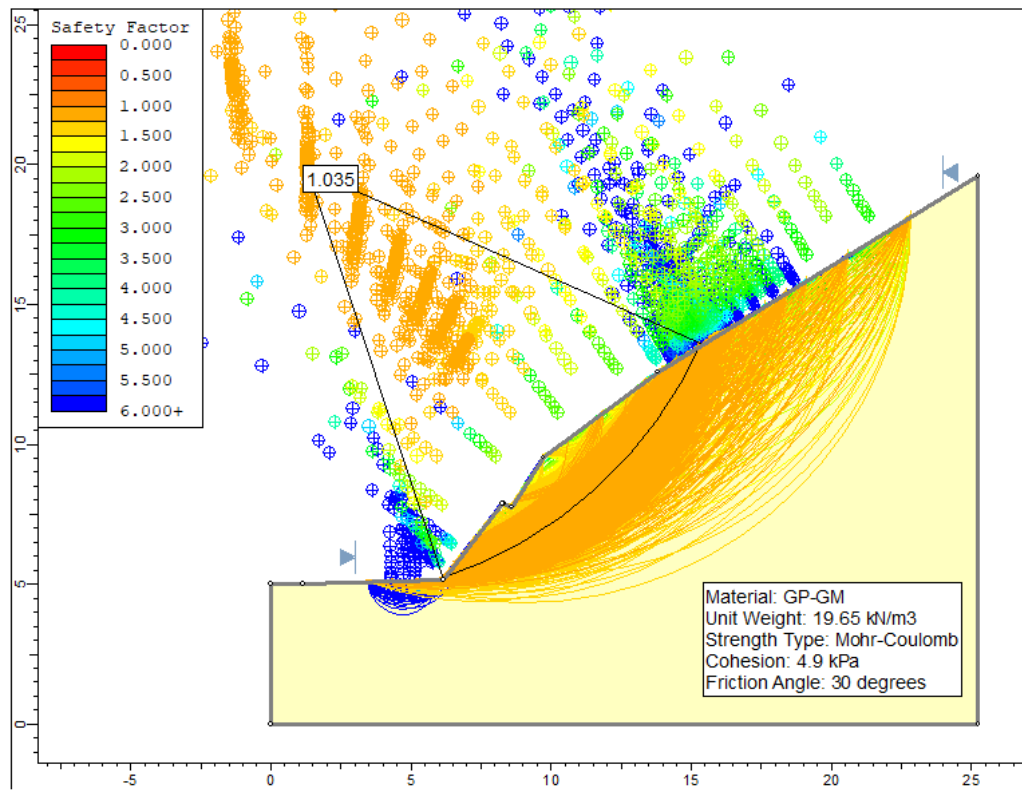


Figura 9. Análisis del comportamiento estático del tramo 1 sin refuerzo

Fuente: Elaboración propia

En la figura 9 se observa la delimitación del área de deslizamiento y la resultante de la zona crítica. El análisis se llevó a cabo mediante superficies de fallas circulares, donde se muestra que gran parte del talud es inestable de acuerdo a la leyenda de los factores de seguridad.

Tabla 18. FS estáticos para las secciones del tramo 1 sin refuerzo

	Pendiente (%)	Ordinary / fellenius	Bishop simplified	Janbu	Spencer	Morgenstern-Price
Secc A-A	55.21%	0.991	1.023	1.032	1.019	1.017
Secc B-B	57.97%	1.004	1.035	1.047	1.029	1.030
Secc C-C	70.95%	0.986	1.019	1.032	1.019	1.017
Secc D-D	67.30%	0.930	0.959	0.969	0.955	0.954

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 18 se muestra el resultado de los factores de seguridad para las cuatro secciones transversales pertenecientes al tramo 1, en función a los cinco métodos trabajados; obteniendo factores que oscilan entre 0.930 y 1.047.

Tabla 19. Verificación de estabilidad estática del tramo 1

Factor de Seguridad			
FS prom		FS Norma	Verificación
1.017	<	1.5	<b>INESTABLE</b>
1.029	<	1.5	<b>INESTABLE</b>
1.015	<	1.5	<b>INESTABLE</b>
0.953	<	1.5	<b>INESTABLE</b>

Fuente: Elaboración propia

La tabla 19 presenta los factores de seguridad promedio de cada sección transversal, de los cuales se observa que están por debajo de lo establecido. A raíz de esto, se obtuvo un FS global de 1.003 en el talud 1, promediando todos los factores de seguridad de las secciones. De acuerdo al FS global se definió como un talud inestable y/o no aceptable debido a que este valor es menor a lo establecido por la Norma CE.020, el cual indica que debe ser como mínimo de 1.5.

Talud N° 02:

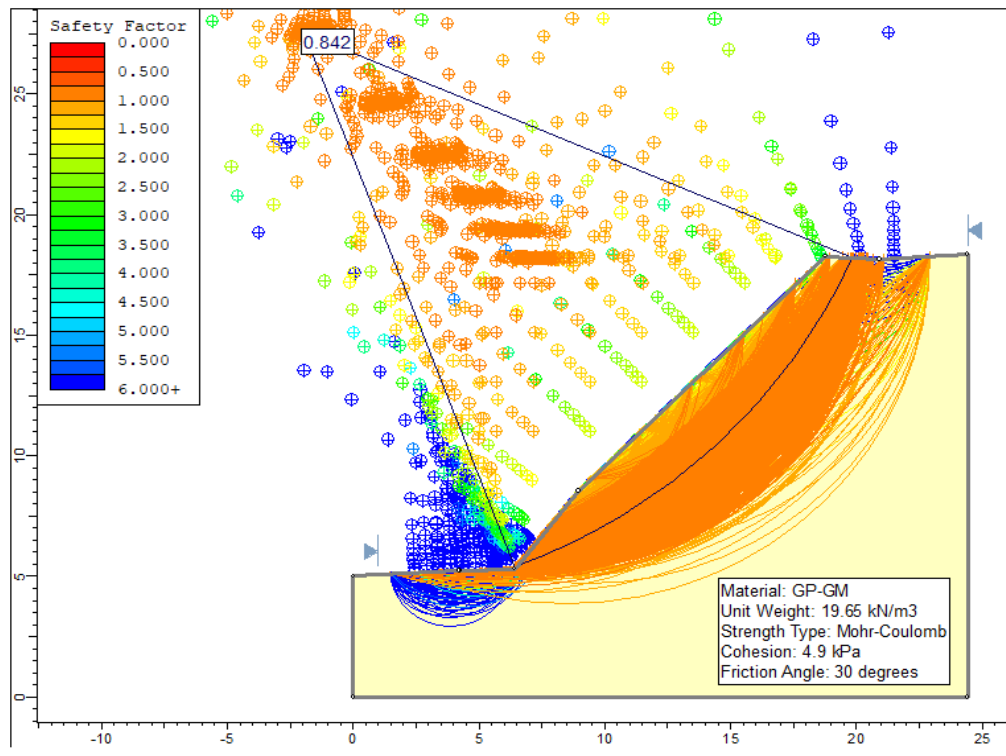


Figura 10. Análisis del comportamiento estático del tamo 2 sin refuerzo

Fuente: Elaboración propia

Tabla 20. FS estáticos para las secciones del tramo 2 sin refuerzo

	Pendiente (%)	Ordinary / fellenius	Bishop simplified	Janbu	Spencer	Morgenstern-Price
Secc A-A	55.21%	0.913	0.964	0.954	0.956	0.956
Secc B-B	57.97%	0.842	0.876	0.874	0.869	0.869
Secc C-C	70.95%	0.843	0.876	0.875	0.870	0.870
Secc D-D	67.30%	0.753	0.793	0.785	0.786	0.785

Fuente: Elaboración propia

Tabla 21. Verificación de estabilidad estático del tramo 2

Factor de Seguridad			
FS prom		FS Norma	Verificación
0.949	<	1.5	INESTABLE
0.866	<	1.5	INESTABLE
0.867	<	1.5	INESTABLE
0.780	<	1.5	INESTABLE

Fuente: Elaboración propia

En el tramo 2 se obtuvo un FS global de 0.866, catalogándolo como no aceptable debido a que este valor es menor a lo establecido por la Norma.

## Talud N° 03

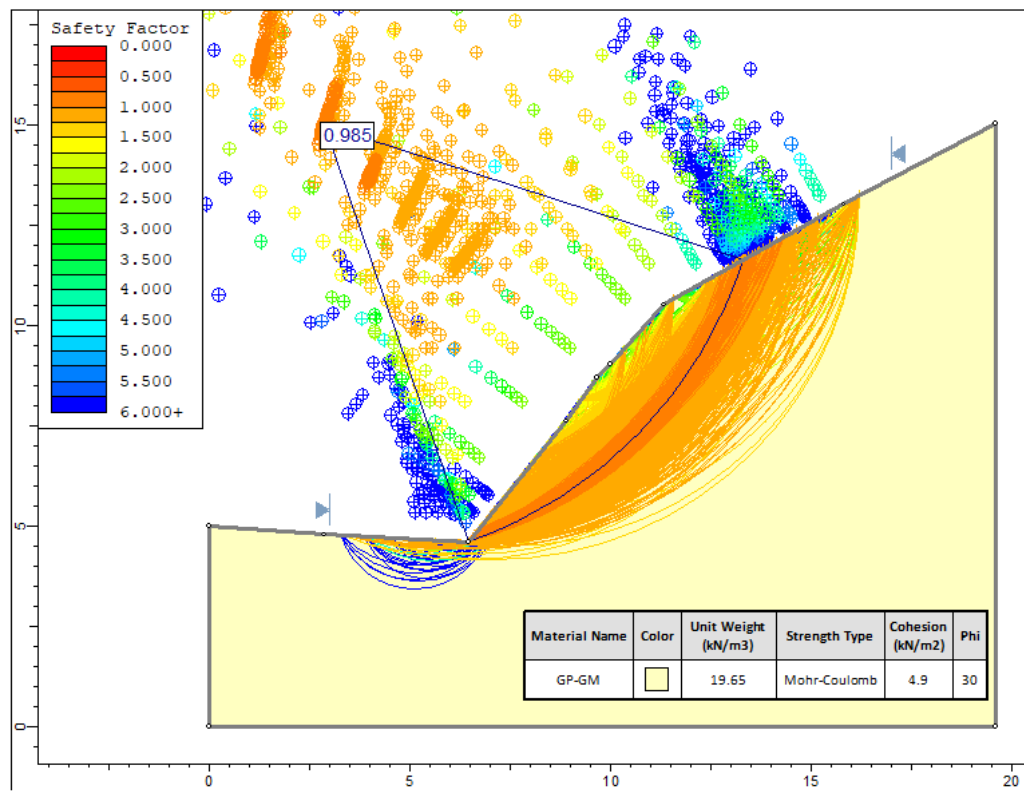


Figura 11. Análisis del comportamiento estático del tamo 3 sin refuerzo

Fuente: elaboración propia

Tabla 22. FS estáticos para las secciones del tramo 3 sin refuerzo

	Pendiente (%)	Ordinary / fellenius	Bishop simplified	Janbu	Spencer	Morgenstern-Price
Secc A-A	75.08%	1.038	1.083	1.087	1.076	1.076
Secc B-B	61.89%	0.949	0.985	0.993	0.978	0.978
Secc C-C	64.46%	0.960	0.996	1.004	0.989	0.988

Fuente: Elaboración propia

Tabla 23. Verificación de estabilidad estática del tramo 3

Factor de Seguridad			
FS prom		FS Norma	Verificación
1.072	<	1.5	<b>INESTABLE</b>
0.976	<	1.5	<b>INESTABLE</b>
0.987	<	1.5	<b>INESTABLE</b>

Fuente: Elaboración propia

En el tramo 3 se obtuvo un FS global de 1.012, catalogándolo como no aceptable debido a que este valor es menor a lo establecido por la Norma.

## Talud N° 04

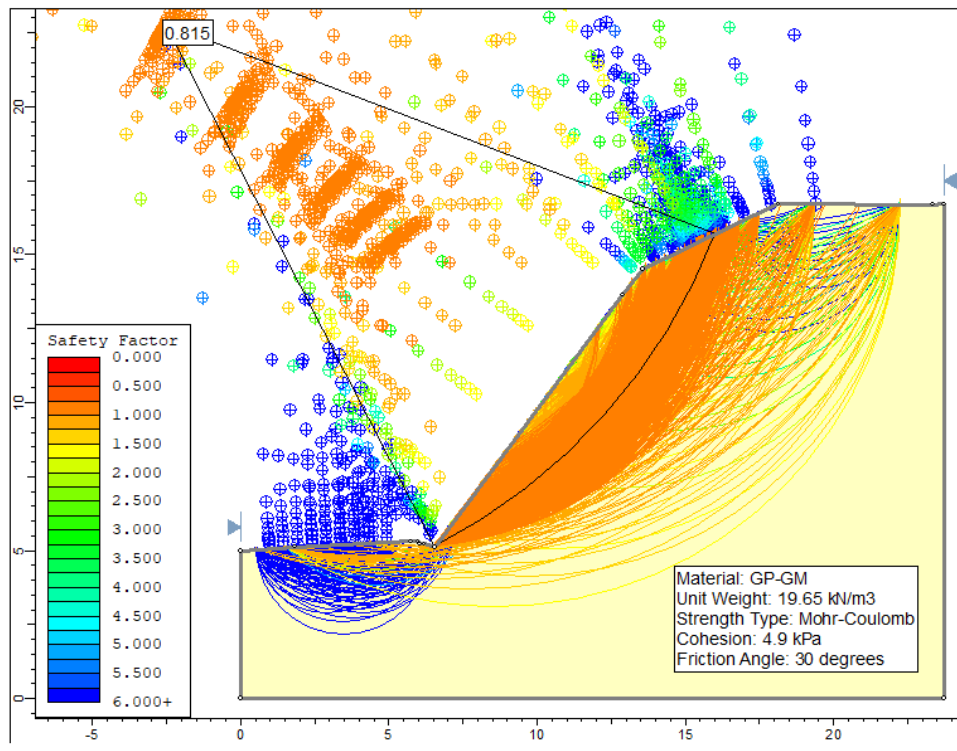


Figura 12. Análisis del comportamiento estático del tamo 4 sin refuerzo

Fuente: elaboración propia

Tabla 24. FS estáticos para las secciones del tramo 4 sin refuerzo

	Pendiente (%)	Ordinary / fellenius	Bishop simplified	Janbu	Spencer	Morgenstern-price
Secc A-A	27.46%	0.781	0.815	0.814	0.809	0.809
Secc B-B	35.06%	0.865	0.900	0.902	0.894	0.894
Secc C-C	60.34%	0.876	0.914	0.915	0.909	0.907

Fuente: Elaboración propia

Tabla 25. Verificación de estabilidad estática del tramo 4

Factor de Seguridad		
FS prom	FS Norma	Verificación
0.806	< 1.5	<b>INESTABLE</b>
0.891	< 1.5	<b>INESTABLE</b>
0.904	< 1.5	<b>INESTABLE</b>

Fuente: Elaboración propia

En el tramo 4 se obtuvo un FS global de 0.867, catalogándolo como no aceptable debido a que este valor es menor a lo establecido por la Norma.



## Talud N° 05

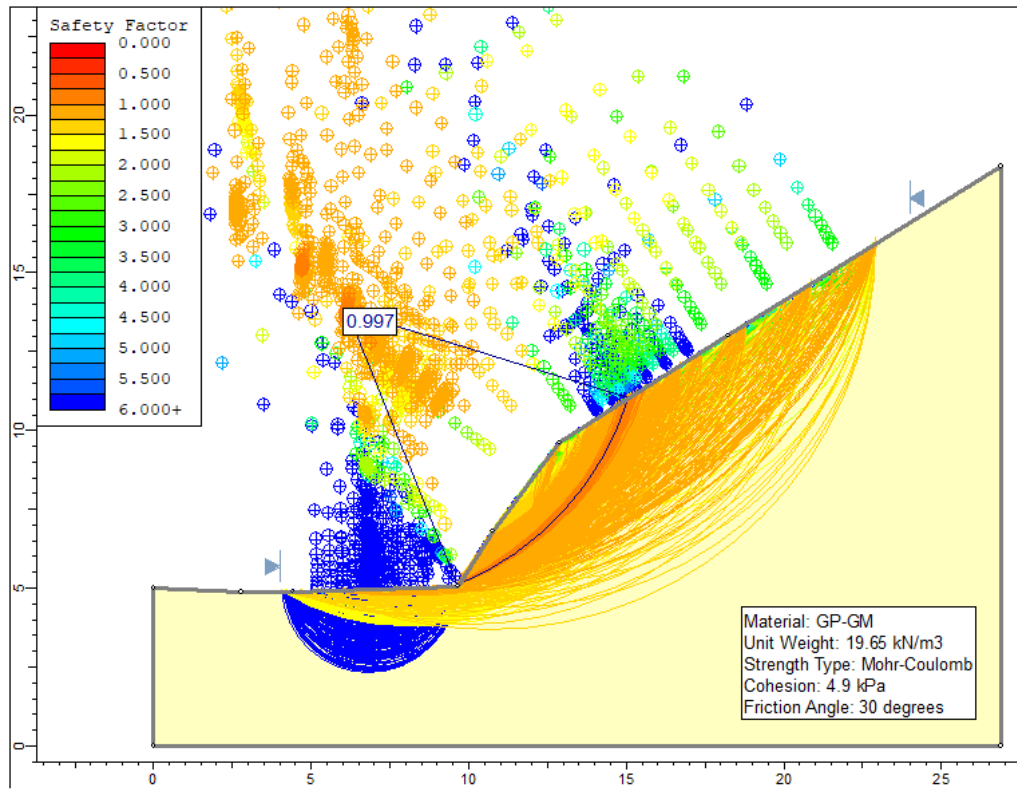


Figura 13. Análisis del comportamiento estático del talud 5 sin refuerzo

Fuente: elaboración propia

Tabla 26. FS estáticos para las secciones del talud 5 sin refuerzo

	Pendiente (%)	Ordinary / fellenius	Bishop simplified	Janbu	Spencer	Morgenstern-Price
Secc A-A	56.28%	0.988	1.012	1.043	1.009	1.011
Secc B-B	63.85%	0.871	0.884	0.913	0.879	0.880
Secc C-C	44.96%	0.971	0.997	1.017	0.992	0.991

Fuente: Elaboración propia

Tabla 27. Verificación de estabilidad estática del talud 5

Factor de Seguridad			
FS prom		FS Norma	Verificación
1.013	<	1.5	<b>INESTABLE</b>
0.885	<	1.5	<b>INESTABLE</b>
0.993	<	1.5	<b>INESTABLE</b>

Fuente: Elaboración propia

En el talud 5 se obtuvo un FS global de 0.964, catalogándolo como no aceptable debido a que este valor es menor a lo establecido por la Norma.

## Talud N° 06

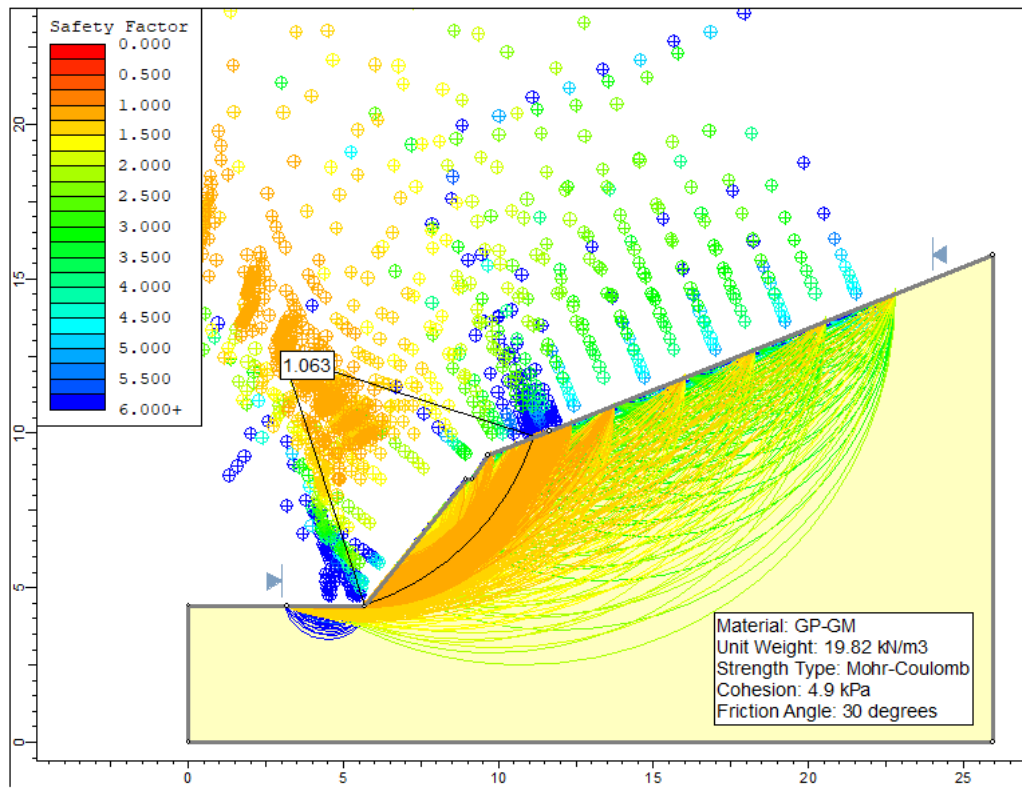


Figura 14. Análisis del comportamiento estático en el tamo 6 sin refuerzo

Fuente: elaboración propia

Tabla 28. FS estáticos para las secciones del tramo 6 sin refuerzo

	Pendiente (%)	Ordinary / fellenius	Bishop simplified	Janbu	Spencer	Morgenstern-Price
Secc A-A	51.92%	0.838	0.861	0.876	0.855	0.856
Secc B-B	48.96%	0.832	0.856	0.868	0.849	0.851
Secc C-C	47.80%	1.027	1.063	1.076	1.060	1.056
Secc D-D	34.78%	0.942	0.964	0.988	0.960	0.959

Fuente: Elaboración propia

Tabla 29. Verificación de estabilidad estática del tramo 6

Factor de Seguridad		
FS prom	FS Norma	Verificación
0.857	< 1.5	<b>INESTABLE</b>
0.851	< 1.5	<b>INESTABLE</b>
1.056	< 1.5	<b>INESTABLE</b>
0.963	< 1.5	<b>INESTABLE</b>

Fuente: Elaboración propia

En el tramo 6 se obtuvo un FS global de 0.932, catalogándolo como no aceptable debido a que este valor es menor a lo establecido por la Norma.

### Talud N° 07

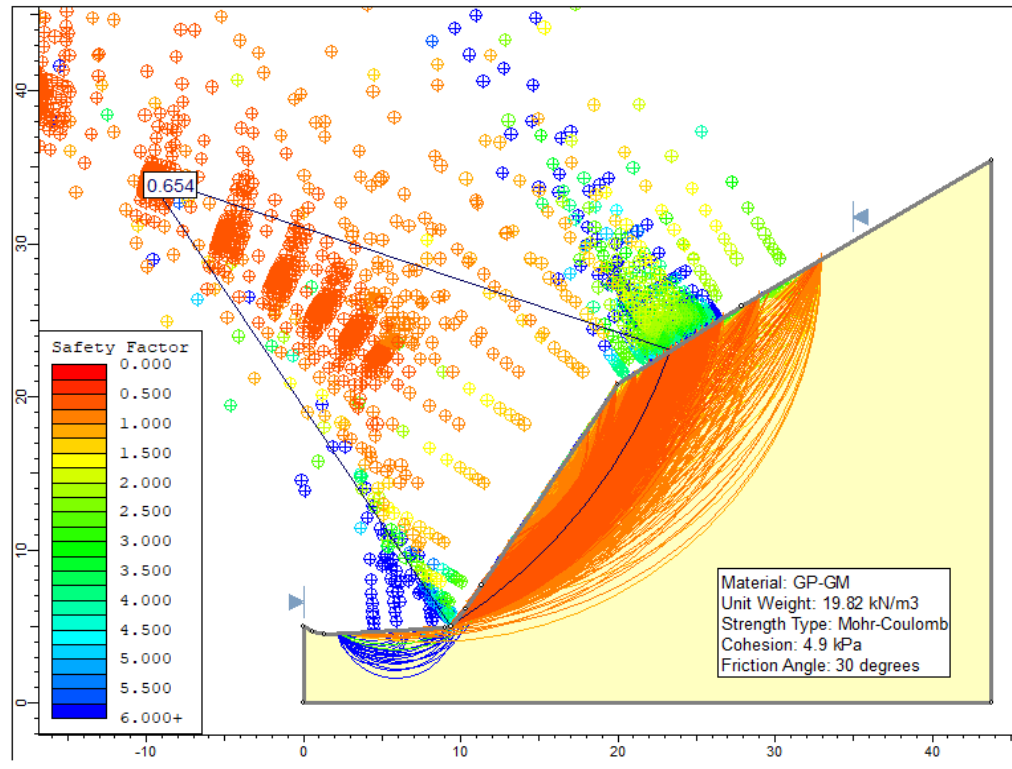


Figura 15. Análisis del comportamiento estático en el tamo 7 sin refuerzo

Fuente: elaboración propia

Tabla 30. FS estáticos para las secciones del tramo 7 sin refuerzo

	Pendiente (%)	Ordinary / fellenius	Bishop simplified	Janbu	Spencer	Morgenstern-price
Secc A-A	56.47%	0.833	0.869	0.869	0.863	0.863
Secc B-B	38.42%	0.716	0.749	0.746	0.744	0.743
Secc C-C	56.05%	0.629	0.654	0.653	0.650	0.651
Secc D-D	37.97%	0.662	0.693	0.688	0.688	0.686
Secc E-E	49.94%	0.767	0.802	0.799	0.796	0.795

Fuente: Elaboración propia

Tabla 31. Verificación de estabilidad estática del tramo 7

Factor de Seguridad			
FS prom		FS Norma	Verificación
0.859	<	1.5	<b>INESTABLE</b>
0.739	<	1.5	<b>INESTABLE</b>
0.647	<	1.5	<b>INESTABLE</b>
0.683	<	1.5	<b>INESTABLE</b>
0.792	<	1.5	<b>INESTABLE</b>

Fuente: Elaboración propia

En el tramo 7 se obtuvo un FS global de 0.732, catalogándolo como no aceptable debido a que este valor es menor a lo establecido por la Norma.

#### 4.8.2. Análisis Pseudoestático sin Refuerzo

Se ejecutó el análisis dinámico de acuerdo a la zonificación sísmica según la NTP, Diseño Sismorresistente E030 y las solicitaciones sísmicas que se producen en ella según las recomendaciones de Marcuson y Franklin (1983). La obtención de estas fuerzas se detalla en el ítem 4.5.2 de esta investigación, donde se da a conocer que la fuerza sísmica horizontal es de 0.18g y la vertical de 0.12g.

La evaluación de los factores de seguridad se rigió bajo los criterios de la NTP CE.020, específicamente en el capítulo 7.1.1, el cual detalla que los factores mínimos ante solicitaciones sísmicas deben ser de 1.25.

Talud N° 01

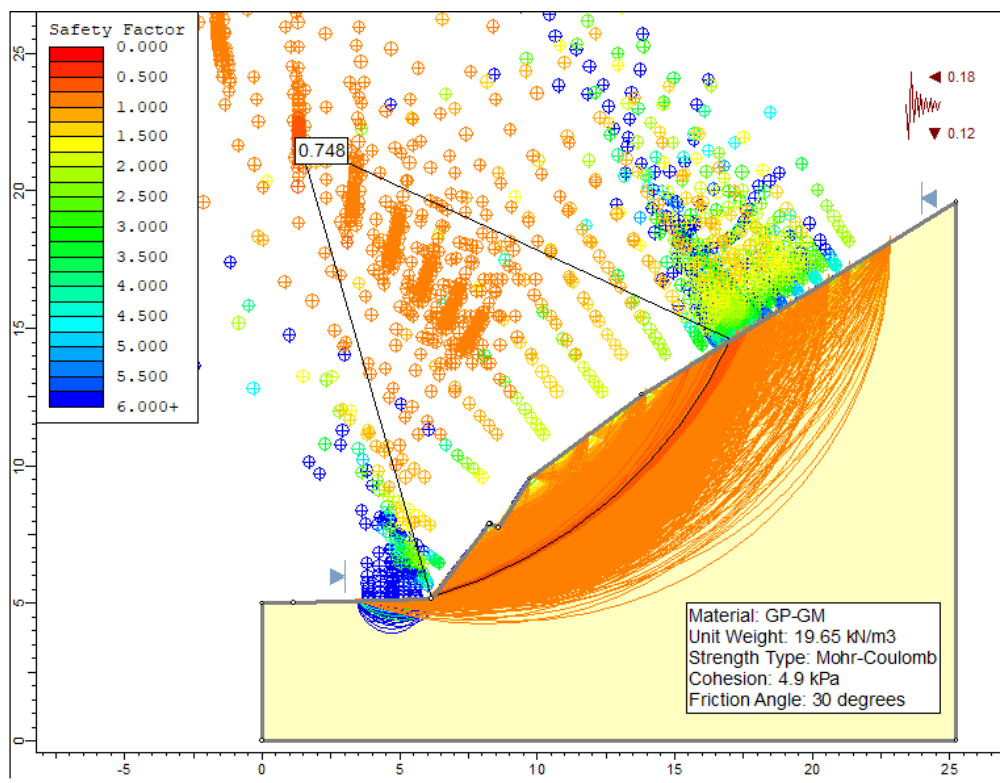


Figura 16. Análisis del comportamiento pseudoestático del tamo 1 sin refuerzo

Fuente: elaboración propia

En la figura 10 se observa la delimitación del área de deslizamiento y la zona crítica ante solicitaciones sísmicas. El análisis se llevó a cabo mediante superficies de fallas circulares al igual que el primer análisis, donde se muestra que el factor de seguridad reduce hasta en un 25% en comparación del análisis estático. Definiendo así que las fuerzas sísmicas

son de gran consideración ante un diseño de estabilidad de taludes, ya que estas aumentan la probabilidad de un deslizamiento en la zona crítica del tramo.

Tabla 32. FS Pseudoestáticos para las secciones del tramo 1 sin refuerzo

	Pendiente (%)	Ordinary / fellenius	Bishop simplified	Janbu	Spencer	Morgenstern-price
Secc A-A	55.21%	0.734	0.764	0.759	0.762	0.760
Secc B-B	57.97%	0.748	0.776	0.772	0.772	0.772
Secc C-C	70.95%	0.736	0.768	0.761	0.765	0.765
Secc D-D	67.30%	0.693	0.720	0.715	0.716	0.716

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 29 se muestra el resultado de los factores de seguridad para las cuatro secciones transversales pertenecientes al tramo 1, donde estos están sometidos a sollicitaciones sísmicas. La obtención de los factores se trabajó en función a los cinco métodos trabajados; adquiriendo valores mínimos y máximos que oscilan entre 0.693 y 0.776.

Tabla 33. Verificación de estabilidad pseudoestática del tramo 1

Factor de Seguridad			
FS prom		FS Norma	Verificación
0.756	<	1.25	<b>INESTABLE</b>
0.768	<	1.25	<b>INESTABLE</b>
0.759	<	1.25	<b>INESTABLE</b>
0.712	<	1.25	<b>INESTABLE</b>

Fuente: Elaboración propia

La tabla 30 presenta los factores de seguridad promedio de cada sección transversal con presencia de fuerzas sísmicas, de los cuales se observan valores que están por debajo de lo reglamentado. A raíz de esto, se obtuvo un FS global de 0.749 en el tramo 1, promediando todos los factores de seguridad obtenidos de las secciones. De acuerdo a esto se catalogó que el FS global es un talud inestable y/o no aceptable debido a que este valor es menor a lo establecido por la Norma CE.020, el cual indica que debe ser como mínimo de 1.25.

## Talud N° 02

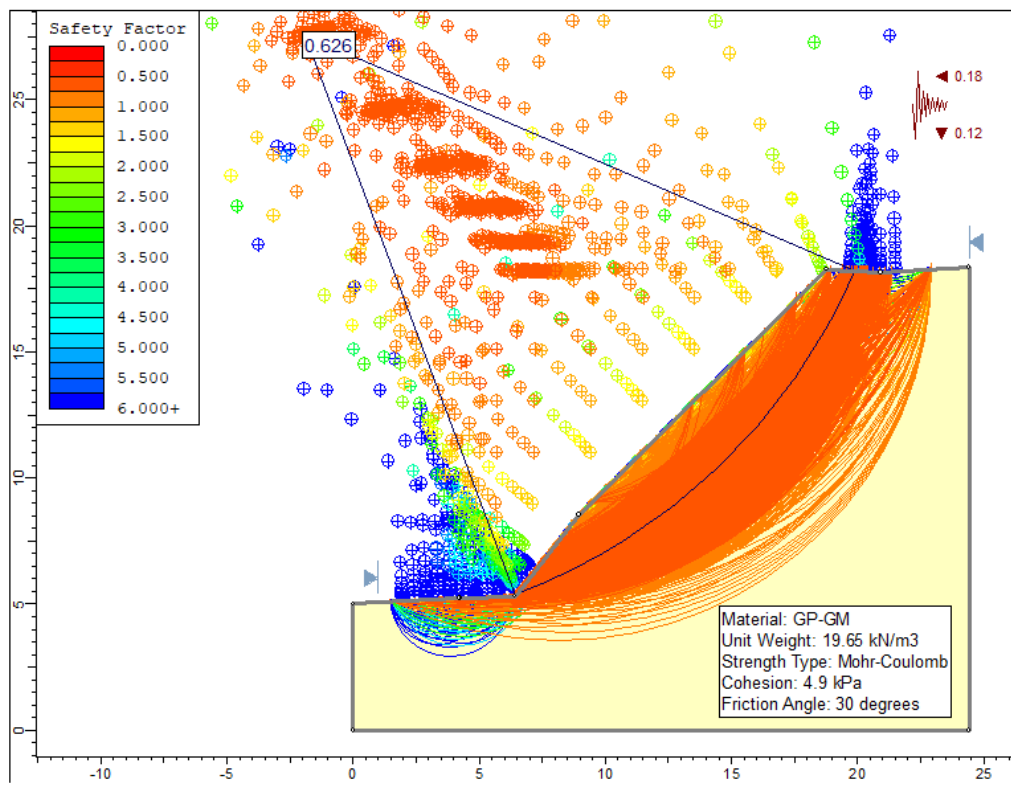


Figura 17. Análisis del comportamiento pseudoestático del tamo 2 sin refuerzo

Fuente: elaboración propia

Tabla 34. FS Pseudoestáticos para las secciones del tramo 2 sin refuerzo

	Pendiente (%)	Ordinary / fellenius	Bishop simplified	Janbu	Spencer	Morgenstern-price
Secc A-A	42.92%	0.682	0.729	0.709	0.728	0.728
Secc B-B	39.29%	0.626	0.660	0.647	0.656	0.655
Secc C-C	48.67%	0.625	0.659	0.647	0.654	0.656
Secc D-D	35.23%	0.561	0.594	0.581	0.595	0.594

Fuente: Elaboración propia

Tabla 35. Verificación de estabilidad pseudoestática del tramo 2

Factor de Seguridad		
FS prom	FS Norma	Verificación
0.715	< 1.25	<b>INESTABLE</b>
0.649	< 1.25	<b>INESTABLE</b>
0.648	< 1.25	<b>INESTABLE</b>
0.585	< 1.25	<b>INESTABLE</b>

Fuente: Elaboración propia

En el tramo 2 se obtuvo un FS global de 0.649, catalogándolo como no aceptable debido a que este valor es menor a lo establecido por la Norma.

## Talud N° 03

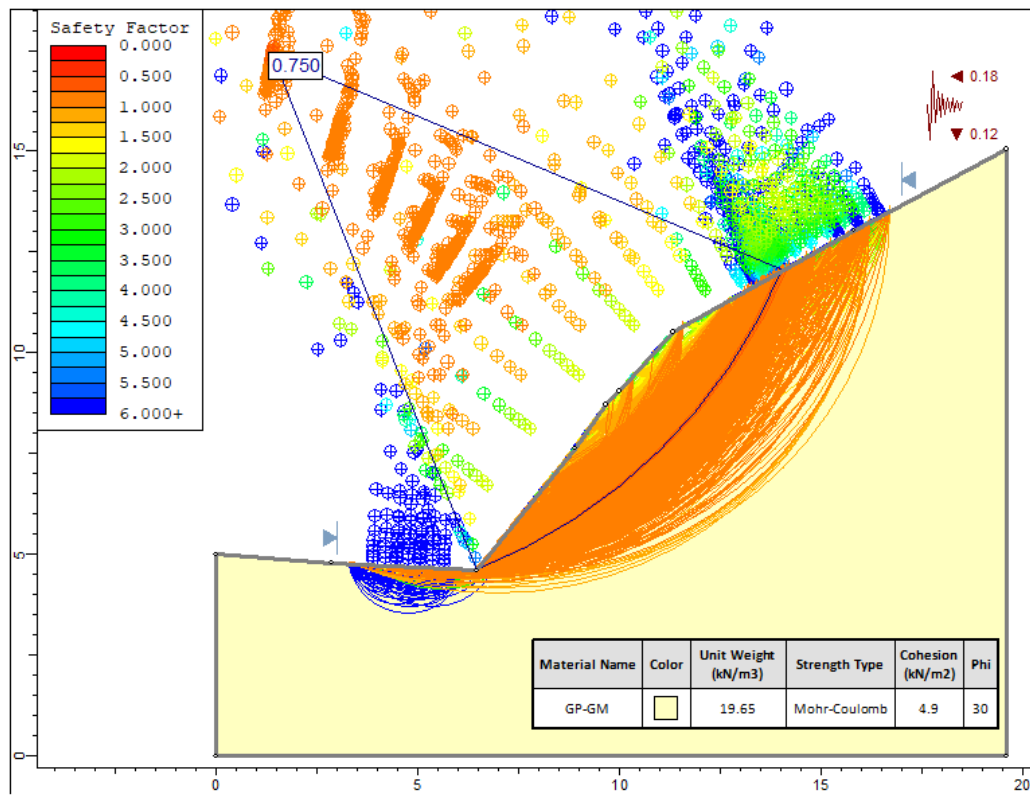


Figura 18. Análisis del comportamiento pseudoestático del tamo 3 sin refuerzo

Fuente: elaboración propia

Tabla 36. FS Pseudoestáticos para las secciones del tramo 3 sin refuerzo

	Pendiente (%)	Ordinary / fellenius	Bishop simplified	Janbu	Spencer	Morgenstern-price
Secc A-A	75.08%	0.775	0.815	0.804	0.813	0.811
Secc B-B	61.89%	0.714	0.750	0.737	0.746	0.744
Secc C-C	64.46%	0.722	0.757	0.746	0.754	0.753

Fuente: Elaboración propia

Tabla 37. Verificación de estabilidad pseudoestática del tramo 3

Factor de Seguridad			
FS prom		FS Norma	Verificación
0.804	<	1.25	INESTABLE
0.738	<	1.25	INESTABLE
0.746	<	1.25	INESTABLE

Fuente: Elaboración propia

En el tramo 3 se obtuvo un FS global de 0.763, catalogándolo como no aceptable debido a que este valor es menor a lo establecido por la Norma.



## Talud N° 04

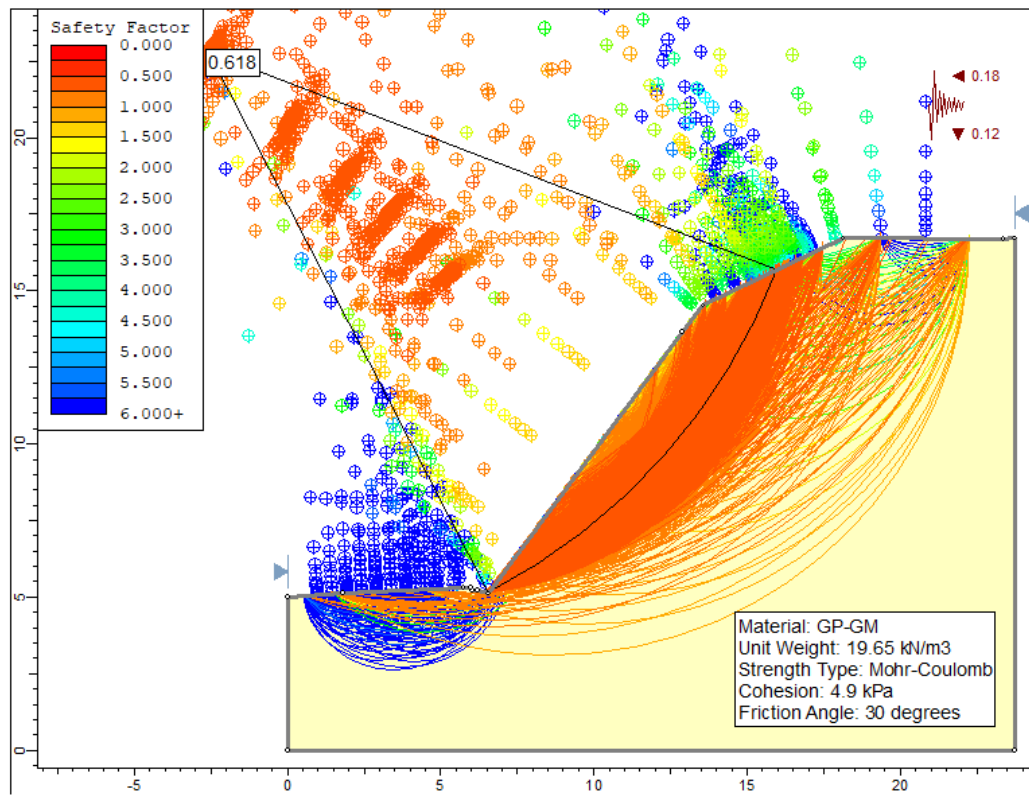


Figura 19. Análisis del comportamiento pseudoestático del tamo 4 sin refuerzo

Fuente: elaboración propia

Tabla 38. FS Pseudoestáticos para las secciones del tramo 4 sin refuerzo

	Pendiente (%)	Ordinary / fellenius	Bishop simplified	Janbu	Spencer	Morgenstern-price
Secc A-A	27.46%	0.587	0.618	0.606	0.617	0.617
Secc B-B	35.06%	0.645	0.675	0.666	0.671	0.671
Secc C-C	60.34%	0.653	0.686	0.676	0.683	0.682

Fuente: Elaboración propia

Tabla 39. Verificación de estabilidad pseudoestática del tramo 4

Factor de Seguridad			Verificación
FS prom	<	FS Norma	
0.609	<	1.25	<b>INESTABLE</b>
0.666	<	1.25	<b>INESTABLE</b>
0.676	<	1.25	<b>INESTABLE</b>

Fuente: Elaboración propia

En el tramo 4 se obtuvo un FS global de 0.650, catalogándolo como no aceptable debido a que este valor es menor a lo establecido por la Norma.



## Talud N° 05

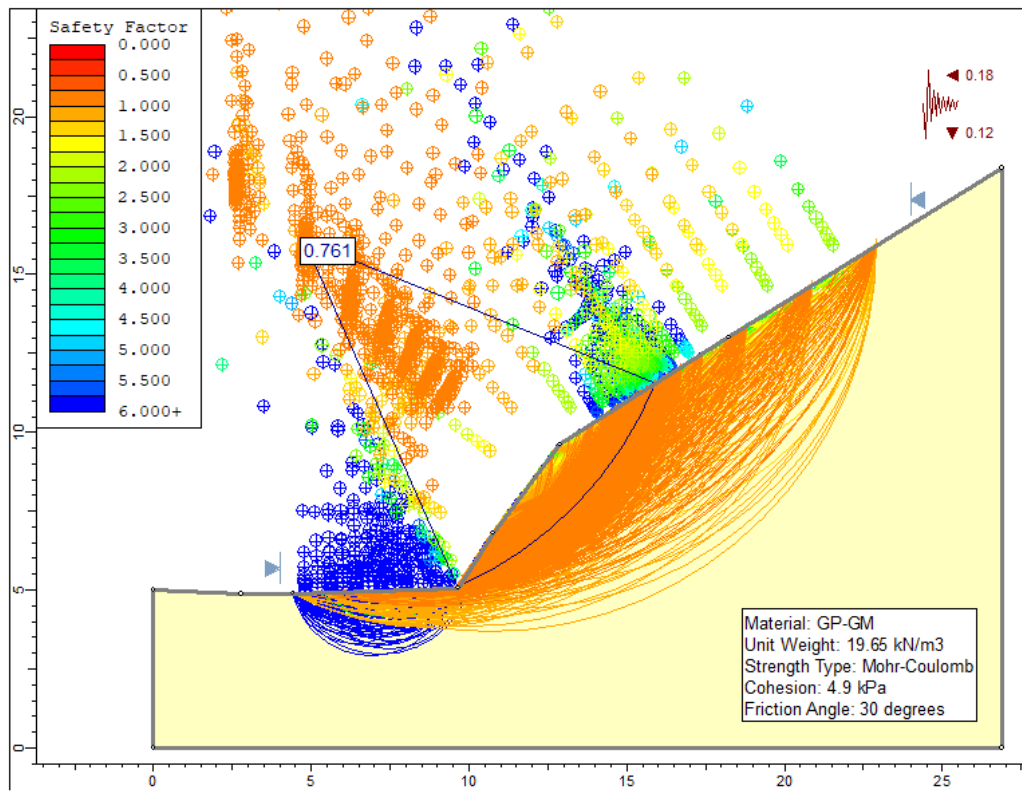


Figura 20. Análisis del comportamiento pseudoestático del tamo 5 sin refuerzo  
Fuente: elaboración propia

Tabla 40. FS Pseudoestáticos para las secciones del tramo 5 sin refuerzo

	Pendiente (%)	Ordinary / fellenius	Bishop simplified	Janbu	Spencer	Morgenstern-price
Secc A-A	56.28%	0.754	0.786	0.776	0.797	0.781
Secc B-B	63.85%	0.662	0.685	0.680	0.702	0.680
Secc C-C	44.96%	0.733	0.761	0.755	0.759	0.756

Fuente: Elaboración propia

Tabla 41. Verificación de estabilidad pseudoestática del tramo 5

Factor de Seguridad			Verificación
FS prom	<	FS Norma	
0.779	<	1.25	<b>INESTABLE</b>
0.682	<	1.25	<b>INESTABLE</b>
0.753	<	1.25	<b>INESTABLE</b>

Fuente: Elaboración propia

En el tramo 5 se obtuvo un FS global de 0.738, catalogándolo como no aceptable debido a que este valor es menor a lo establecido por la Norma.

## Talud N° 06

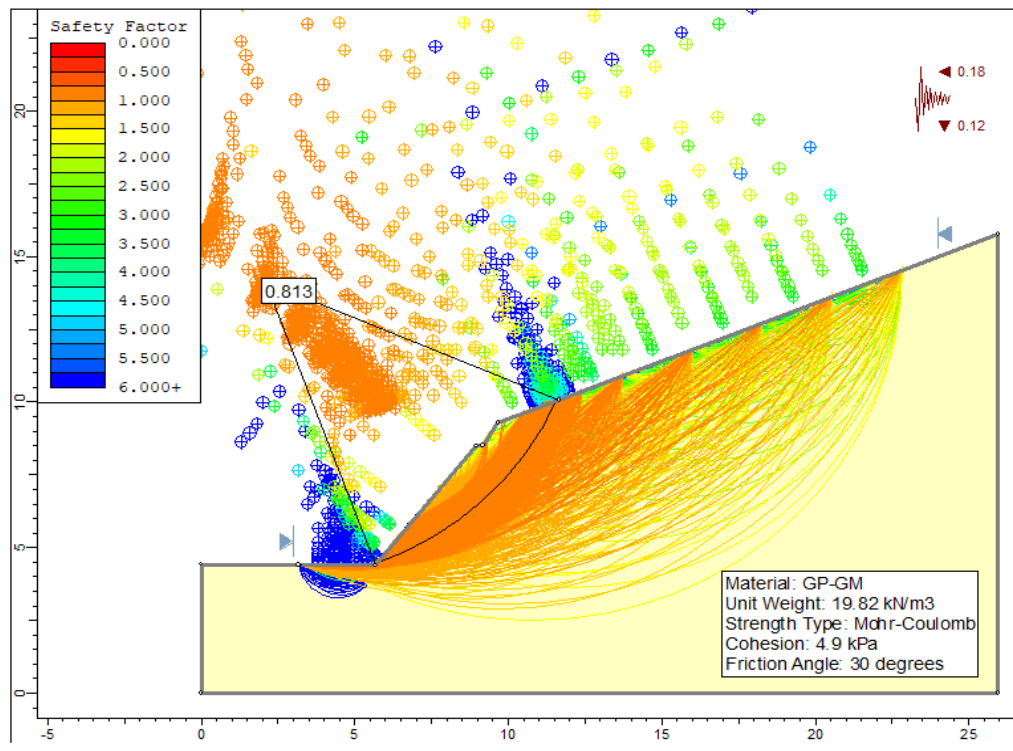


Figura 21. Análisis del comportamiento pseudoestático del tamo 6 sin refuerzo

Fuente: elaboración propia

Tabla 42. FS Pseudoestáticos para las secciones del tramo 6 sin refuerzo

	Pendiente (%)	Ordinary / fellenius	Bishop simplified	Janbu	Spencer	Morgenstern-price
Secc A-A	51.92%	0.636	0.666	0.653	0.668	0.660
Secc B-B	48.96%	0.630	0.662	0.647	0.658	0.655
Secc C-C	47.80%	0.775	0.813	0.800	0.810	0.808
Secc D-D	34.78%	0.717	0.753	0.738	0.765	0.749

Fuente: Elaboración propia

Tabla 43. Verificación de estabilidad pseudoestática del tramo 6

Factor de Seguridad			
FS prom	<	FS Norma	Verificación
0.657	<	1.25	INESTABLE
0.650	<	1.25	INESTABLE
0.801	<	1.25	INESTABLE
0.744	<	1.25	INESTABLE

Fuente: Elaboración propia

En el tramo 6 se obtuvo un FS global de 0.713, catalogándolo como no aceptable debido a que este valor es menor a lo establecido por la Norma.

## Talud N° 07

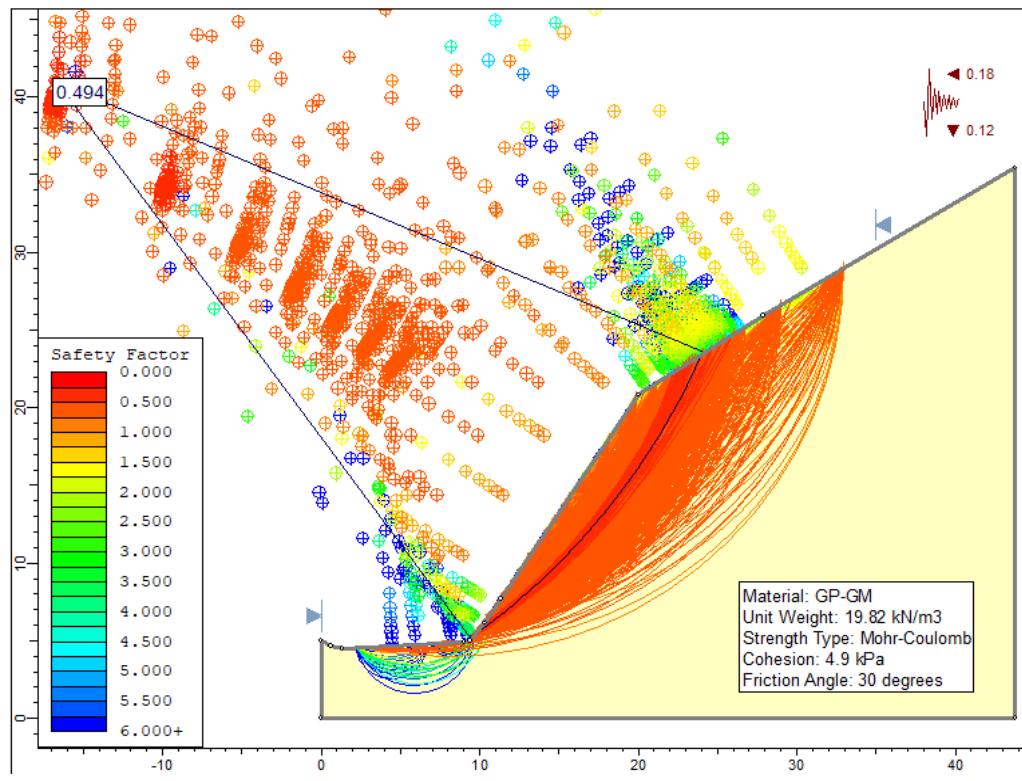


Figura 22. Análisis del comportamiento pseudoestático del tamo 7 sin refuerzo

Fuente: elaboración propia

Tabla 44. FS Pseudoestáticos para las secciones del tramo 7 sin refuerzo

	Pendiente (%)	Ordinary / fellenius	Bishop simplified	Janbu	Spencer	Morgenstern-price
Secc A-A	56.47%	0.624	0.662	0.646	0.658	0.658
Secc B-B	38.42%	0.533	0.565	0.552	0.561	0.562
Secc C-C	56.05%	0.465	0.494	0.480	0.491	0.490
Secc D-D	37.97%	0.491	0.519	0.507	0.518	0.517
Secc E-E	49.94%	0.575	0.607	0.594	0.605	0.604

Fuente: Elaboración propia

Tabla 45. Verificación de estabilidad pseudoestática del tramo 7

Factor de Seguridad			Verificación
FS prom	<	FS Norma	
0.649	<	1.25	<b>INESTABLE</b>
0.555	<	1.25	<b>INESTABLE</b>
0.484	<	1.25	<b>INESTABLE</b>
0.511	<	1.25	<b>INESTABLE</b>
0.597	<	1.25	<b>INESTABLE</b>

Fuente: Elaboración propia

En el tramo 7 se obtuvo un FS global de 0.550, catalogándolo como no aceptable debido a que este valor es menor a lo establecido por la Norma.

#### **4.8.3. Análisis Estático con Refuerzo**

En esta etapa se realizó un nuevo análisis estático teniendo en cuenta el perfilado y cortes necesarios para la colocación de los elementos de refuerzo, se aplicó el sistema de geomallas ancladas y en algunos tramos cumplió la función como refuerzo del suelo. La implementación de las geomallas fue variando según la estructura y limitaciones de los tramos críticos, clasificándose de la siguiente manera.

En el tramo 1, 3, 5 y 6 se encontró deficiencia en sus taludes laterales, es por ello que se aplicó el sistema de geomallas ancladas, las cuales cumplieron la función de estabilizar el talud y protegerlo ante eventos naturales, específicamente la erosión; estas mallas cuentan con orificios o celdas que permitieron la colocación de una capa de relleno produciendo así la vegetación en esa zona reforzada; por otro lado, los anclaje de bulones cumplieron la función de mantener estables a la malla y gran parte del terreno gracias a su alta resistencia.

Para los tramos 2 y 4, se llevó a cabo el sistema de refuerzo de suelos, el cual consistió en la intercalación de capas compactadas con material y aisladas por las geomallas, con el fin de ganar altura y obtener un compuesto resistente y calidad necesaria para mantener al talud estable ante solicitaciones sísmicas. Por último, el tramo 7 se aplicó un sistema mixto, el cual consistió en la aplicación de geomallas ancladas en la parte superior y suelos reforzados en la parte inferior del talud.

Se utilizó el sistema de Geomallas UNI-AXIAL PET GEOGRID (TITAN) de diferentes tipos, las cuales fueron variando según su resistencia y estas se dan a conocer a continuación: Para la protección de la cobertura del talud en los tramos 1,3,5 y 6 utilizó la Geomalla tipo TE-UX100PET, con una resistencia de 150kn/m. Por otro lado, para los tramos 2 y 4 se utilizó los tipos TE-UX150PET y TE-UX250PET, con una resistencia de 200kN/m y 300kN/m. De igual forma, para el tramo 7 se utilizaron los tipos TE-UX150PET y TE-UX250PET.

En casos especiales como en el tramo 2 y 4 se aplicó una sobrecarga vehicular. Debido a que estos taludes cuentan con presencia de la vía en la parte inferior y superior del talud, la sobrecarga se detalla en el ítem 4.6 de esta investigación, donde se estimó el peso de un vehículo tipo C3 con una carga de 17kN/ m<sup>2</sup>.

#### Talud N° 01: Reforzado

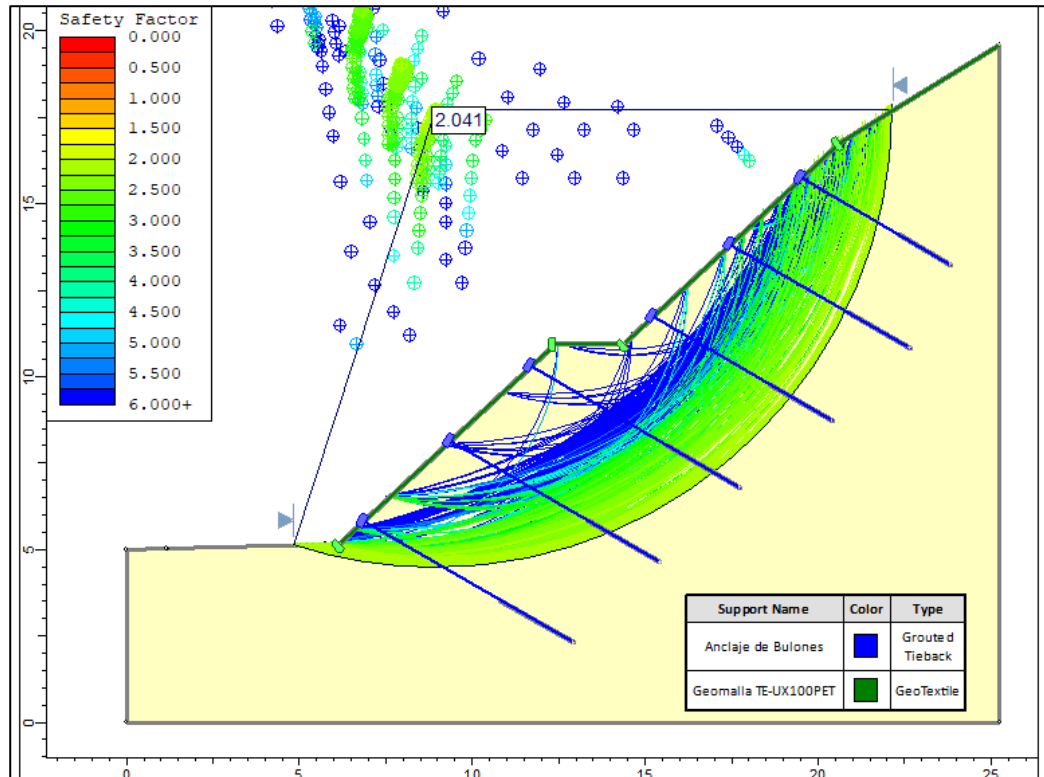


Figura 23. Análisis del comportamiento estático del talud 1 reforzado

Fuente: elaboración propia

En la figura 23 se observa la delimitación del área de deslizamiento y la aplicación de los refuerzos tales como la geomalla tipo TE-UX100PET y el anclaje de bulones. Además, se puede apreciar que el factor de seguridad global del talud aumentó en un aproximado del 90% con respecto al análisis estático sin refuerzo, mejorado significativamente y cumpliendo la función de estabilizar al talud.

Tabla 46. FS estáticos para las secciones del tramo 1 reforzado

	Pendiente (%)	Ordinary / fellenius	Bishop simplified	Janbu	Spencer	Morgenstern-price
Secc A-A	55.21%	1.868	2.103	1.907	2.393	2.076
Secc B-B	57.97%	1.809	2.041	1.874	2.227	2.018
Secc C-C	70.95%	1.810	2.077	1.818	2.106	2.044
Secc D-D	67.30%	1.802	1.722	1.786	2.007	2.029

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 46 se muestra el resultado de los factores de seguridad ante un análisis estático para las cuatro secciones transversales pertenecientes al tramo 1 reforzado. Se observa que los factores de los 5 métodos trabajados mejoraron a gran escala respecto al análisis sin refuerzos, lo que significa que estos sistemas son eficientes brindando calidad y seguridad.

El método con factores de seguridad más elevados es el de Spencer, con un factor máximo de 2.393. Por otro lado, en el método de Ordinary/fellenius se observan valores bajos, con un valor máximo de 1.869. Finalmente podemos apreciar que en todos los métodos cuentan con valores aceptables que oscilan entre 1.722 y 2.393.

Tabla 47. Verificación de estabilidad estática del tramo 1

Factor de Seguridad			Verificación
FS prom		FS Norma	
2.069	>	1.5	<b>ESTABLE</b>
1.994	>	1.5	<b>ESTABLE</b>
1.971	>	1.5	<b>ESTABLE</b>
1.869	>	1.5	<b>ESTABLE</b>

Fuente: Elaboración propia

La tabla 47 presenta los factores de seguridad promedio de cada sección transversal con presencia de fuerzas sísmicas, de los cuales se observan que estos valores sobrepasan a lo reglamentado. A raíz de esto, se promedió los Factores de Seguridad de las secciones, obteniendo un FS global de 1.976 en el tramo 1 reforzado. De acuerdo a esto se catalogó de que el FS global es un talud estable o aceptable debido a que este valor mayor a lo establecido por la Norma CE.020 de la NTP, el cual indica que debe ser como mínimo de 1.5.

## Talud N°02: Reforzado

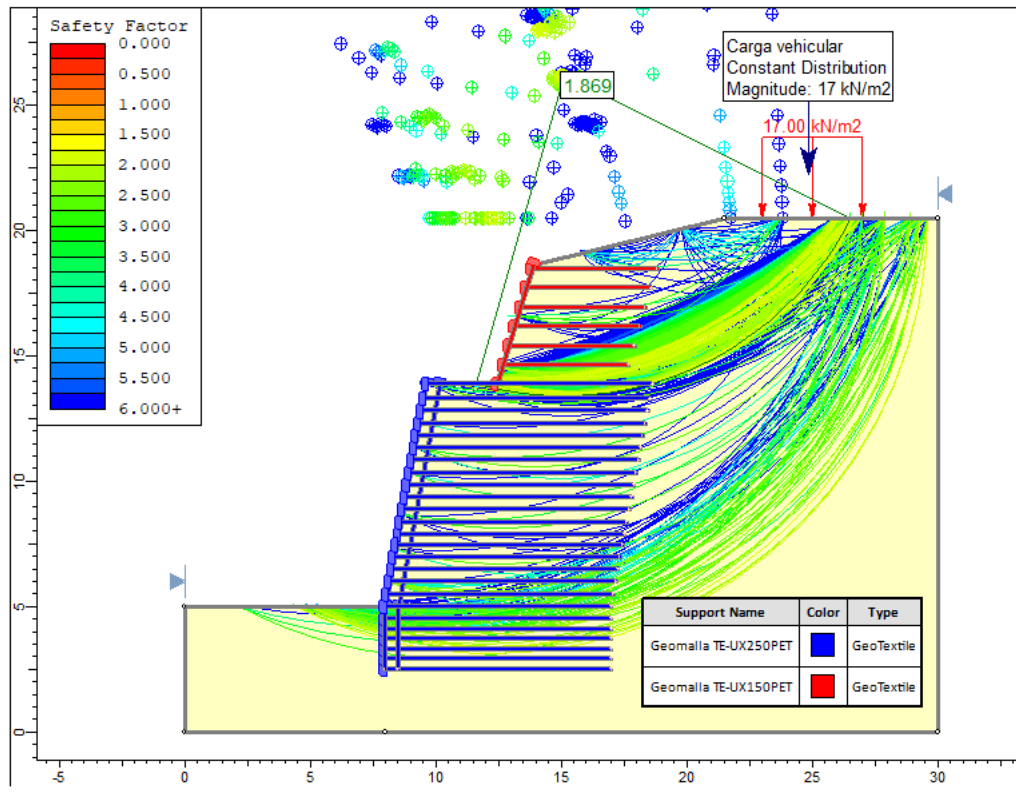


Figura 24. Análisis del comportamiento estático del tramo 2 reforzado

Fuente: elaboración propia

Tabla 48. FS estáticos para las secciones del tramo 2 reforzado

	Pendiente (%)	Ordinary / fellenius	Bishop simplified	Janbu	Spencer	Morgenstern-price
Secc A-A	42.92%	1.793	2.119	1.849	2.086	2.111
Secc B-B	39.29%	1.879	2.236	1.895	2.326	2.205
Secc C-C	48.67%	1.869	1.987	1.936	1.954	1.979
Secc D-D	35.23%	2.044	2.323	1.978	2.319	2.319

Fuente: Elaboración propia

Tabla 49. Verificación de estabilidad estática del tramo 2

Factor de Seguridad			Verificación
FS prom	>	FS Norma	
1.960	>	1.5	<b>ESTABLE</b>
2.108	>	1.5	<b>ESTABLE</b>
1.945	>	1.5	<b>ESTABLE</b>
2.196	>	1.5	<b>ESTABLE</b>

Fuente: Elaboración propia

En el tramo 2 se obtuvo un FS global de 2.060, catalogándolo como Estable debido a que este valor cumple a lo establecido por la NTP CE020.

### Talud N°03: Reforzado

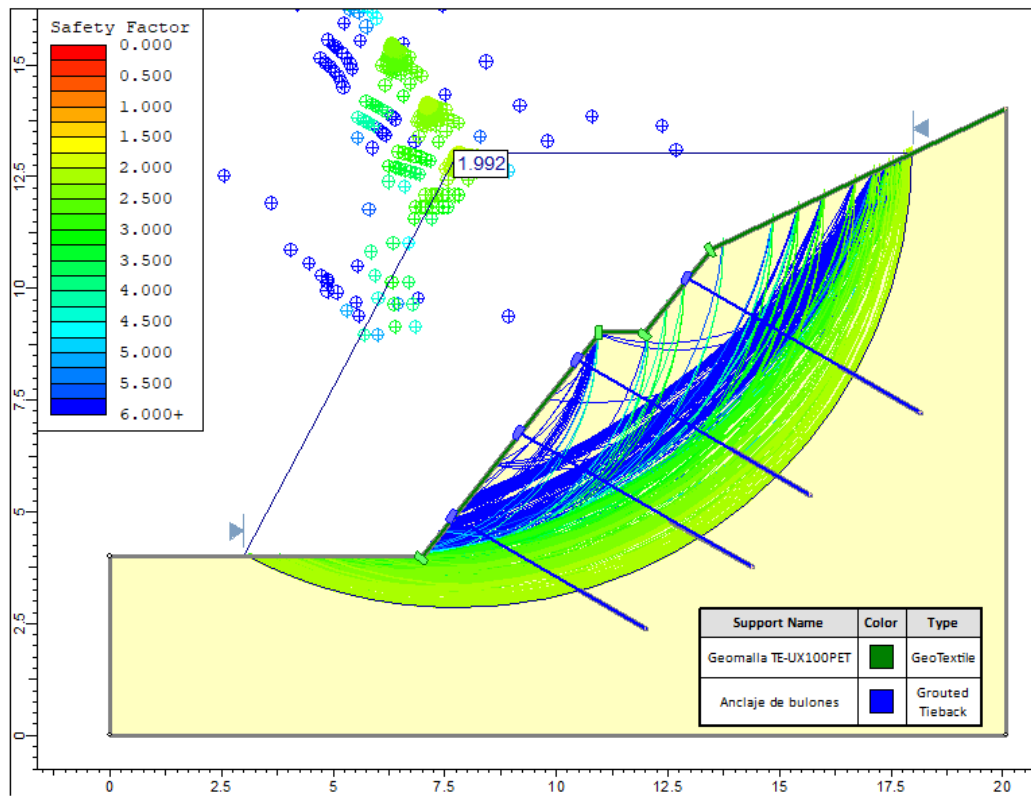


Figura 25. Análisis del comportamiento estático del tamo 3 reforzado

Fuente: elaboración propia

Tabla 50. FS estáticos para las secciones del tramo 3 reforzado

	Pendiente (%)	Ordinary / fellenius	Bishop simplified	Janbu	Spencer	Morgenstern-price
Secc A-A	75.08%	2.116	2.296	2.232	2.587	2.572
Secc B-B	61.89%	1.822	1.979	2.008	1.994	1.968
Secc C-C	64.46%	1.779	1.992	2.202	1.986	2.189

Fuente: Elaboración propia

Tabla 51. Verificación de estabilidad estática del tramo 3

Factor de Seguridad			
FS prom	>	FS Norma	Verificación
2.361	>	1.5	<b>ESTABLE</b>
1.954	>	1.5	<b>ESTABLE</b>
2.030	>	1.5	<b>ESTABLE</b>

Fuente: Elaboración propia

En el tramo 3 se obtuvo un FS global de 2.115, catalogándolo como Estable debido a que este valor cumple a lo establecido por la NTP CE020.



## Talud N° 04 Reforzado

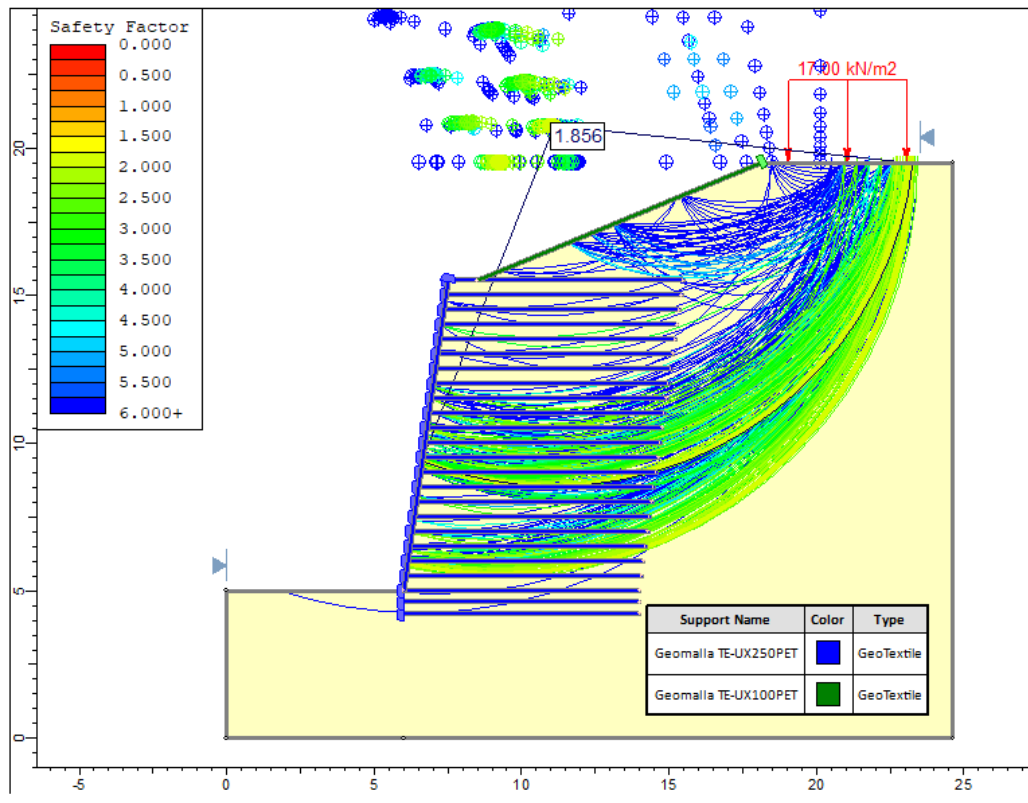


Figura 26. Análisis del comportamiento estático del tamo 4 reforzado

Fuente: elaboración propia

Tabla 52. FS estáticos para las secciones del tramo 4 reforzado

	Pendiente (%)	Ordinary / fellenius	Bishop simplified	Janbu	Spencer	Morgenstern-price
Secc A-A	27.46%	1.770	2.137	1.844	2.115	2.124
Secc B-B	35.06%	1.689	2.030	1.739	2.278	2.010
Secc C-C	60.34%	1.856	2.219	1.836	2.174	2.199

Fuente: Elaboración propia

Tabla 53. Verificación de estabilidad estática del tramo 4

Factor de Seguridad			Verificación
FS prom		FS Norma	
1.998	>	1.5	<b>ESTABLE</b>
1.949	>	1.5	<b>ESTABLE</b>
2.057	>	1.5	<b>ESTABLE</b>

Fuente: Elaboración propia

En el tramo 4 se obtuvo un FS global de 2.001, catalogándolo como Estable debido a que este valor cumple a lo establecido por la NTP CE020.

## Talud N° 05 Reforzado

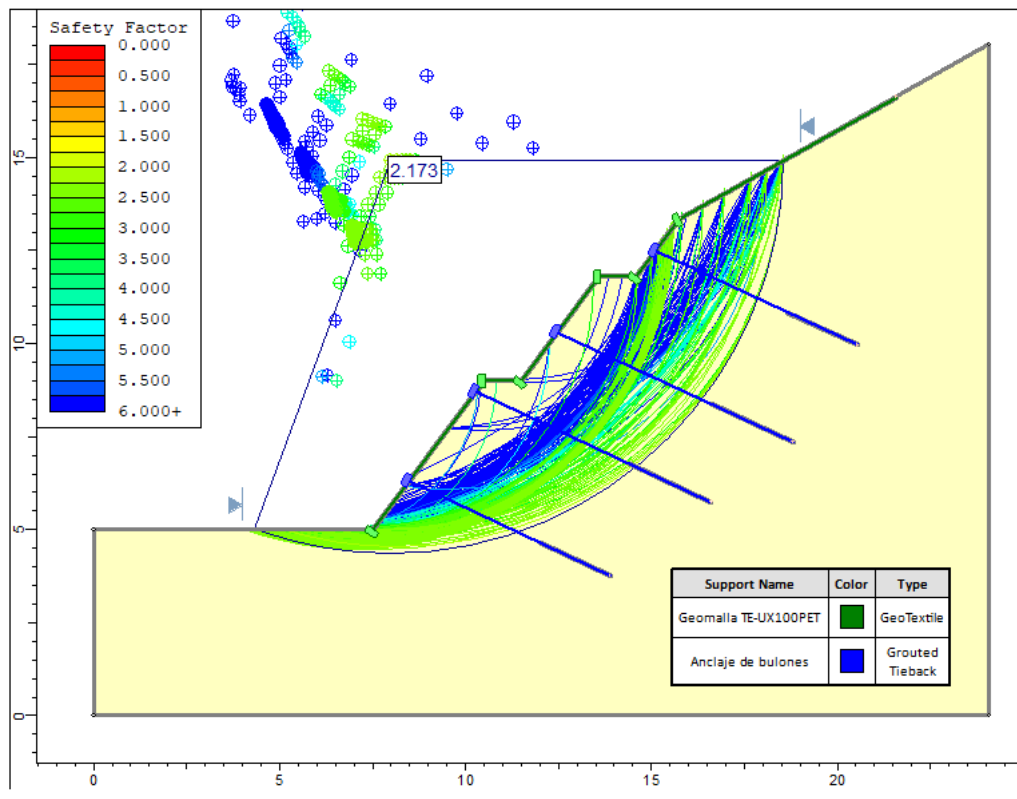


Figura 27. Análisis del comportamiento estático del talud 5 reforzado

Fuente: elaboración propia

Tabla 54. FS estáticos para las secciones del tramo 5 reforzado

	Pendiente (%)	Ordinary / fellenius	Bishop simplified	Janbu	Spencer	Morgenstern-price
Secc A-A	56.28%	1.620	1.837	1.723	1.908	1.830
Secc B-B	63.85%	2.004	2.173	2.211	2.329	2.331
Secc C-C	44.96%	1.992	1.783	2.187	2.196	2.193

Fuente: Elaboración propia

Tabla 55. Verificación de estabilidad estática del tramo 5

Factor de Seguridad			Verificación
FS prom	FS Norma		
1.784	> 1.5		<b>ESTABLE</b>
2.210	> 1.5		<b>ESTABLE</b>
2.070	> 1.5		<b>ESTABLE</b>

Fuente: Elaboración propia

En el tramo 5 se obtuvo un FS global de 2.021, catalogándolo como Estable debido a que este valor cumple a lo establecido por la NTP CE020.

## Talud N° 06 Reforzados

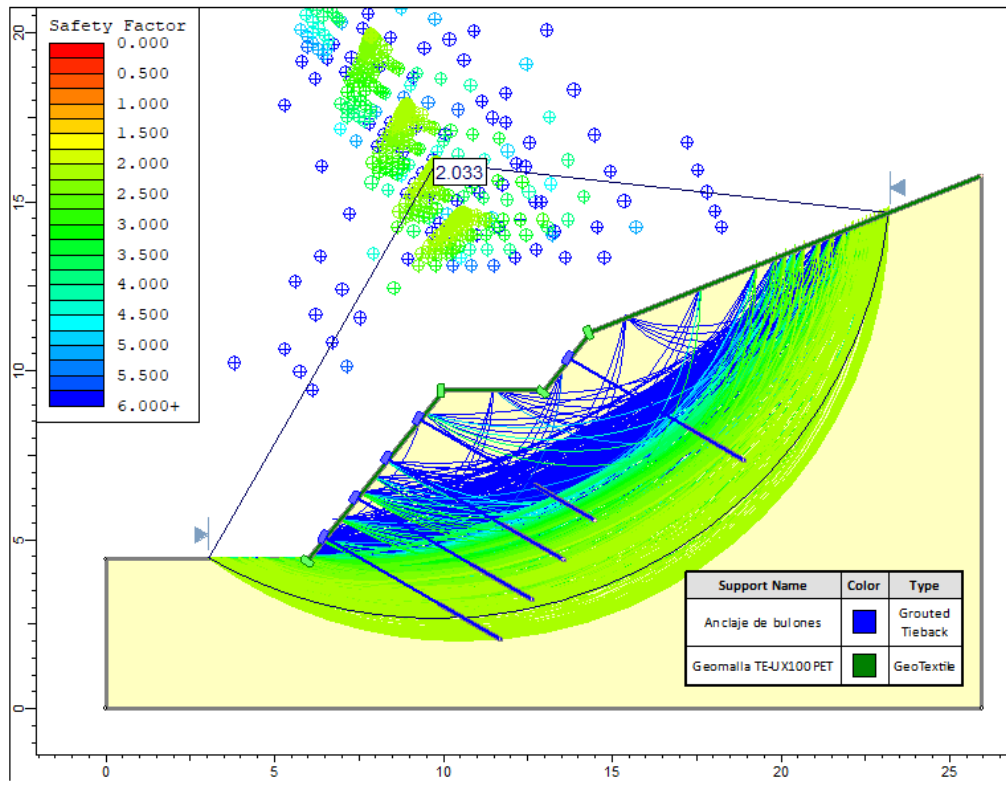


Figura 28. Análisis del comportamiento estático del tamo 6 reforzado

Fuente: elaboración propia

Tabla 56. FS estáticos para las secciones del tramo 6 reforzado

	Pendiente (%)	Ordinary / fellenius	Bishop simplified	Janbu	Spencer	Morgenstern-price
Secc A-A	51.92%	1.800	2.085	1.885	2.194	2.070
Secc B-B	48.96%	1.777	2.094	1.888	2.077	2.084
Secc C-C	47.80%	1.770	2.033	1.894	2.024	2.030
Secc D-D	34.78%	1.859	2.181	2.005	2.173	2.178

Fuente: Elaboración propia

Tabla 57. Verificación de estabilidad estática del tramo 6

Factor de Seguridad			Verificación
FS prom	>	FS Norma	
2.007	>	1.5	<b>ESTABLE</b>
1.984	>	1.5	<b>ESTABLE</b>
1.950	>	1.5	<b>ESTABLE</b>
2.079	>	1.5	<b>ESTABLE</b>

Fuente: Elaboración propia

En el tramo 6 se obtuvo un FS global de 2.005, catalogándolo como Estable debido a que este valor cumple a lo establecido por la NTP CE020.

Talud N° 07

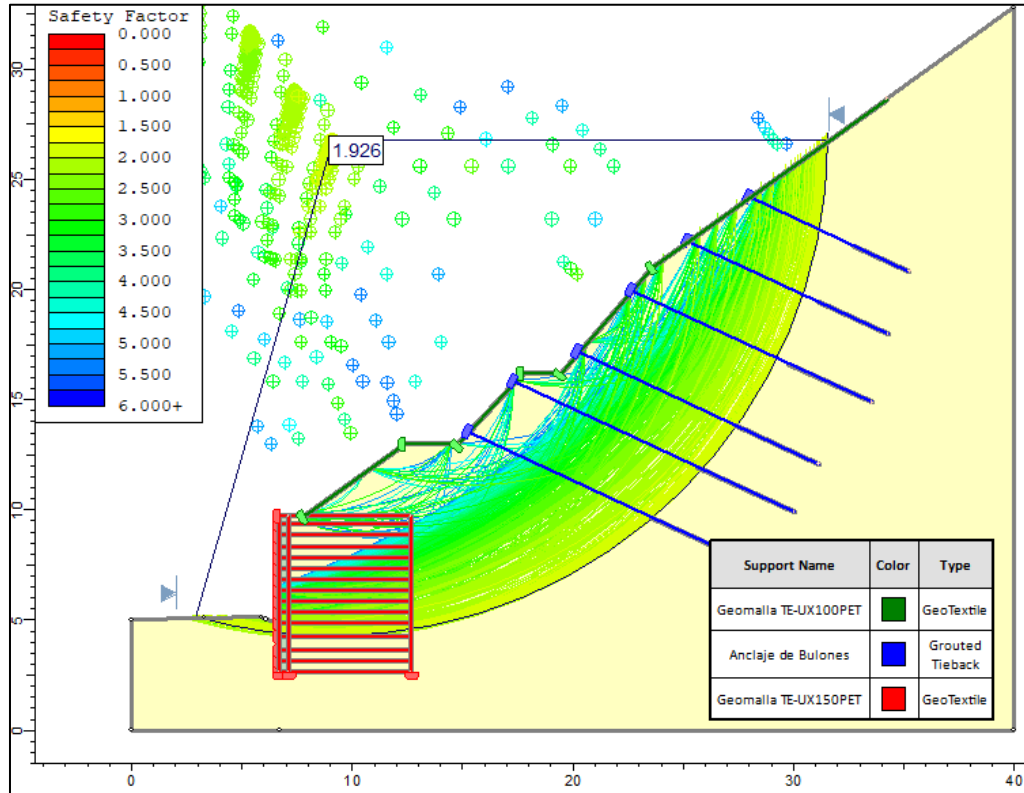


Figura 29. Análisis del comportamiento estático del talud 7 reforzado

Fuente: elaboración propia

Tabla 58. FS estáticos para las secciones del talud 7 reforzado

	Pendiente (%)	Ordinary / fellenius	Bishop simplified	Janbu	Spencer	Morgenstern-Price
Secc A-A	56.47%	1.629	1.439	1.844	1.996	1.995
Secc B-B	38.42%	1.818	2.065	1.848	2.188	2.037
Secc C-C	56.05%	1.837	1.961	1.926	1.950	1.933
Secc D-D	37.97%	1.964	2.142	2.045	2.146	2.150
Secc E-E	49.94%	1.798	1.990	1.802	1.943	1.960

Fuente: Elaboración propia

Tabla 59. Verificación de estabilidad estática del talud 7

Factor de Seguridad			Verificación
FS prom	>	FS Norma	
1.780	>	1.5	<b>ESTABLE</b>
1.991	>	1.5	<b>ESTABLE</b>
1.921	>	1.5	<b>ESTABLE</b>
2.089	>	1.5	<b>ESTABLE</b>
1.899	>	1.5	<b>ESTABLE</b>

Fuente: Elaboración propia

En el talud 7 se obtuvo un FS global de 1.946, catalogándolo como Estable debido a que este valor cumple a lo establecido por la NTP CE020.

#### 4.8.4. Análisis Pseudoestático con Refuerzo

La ejecución del análisis pseudoestático fue similar a las condiciones dinámicas del talud no reforzado, la diferencia más notable es que estas fuerzas sísmicas actúan en los elementos de refuerzo, las cuales absorben gran parte de las solicitaciones provocando que el talud se mantenga estable y libre de deslizamientos.

Se consideró la misma zonificación y fuerzas sísmicas que en el análisis del ítem 4.8.2 (Análisis Pseudoestático sin refuerzo) de esta investigación. De acuerdo a NTP E030 y las recomendaciones de Marcuson y Franklin (1983).

#### Talud N° 01: Reforzado

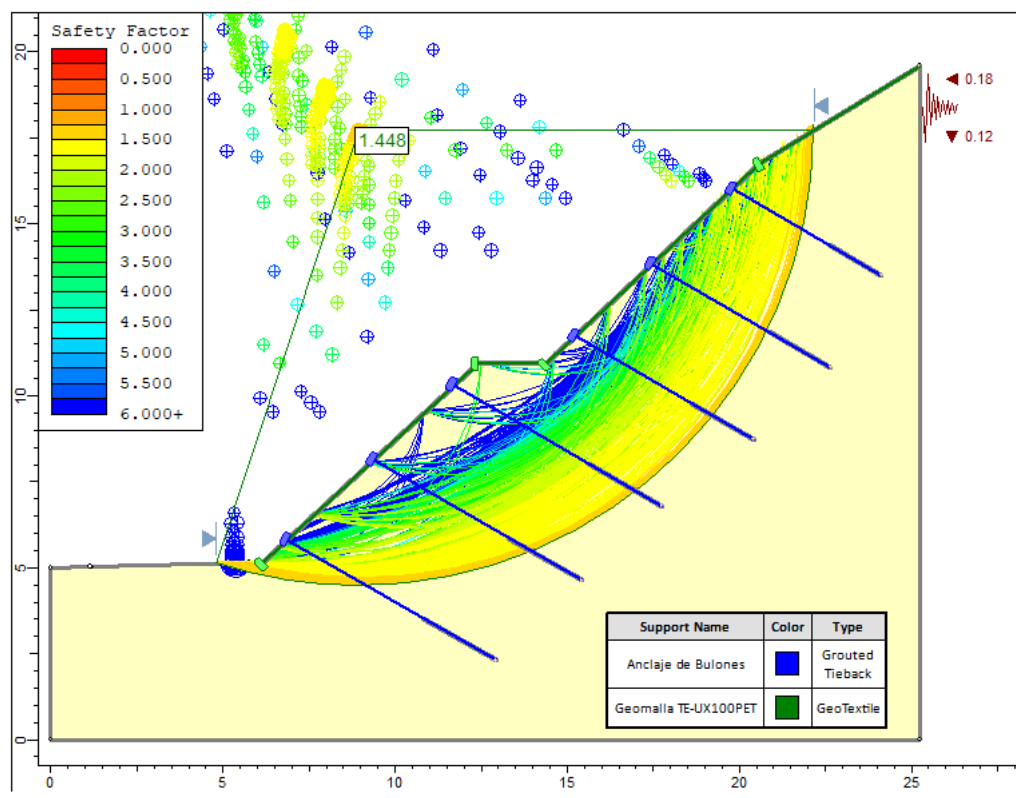


Figura 30. Análisis del comportamiento pseudoestático del talud 1 reforzado

Fuente: Elaboración propia

En la figura 30 se observa la respuesta de los elementos de refuerzo ante solicitaciones sísmicas, se puede notar que la superficie de deslizamiento producidas por el sismo es restringida gracias a la gran resistencia que producen los anclajes de bulones. Así también, se aprecia que el bulbo del anclaje cumple una función muy importante, ya que al encontrarse en

una zona antideslizante mantiene rígido a la armadura o zona libre del sistema, proporcionando un talud rígido y estable.

Tabla 60. FS pseudoestáticos para las secciones del tramo 1 reforzado

	Pendiente (%)	Ordinary / fellenius	Bishop simplified	Janbu	Spencer	Morgenstern-price
Secc A-A	55.21%	1.287	1.484	1.300	1.637	1.469
Secc B-B	57.97%	1.265	1.451	1.293	1.580	1.444
Secc C-C	70.95%	1.263	1.473	1.267	1.534	1.459
Secc D-D	67.30%	1.260	1.426	1.253	1.433	1.446

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 60 se muestra el resultado de los factores de seguridad ante un análisis pseudoestático para las cuatro secciones transversales pertenecientes al tramo 1. Se muestra que los factores de los 5 métodos trabajados tuvieron una mejora con respecto al análisis sin refuerzo. En este análisis se aprecia que el método de Spencer cuenta con los factores de seguridad más elevados, con un factor máximo de 1.637. Por otro lado, en el método de Ordinary/fellenius cuenta los más bajos, con un valor máximo de 1.286. Finalmente se puede observar que todos los métodos portan factores aceptables que oscilan entre 1.637 y 1.253.

Tabla 61. Verificación de estabilidad pseudoestática del tramo 1

Factor de Seguridad			
FS prom		FS Norma	Verificación
1.436	>	1.25	<b>ESTABLE</b>
1.407	>	1.25	<b>ESTABLE</b>
1.399	>	1.25	<b>ESTABLE</b>
1.364	>	1.25	<b>ESTABLE</b>

Fuente: Elaboración propia

La tabla 61 presenta los factores de seguridad promedio de cada sección transversal con presencia de fuerzas sísmicas, donde se observan valores mayores a lo reglamentado. En este tramo se obtuvo un FS global de 1.407 y de acuerdo a esto se catalogó de que el FS global es un talud estable o aceptable debido a que este valor mayor a lo establecido por la Norma CE.020 de la NTP, el cual indica que debe ser como mínimo de 1.25.

## Talud N° 02 Reforzado

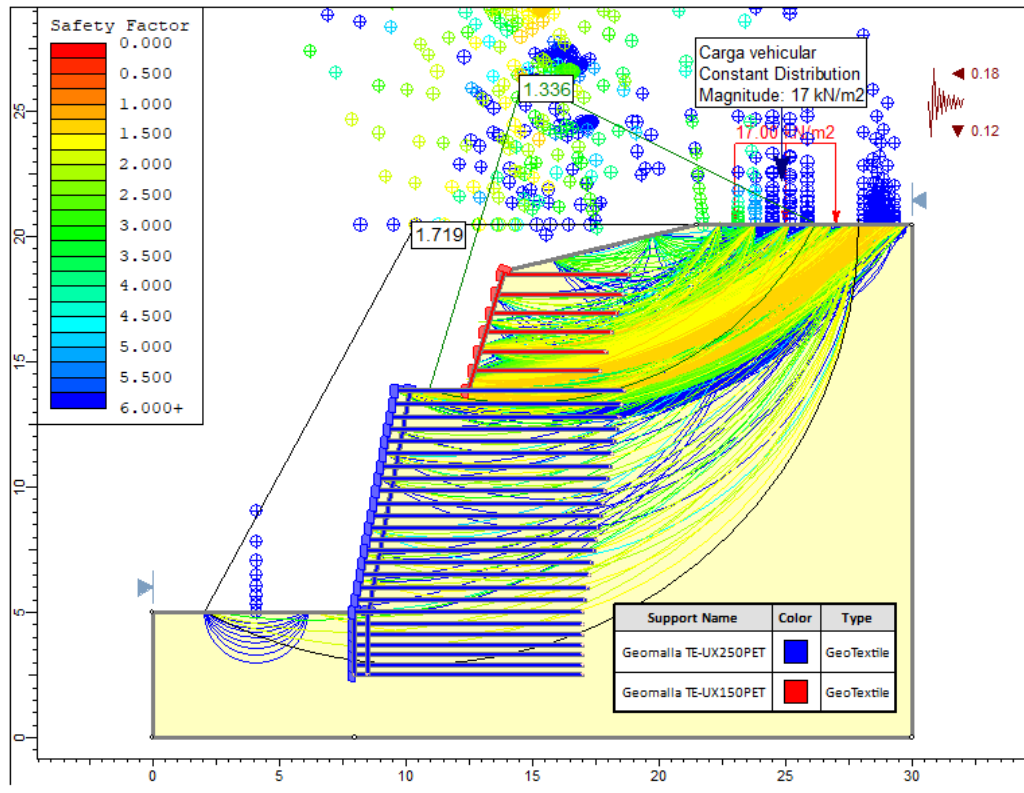


Figura 31. Análisis del comportamiento pseudoestático del tamo 2 reforzado

Fuente: elaboración propia

Tabla 62. FS pseudoestáticos para las secciones del tramo 2 reforzado

	Pendiente (%)	Ordinary / fellenius	Bishop simplified	Janbu	Spencer	Morgenstern-price
Secc A-A	42.92%	1.401	1.556	1.353	1.528	1.557
Secc B-B	39.29%	1.365	1.668	1.287	1.868	1.661
Secc C-C	48.67%	1.336	1.397	1.343	1.373	1.396
Secc D-D	35.23%	1.245	1.448	1.233	1.451	1.444

Fuente: Elaboración propia

Tabla 63. Verificación de estabilidad pseudoestática del tramo 2

Factor de Seguridad			Verificación
FS prom	>	FS Norma	
1.479	>	1.25	<b>ESTABLE</b>
1.570	>	1.25	<b>ESTABLE</b>
1.369	>	1.25	<b>ESTABLE</b>
1.364	>	1.25	<b>ESTABLE</b>

Fuente: Elaboración propia

Para el tramo 2 se obtuvo un FS global de 1.445, el cual se definió como Estable debido a que este valor cumple a lo establecido por la NTP CE020.



## Talud N° 03 Reforzado

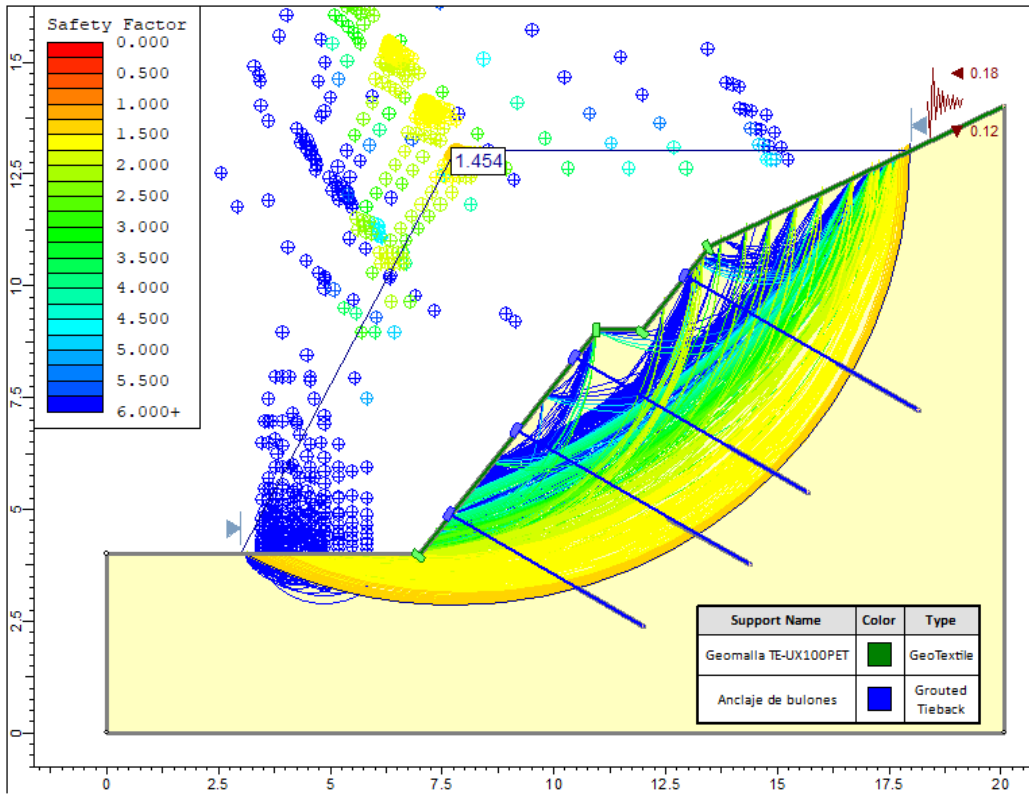


Figura 32. Análisis del comportamiento pseudoestático del tamo 3 reforzado

Fuente: elaboración propia

Tabla 64. FS pseudoestáticos para las secciones del tramo 3 reforzado

	Pendiente (%)	Ordinary / fellenius	Bishop simplified	Janbu	Spencer	Morgenstern-price
Secc A-A	75.08%	1.361	1.533	1.542	1.541	1.527
Secc B-B	61.89%	1.321	1.463	1.386	1.481	1.461
Secc C-C	64.46%	1.266	1.454	1.438	1.468	1.450

Fuente: Elaboración propia

Tabla 65. Verificación de estabilidad pseudoestática del tramo 3

Factor de Seguridad			
FS prom		FS Norma	Verificación
1.501	>	1.25	<b>ESTABLE</b>
1.422	>	1.25	<b>ESTABLE</b>
1.415	>	1.25	<b>ESTABLE</b>

Fuente: Elaboración propia

Para el tramo 3 se obtuvo un FS global de 1.446, el cual se definió como Estable debido a que este valor cumple a lo establecido por la NTP CE020.



## Talud N° 04 Reforzado

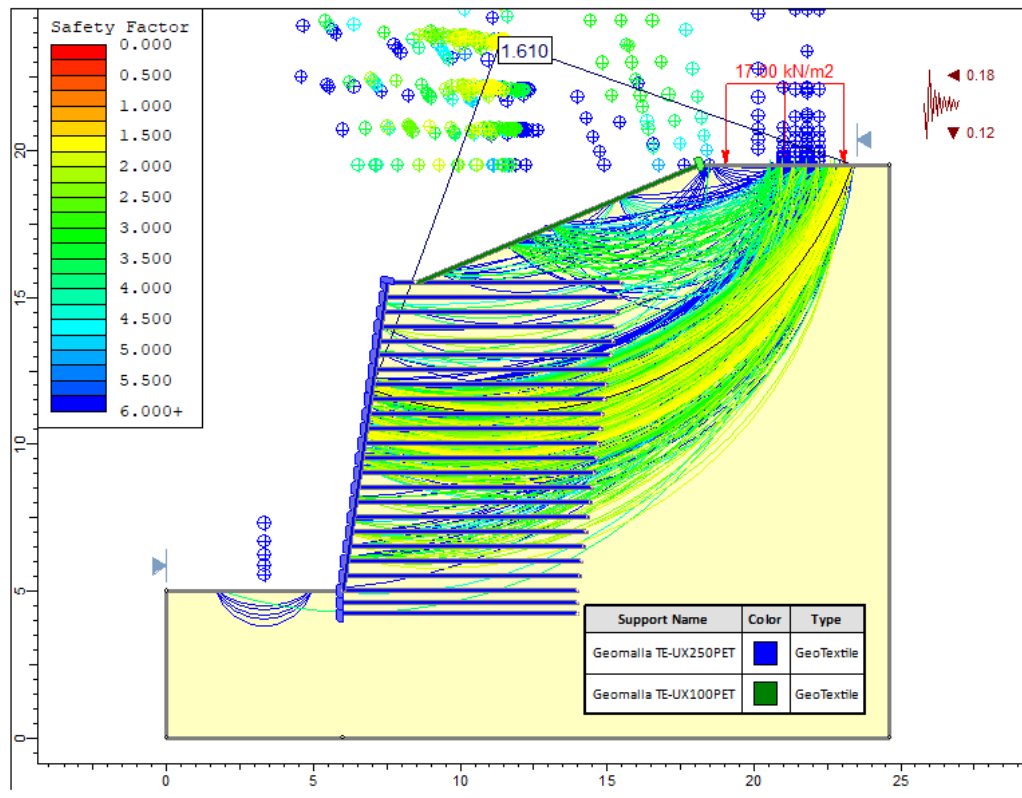


Figura 33. Análisis del comportamiento pseudoestático del talud 4 reforzado

Fuente: elaboración propia

Tabla 66. FS pseudoestáticos para las secciones del tramo 4 reforzado

	Pendiente (%)	Ordinary / fellenius	Bishop simplified	Janbu	Spencer	Morgenstern-price
Secc A-A	27.46%	1.332	1.609	1.307	1.669	1.599
Secc B-B	35.06%	1.262	1.525	1.237	1.729	1.522
Secc C-C	60.34%	1.379	1.610	1.342	1.611	1.615

Fuente: Elaboración propia

Tabla 67. Verificación de estabilidad pseudoestática del tramo 4

Factor de Seguridad			Verificación
FS prom	>	FS Norma	
1.503	>	1.25	<b>ESTABLE</b>
1.455	>	1.25	<b>ESTABLE</b>
1.512	>	1.25	<b>ESTABLE</b>

Fuente: Elaboración propia

Para el tramo 4 se obtuvo un FS global de 1.490, el cual se definió como Estable debido a que este valor cumple a lo establecido por la NTP CE020.

## Talud N° 05 Reforzado

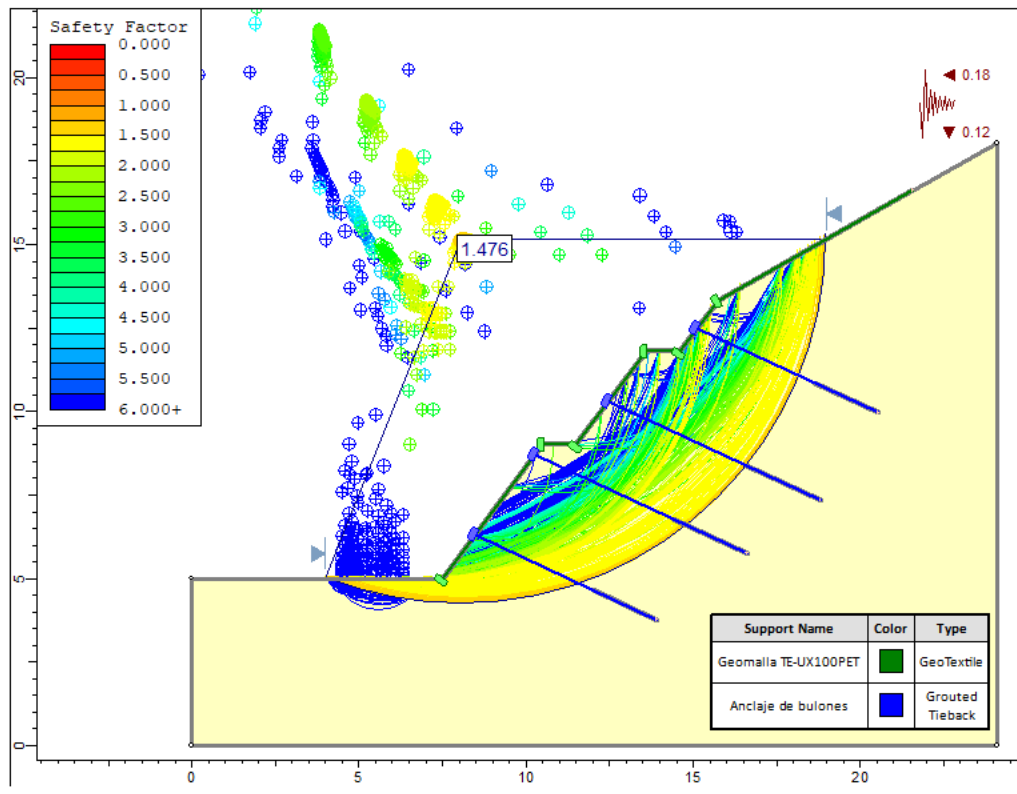


Figura 34. Análisis del comportamiento pseudoestático del tamo 5 reforzado

Fuente: elaboración propia

Tabla 68. FS pseudoestáticos para las secciones del tramo 5 reforzado

	Pendiente (%)	Ordinary / fellenius	Bishop simplified	Janbu	Spencer	Morgenstern-Price
Secc A-A	56.28%	1.257	1.441	1.281	1.435	1.435
Secc B-B	63.85%	1.328	1.476	1.625	1.473	1.543
Secc C-C	44.96%	1.408	1.537	1.584	1.619	1.612

Fuente: Elaboración propia

Tabla 69. Verificación de estabilidad pseudoestática del tramo 5

Factor de Seguridad			Verificación
FS prom	>	FS Norma	
1.370	>	1.25	<b>ESTABLE</b>
1.489	>	1.25	<b>ESTABLE</b>
1.552	>	1.25	<b>ESTABLE</b>

Fuente: Elaboración propia

Para el tramo 5 se obtuvo un FS global de 1.470, el cual se definió como Estable debido a que este valor cumple a lo establecido por la NTP CE020.

## Talud N° 06 Reforzado

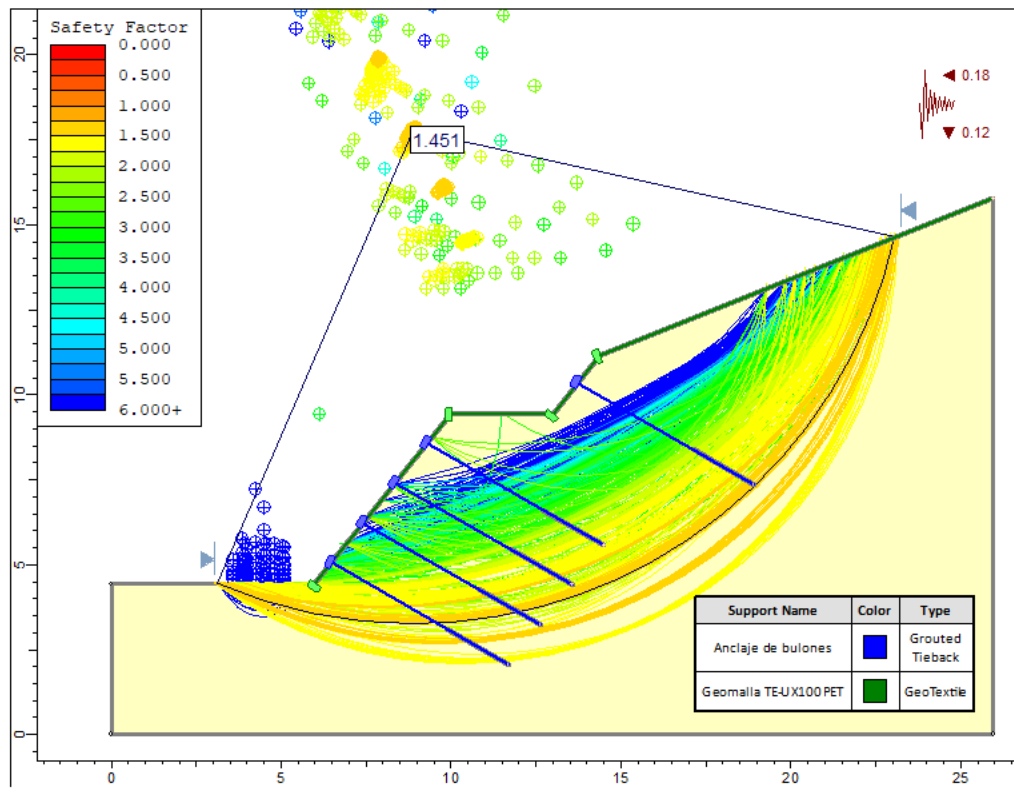


Figura 35. Análisis del comportamiento pseudoestático del tamo 6 reforzado

Fuente: elaboración propia

Tabla 70. FS pseudoestáticos para las secciones del tramo 6 reforzado

	Pendiente (%)	Ordinary / fellenius	Bishop simplified	Janbu	Spencer	Morgenstern-Price
Secc A-A	51.92%	1.266	1.475	1.279	1.494	1.473
Secc B-B	48.96%	1.261	1.495	1.281	1.496	1.491
Secc C-C	47.80%	1.387	1.617	1.601	1.635	1.614
Secc D-D	34.78%	1.330	1.556	1.369	1.577	1.564

Fuente: Elaboración propia

Tabla 71. Verificación de estabilidad pseudoestática del tramo 6

Factor de Seguridad			Verificación
FS prom	>	FS Norma	
1.397	>	1.25	<b>ESTABLE</b>
1.405	>	1.25	<b>ESTABLE</b>
1.571	>	1.25	<b>ESTABLE</b>
1.479	>	1.25	<b>ESTABLE</b>

Fuente: Elaboración propia

Para el tramo 6 se obtuvo un FS global de 1.463, el cual se definió como Estable debido a que este valor cumple a lo establecido por la NTP CE020.

## Talud N° 07 Reforzado

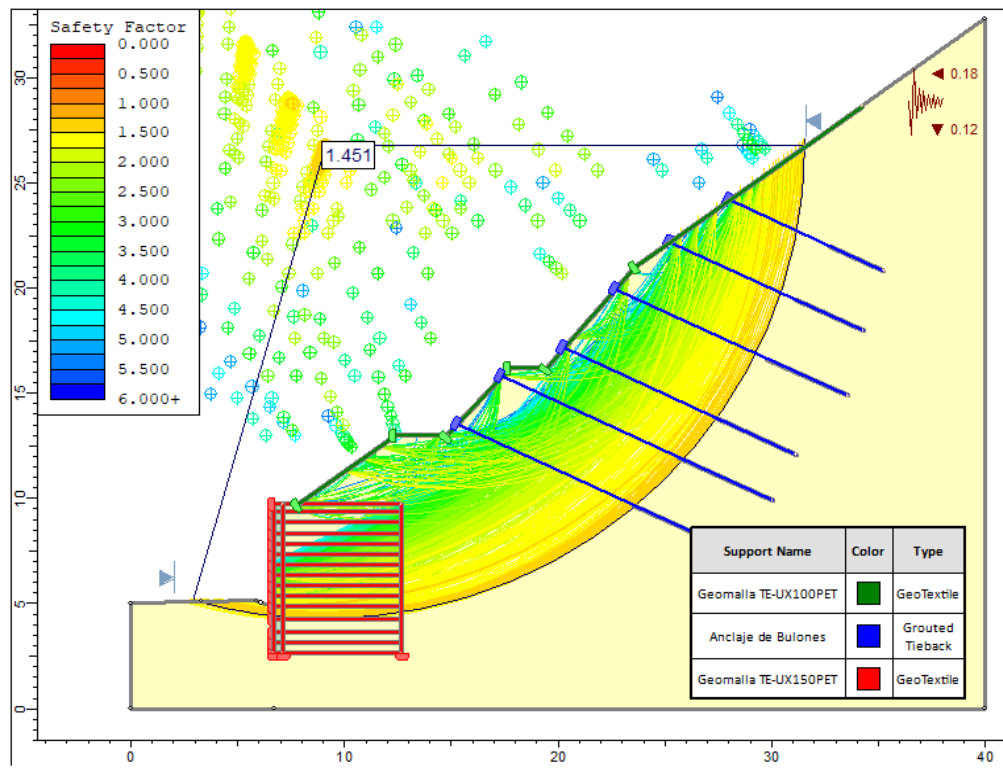


Figura 36. Análisis del comportamiento pseudoestático del tamo 7 reforzado

Fuente: elaboración propia

Tabla 72. FS pseudoestáticos para las secciones del tramo 7 reforzado

	Pendiente (%)	Ordinary / fellenius	Bishop simplified	Janbu	Spencer	Morgenstern-Price
Secc A-A	56.47%	1.267	1.360	1.289	1.552	1.454
Secc B-B	38.42%	1.277	1.472	1.291	1.458	1.460
Secc C-C	56.05%	1.391	1.533	1.406	1.715	1.498
Secc D-D	37.97%	1.417	1.464	1.465	1.469	1.466
Secc E-E	49.94%	1.352	1.533	1.323	1.528	1.513

Fuente: Elaboración propia

Tabla 73. Verificación de estabilidad pseudoestática del tramo 7

Factor de Seguridad			Verificación
FS prom	>	FS Norma	
1.384	>	1.25	<b>ESTABLE</b>
1.392	>	1.25	<b>ESTABLE</b>
1.508	>	1.25	<b>ESTABLE</b>
1.456	>	1.25	<b>ESTABLE</b>
1.450	>	1.25	<b>ESTABLE</b>

Fuente: Elaboración propia

Para el tramo 7 se obtuvo un FS global de 1.435, el cual se definió como Estable debido a que este valor cumple a lo establecido por la NTP CE020.

Finalmente se llevó a cabo la comparación de los factores de seguridad para los tramos estudiados. A continuación, se da a conocer el resumen de los factores de los tramos sin refuerzo y con refuerzo, estos datos fueron tomados de acuerdo a los análisis realizados en los ítems 4.8.1; 4.8.3; 4.8.4 y 4.8.2 pertenecientes a esta investigación, los cuales están sometidos a solicitaciones estáticas y pseudoestáticas.

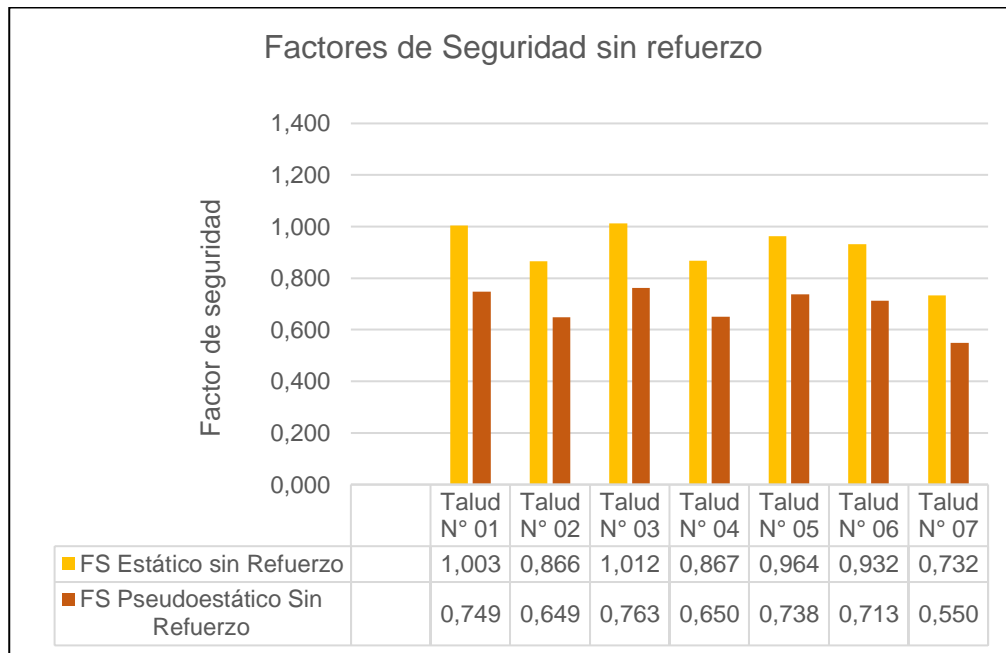


Figura 37. Resumen de Factores de Seguridad sin refuerzo

Fuente: Elaboración propia

En la figura 37 se muestra el resumen de los factores de seguridad de los tramos críticos sin refuerzo, se puede apreciar que los factores de seguridad estáticos son mucho más elevados que los pseudoestáticos, es lógico ya que estos fueron sometidos a solicitaciones sísmicas relevantes de 18g y 12g, produciendo movimientos horizontales y verticales, llevando a que la estructura del talud sea más vulnerable a posibles de deslizamiento. También se observa que los factores son muy bajos en comparación a lo establecido por la Norma CE.020 del Reglamento Nacional de Edificaciones, identificando al Talud N° 07 como uno de los tramos más críticos con un FS estático de 0.732 y FS pseudoestático de 0.550.

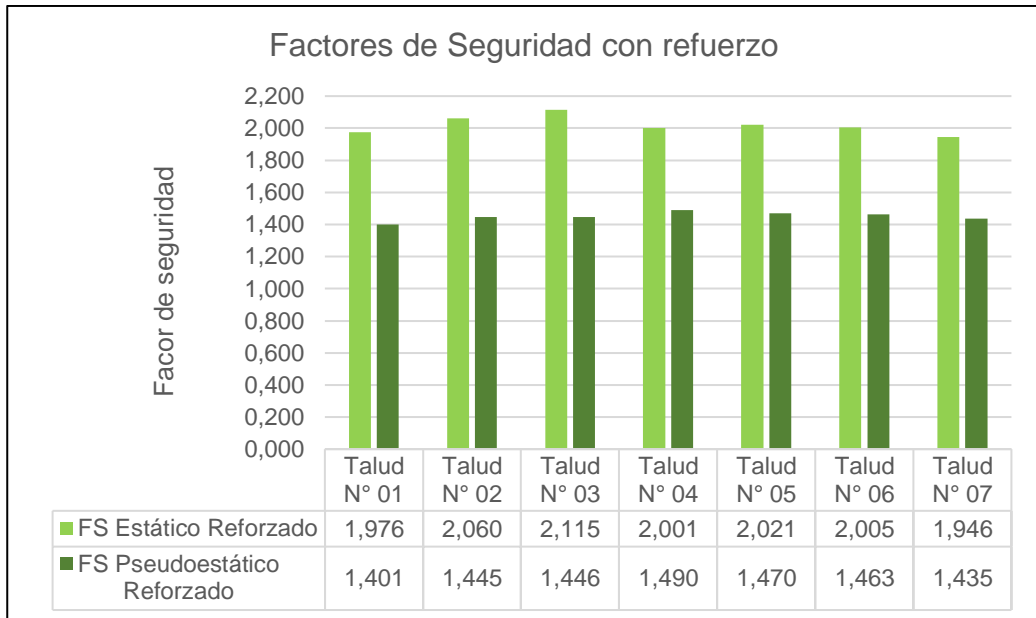


Figura 38. Resumen de Factores de Seguridad con refuerzo

Fuente: Elaboración propia

En la figura 38 se aprecia la comparación de los factores de seguridad para los tramos reforzados sometidos a solicitaciones simicas como en el analisis sin refuerzo. En este grafico se aprecia que los valores son muy elebados, mejorando significcativamente en comparación a la figura 31, obteniendo que el tramo mas estable fue el Talud N° 03, con un FS estatico de 2.115 y FS pseudoestático de 1.490.

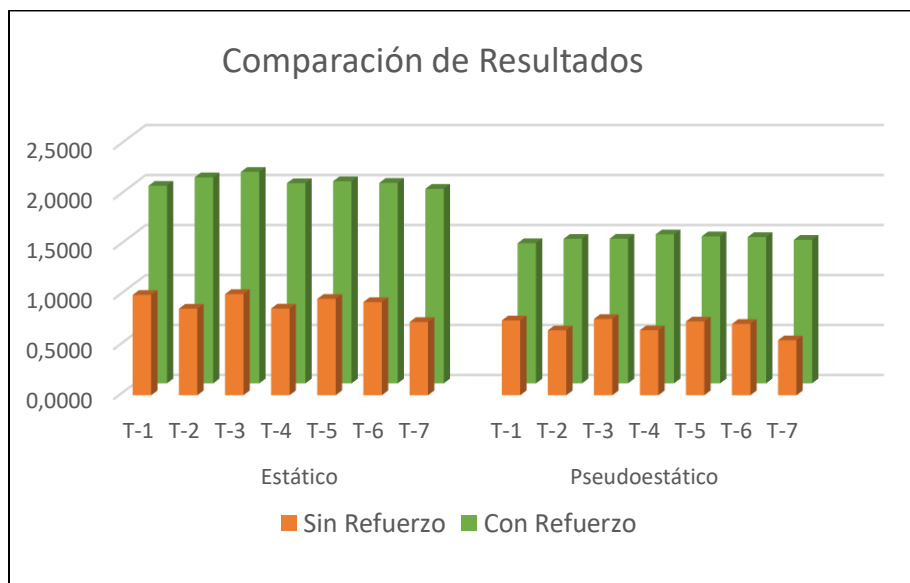


Figura 39. Comparacion de FS sin refuerzo y con refuerzo

Fuente: Elaboración propia

La figura 39 muestra la comparación de los factores de seguridad globales de los tramos críticos reforzados y no reforzados, separándolos de acuerdo a fuerzas estáticas y pseudoestáticas. Se aprecia que los tramos críticos no reforzados cuentan con factores que están por debajo de 1, definiéndose estos como tramos Inestables o No Aceptables de acuerdo a lo reglamentado. Sin embargo, la aplicación de los elementos de refuerzo ocasionó que los factores de seguridad sufran un incremento significativo, inclusive superando el valor de 2 en los taludes 2;4;5 y 6 ante un análisis estático y de la misma manera para el análisis pseudoestático, con valores próximos a 1.5.

#### 4.9. Evaluación de estabilidad

La evaluación de estabilidad se ve reflejada mediante el incremento porcentual que presenta el factor de seguridad global sin refuerzo en comparación a al FS global de los tramos reforzados. Para llevar a cabo la obtención de los valores porcentuales se utilizó la siguiente ecuación:

$$\text{Variación Porcentual (\%)} = \left( \frac{FS_{\text{global reforzado}}}{FS_{\text{global sin refuerzo}}} - 1 \right) * 100 \quad (12)$$

La obtención del incremento porcentual ante solicitaciones estáticas y pseudoestáticas con implementación de elementos de refuerzo se ve reflejada en la siguiente tabla:

Tabla 74. Variación del incremento porcentual de los FS global

Talud	Factor de Seguridad sin Refuerzo		Factor de Seguridad Reforzado		Variación del Incremento (%)	
	Estático	Pseudoestático	Estático	Pseudoestático	Estático	Pseudoestático
	FS global	FS global	FS global	FS global	FS global	FS global
1	1.003	0.749	1.976	1.401	97%	87%
2	0.866	0.649	2.060	1.445	138%	123%
3	1.012	0.763	2.115	1.446	109%	90%
4	0.867	0.650	2.001	1.490	131%	129%
5	0.964	0.738	2.021	1.470	110%	99%
6	0.932	0.713	2.005	1.463	115%	105%
7	0.732	0.550	1.946	1.435	166%	161%

Fuente: Elaboración propia

La tabla 74 muestra la variación del incremento porcentual de los factores de seguridad globales reforzado mediante el uso de geosintéticos y anclajes con respecto a los factores globales sin refuerzo.

Resultando que para el primer talud incrementó en un valor porcentual del 97% respecto al FS global del talud en condiciones naturales, para el segundo en 138%, para el tercero en 109%, para el cuarto en 131%, para el quinto en 110%, para el sexto en 115% y para el último en un valor del 166% en condiciones estáticas. De la misma forma, para condiciones pseudoestáticas se obtuvo que el FS global del primer talud incremento en un valor del 87% con respecto al tramo sin refuerzo, para el segundo en 123%, para el tercero en 90%, para el cuarto en 129%, para el quinto en 99%, para el sexto en 105% y para el séptimo en un valor del 161%.

En síntesis, los taludes reforzados cumplen a lo establecido por la Norma CE.020 del Reglamento Nacional de Edificaciones, contando con factores que superan a los valores de 1.5 para solicitaciones estáticas y 1.25 para solicitaciones dinámica.

#### **4.10. Sistema de anclaje de la Geomalla**

Finalmente se llevó a cabo el diseño de zanjas para el aseguramiento superior e inferior de la geomalla, este sistema se diseñó con la finalidad de resistir a la fuerza de tensión producida por la geomalla. Hay que tener en cuenta que la gran parte de los geosintéticos están asegurados por el sistema de anclajes de bulones, específicamente distribuidos en el interior, reduciendo parte de la tensión a favor de las zanjas. A continuación, se muestra la ecuación de diseño.

$$T_{perm} < (\gamma * h * \tan \phi * b + c * (b + 2 * h)) \quad (13)$$

Para determinar la tensión permisible, AASHTO recomienda utilizar diferentes factores de reducción a la carga ultima de la geomalla según el área de aplicación para un diseño a largo plazo.

$$T_{perm} = T_{última} * \frac{1}{RF_{ID} * RF_{CR} * RF_{CD} * RF_{ED} * FS} \quad (14)$$

Dónde



$RF_{ID}$  = Daño en la instalación (para taludes 1.4)

$RF_{CR}$  = Fluencia a esfuerzo cortante (3.0)

$RF_{CD}$  = Degradación química (1.4)

$RF_{ED}$  = Degradación biológica (1.2)

FS = Factor de seguridad con el fin de tener en cuenta la incertidumbre de los materiales, se tomó un factor de seguridad promedio de 1.7.

Reemplazando en la ecuación "14" se obtuvo lo siguiente.

$$T_{perm} = 12.5.0\text{kN/m} = 1.25\text{tn/m}$$

Teniendo delimitado la tensión permisible se continuo a desarrollar la ecuación "13".

Datos a tener en cuenta.

$T_{perm}$  = Tensión permisible de la Geomalla, se estimó un valor de 12.5 kN/m equivalente a 1.25 tn/m.

h= la altura de la zanja, se consideró 0.5m.

b= base de la zanja, se consideró 0.4m.

$\phi$ =Angulo de fricción del material, este es igual a  $30^\circ$

c= Cohesión del suelo, para este dato se estimó un valor de 0.1 kg/cm<sup>2</sup>.

$$1.25\text{tn/m} < (2.021 * 0.5 * \tan 30 * 0.4 + 1 * (0.4 + 2 * 0.5))$$

$$1.25\text{tn/m} < 1.65 \text{ tn/m}$$

De acuerdo a los datos obtenidos se concluye que el sistema de zanjas cumple con la tensión permisible, ya que este soporta una fuerza mayor y siendo capaz de soportar la tensión de la geomalla (Anexo 3.5).

#### 4.11. Diseño de cuneta de coronación

##### 4.11.1. Método racional

Para el diseño de la cuneta, primero se procedió a definir el caudal de diseño, el cual se obtendrá por el método racional mediante las precipitaciones, área de cuenca, topografía y tipo de suelo. Los datos meteorológicos fueron obtenidos por una estación cercana al proyecto siendo esta la de Huamachuco. El caudal se calcula mediante la ecuación (15) que está dada por el producto de la intensidad, área de cuenca y el coeficiente de escorrentía.

$$Q = \frac{C \cdot I \cdot A}{360} \quad (15)$$

Dónde:

Q = Caudal (m<sup>3</sup>/s)

C = Coeficiente de escorrentía

I = Intensidad media (mm/h)

A = Área (ha)

##### 4.11.2. Tiempo de concentración (Tc)

Es el tiempo en el cual el agua llega desde el punto más lejano del área drenada hasta el punto en consideración. Una de las formas de calcular el tiempo de concentración es a través de la ecuación de Kirpich como se muestra a continuación:

$$Tc = 0.000325 * \frac{L^{0.77}}{S^{0.385}} \quad (16)$$

Dónde:

Tc = Tiempo de concentración (hrs)

L = Longitud del cauce principal (m)

S = pendiente del cauce (m/m)

##### 4.11.3. Periodo de retorno (Tr)

El periodo de retorno se obtiene mediante el tipo de elementos a drenar. Como se ve reflejado en la tabla 75.

Tabla 75. (Tr) de acuerdo al tipo de obra para cuencas rurales

Sistema	Periodo de Retorno (Tr)
Cunetas	5 años
Alcantarillas	10 años
Pontones	10 años
Puentes	50 años

Fuente: Manual de hidrología, hidráulica y drenaje (2014)

Por lo cual para el diseño de cunetas se considerará un periodo de retorno de 5 años.

#### 4.11.4. Intensidad de diseño (I)

La intensidad de diseño depende del tiempo de concentración y la curva de precipitación de la cuenca de Rio Chusgón, de la cual se encuentra en la zona de trabajo (Anexo 3.6).

Reemplazando en la ecuación (16), con respecto a la tabla 76 tenemos que:

$$T_c = 0.01 \text{ hrs}$$

$$T_c = 0.6 \text{ min}$$

Tabla 76. Longitudes y pendientes de las áreas de estudio

Talud	1	2	3	4	5	6	7
Longitud (m)	50	50	35	35	50	50	85
Pendiente (m/m)	0.6286	0.4153	0.6714	0.4095	0.5503	0.4587	0.4777

Fuente: Elaboración propia

Por lo cual, con un  $T_c$  de 0.6 min con respecto a los 7 taludes y un  $T_r$  asumido de 5 años, tenemos según el grafico de las curvas precipitación (Anexo 3.6) que:

$$\text{Intensidad} = 741 \text{ mm/h}$$

#### 4.11.5. Coeficiente de Escorrentía (C)

Esta depende de diversos factores del suelo como su tipo, pendiente y cobertura vegetal en el área del proyecto. De tal forma que, los valores indicados para el coeficiente de escorrentía se encuentran en la tabla 76.

Tabla 77. Coeficientes de escorrentía método racional

Cobertura vegetal	Tiempo de suelo	Pendiente del terreno				
		Pronunciada >50%	Alta 50% - 20%	Media 20% - 5%	Suave 5% - 1%	Despreciable 1% - 0%
Vegetación ligera	Impermeable	0.65	0.60	0.55	0.50	0.45
	Semipermeable	0.55	0.50	0.45	0.40	0.35
	permeable	0.35	0.30	0.25	0.20	0.15

Fuente: Manual de hidrología, hidráulica y drenaje (2014)

Por consiguiente, dadas las condiciones de la zona, se determinó un coeficiente de escorrentía de 0.45.

#### 4.11.6. Área de aportación

El área de aportación correspondiente en el primero talud es de 1,022.65 m<sup>2</sup>, el segundo de 1,130.83 m<sup>2</sup>, el tercero de 561.52 m<sup>2</sup>, el cuarto de 824.27 m<sup>2</sup>, el quinto de 1,277.91 m<sup>2</sup>, el sexto de 1,191.04 m<sup>2</sup> y el séptimo de 3,948.38 m<sup>2</sup>, siendo igual a 0.1 ha, 0.11 ha, 0.06 ha, 0.08 ha, 0.13 ha, 0.12 ha, 0.39 ha respectivamente.

Por lo tanto, reemplazando en la ecuación (15) tenemos:

Tabla 78. Caudales de Diseños para un Tr = 5 años

Talud	1	2	3	4	5	6	7
Q (m <sup>3</sup> /s)	0.093	0.102	0.056	0.074	0.120	0.111	0.361

Fuente: Elaboración propia

#### 4.11.7. Cálculo del drenaje superficial

Para este diseño se emplea una cuneta de coronación de sección trapezoidal de concreto, con un valor de rugosidad de 0.0013 por ser una superficie de concreto.

El primer talud, cuenta con una caudal de 0.093 m<sup>3</sup>/s, un talud (z) de 1 por lo cual  $\theta = 45^\circ$ , una pendiente de 0.25% y un coeficiente de rugosidad de 0.013. Para cual se consideró el canal como una sección constante en donde transcurrirá un caudal máximo, obteniéndose las siguientes fórmulas geométricas.

Fórmula 1:

$$\frac{b}{y} = 2 \tan \frac{\phi}{2}$$

Cálculo del ancho de solera (b) en función al tirante (y).

$$b = \left( 2 \tan \frac{45}{2} \right) * y$$

$$b = 0.8284 y \quad (17)$$

Fórmula 2:

$$A = (b + zy)y$$

Siendo z=1 y reemplazando la ecuación 17 en Fórmula 2.

$$A = (0.8284y + y)y$$

$$A = 1.8284 y^2 \quad (18)$$

Fórmula 3:

$$P = b + 2y\sqrt{1 + z^2}$$

Siendo z=1 y reemplazando la ecuación 17 en Fórmula 3.

$$P = 0.8284y + 2y\sqrt{1 + 1^2}, \text{ despejando tenemos:}$$

$$P = 3.6568 y \quad (19)$$

Fórmula 4:

$$R = \frac{A}{P}$$

Reemplazando las ecuaciones (18) y (19) en Fórmula 4.

$$R = \frac{1.8284 y^2}{3.6568 y}$$

$$R = 0.5 y \quad (20)$$

Fórmula 5:

$$Q = \frac{1}{n} AR^{2/3} S^{1/2}$$

Siendo  $Q = 0.093 \text{ m}^3/\text{s}$ ;  $n = 0.013$ ;  $s = 0.0025$  y reemplazando las ecuaciones (18) y (20) en Fórmula 5.

$$0.093 = \frac{1}{0.013} (1.8284 y^2)(0.5 y)^{2/3} (0.0025)^{1/2}$$

$$y = 0.26 \text{ m} \quad (21)$$

Entonces, reemplazando (17) en (21).

$$b = 0.8284 (0.26)$$

$$b = 0.22 \approx 0.25 \text{ m} \quad (22)$$

Espejo de Agua.

$$T = b + 2zy$$

Siendo  $z=1$  y reemplazando (21) y (22) en "T".

$$T = (0.25) + 2(1)(0.26)$$

$$T = 0.77 \text{ m} \quad (23)$$

Borde Libre.

$$Bl = \frac{y}{5}$$

Reemplazando (21) en Bl.

$$Bl = \frac{0.26}{5}$$

$$Bl = 0.052 \approx 0.10 \text{ m} \quad (24)$$

Altura.

$$h = y + bl$$

Reemplazando (21) y (24) en "h"

$$h = 0.26 + 0.10$$

$$h = 0.36 \text{ m} \approx 0.35 \text{ m} \quad (25)$$

Área.

$$A = (b + zh)h$$

Siendo  $z = 1$  y reemplazando (22) y (25) en "A"

$$A = (0.25 + (1 * 0.35)) * 0.35$$

$$A = 0.21 \text{ m} \quad (26)$$

Boca del Canal.

$$A = (B + b)(h)/2$$

Reemplazando (22), (25) y (26) en "A".

$$(0.21) * 2 = (B + 0.25)(0.35)/2$$

Despejando "B", tenemos:

$$\frac{(0.21) * 2}{0.35} - 0.25 = B$$

$$B = 0.95 \text{ m}$$

Tabla 79. Datos de diseño para la cuneta del talud 1

Tirante (m)	Solera (m)	Espejo de Agua (m)	Borde Libre (m)	Altura (m)	Área (m)	Boca de Canal (m)
Y	b	T	Bl	h	A	B
0.26	0.25	0.77	0.10	0.35	0.21	0.95

Fuente: Elaboración propia

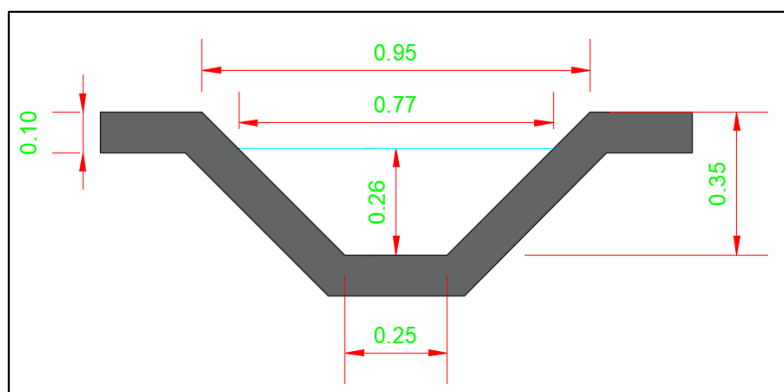


Figura 40. Diseño de cuneta de coronación del talud 1

Fuente: elaboración propia

El segundo talud, cuenta con una caudal de  $0.102 \text{ m}^3/\text{s}$ , un talud (z) de 1 por lo cual  $\phi = 45^\circ$ , una pendiente de 0.25% y un coeficiente de rugosidad de 0.013. Para cual se consideró el canal como una sección constante al igual que el primer talud, obteniéndose los datos del diseño para la cuneta en la tabla 80 y el diseño de la cuneta se muestra en el Anexo 3.7.

Tabla 80. Datos de diseño para la cuneta del talud 2

Tirante (m)	Solera (m)	Espejo de Agua (m)	Borde Libre (m)	Altura (m)	Área (m)	Boca de Canal (m)
Y	b	T	Bl	h	A	B
0.27	0.25	0.79	0.10	0.35	0.21	0.95

Fuente: Elaboración propia

El tercer talud, cuenta con una caudal de  $0.056 \text{ m}^3/\text{s}$ , un talud (z) de 1 por lo cual  $\phi = 45^\circ$ , una pendiente de 0.25% y un coeficiente de rugosidad de 0.013. Para cual se consideró el canal como una sección constante al igual que el primer talud, obteniéndose los datos del diseño para la cuneta en la tabla 81 y el diseño de la cuneta se muestra en el Anexo 3.7.

Tabla 81. Datos de diseño para la cuneta del talud 3

Tirante (m)	Solera (m)	Espejo de Agua (m)	Borde Libre (m)	Altura (m)	Área (m)	Boca de Canal (m)
Y	b	T	Bl	h	A	B
0.22	0.20	0.64	0.10	0.30	0.15	0.80

Fuente: Elaboración propia

El cuarto talud, cuenta con una caudal de  $0.074 \text{ m}^3/\text{s}$ , un talud (z) de 1 por lo cual  $\phi = 45^\circ$ , una pendiente de 0.25% y un coeficiente de rugosidad de 0.013. Para cual se consideró el canal como una sección constante al igual que el primer talud, obteniéndose los datos del diseño para la cuneta en la tabla 82 y el diseño de la cuneta se muestra en el Anexo 3.7.

Tabla 82. Datos de diseño para la cuneta del talud 4

Tirante (m)	Solera (m)	Espejo de Agua (m)	Borde Libre (m)	Altura (m)	Área (m)	Boca de Canal (m)
Y	b	T	Bl	h	A	B
0.24	0.20	0.68	0.10	0.35	0.19	0.90

Fuente: Elaboración propia



El quinto talud, cuenta con una caudal de  $0.120 \text{ m}^3/\text{s}$ , un talud (z) de 1 por lo cual  $\phi = 45^\circ$ , una pendiente de 0.25% y un coeficiente de rugosidad de 0.013. Para cual se consideró el canal como una sección constante al igual que el primer talud, obteniéndose los datos del diseño para la cuneta en la tabla 83 y el diseño de la cuneta se muestra en el Anexo 3.7.

Tabla 83. Datos de diseño para la cuneta del talud 5

Tirante (m)	Solera (m)	Espejo de Agua (m)	Borde Libre (m)	Altura (m)	Área (m)	Boca de Canal (m)
Y	b	T	Bl	h	A	B
0.29	0.25	0.83	0.10	0.40	0.26	1.05

Fuente: Elaboración propia

El sexto talud, cuenta con una caudal de  $0.111 \text{ m}^3/\text{s}$ , un talud (z) de 1 por lo cual  $\phi = 45^\circ$ , una pendiente de 0.25% y un coeficiente de rugosidad de 0.013. Para cual se consideró el canal como una sección constante al igual que el primer talud, obteniéndose los datos del diseño para la cuneta en la tabla 84 y el diseño de la cuneta se muestra en el Anexo 3.7.

Tabla 84. Datos de diseño para la cuneta del talud 6

Tirante (m)	Solera (m)	Espejo de Agua (m)	Borde Libre (m)	Altura (m)	Área (m)	Boca de Canal (m)
Y	b	T	Bl	h	A	B
0.28	0.25	0.81	0.10	0.40	0.26	1.05

Fuente: Elaboración propia

El séptimo talud, cuenta con una caudal de  $0.361 \text{ m}^3/\text{s}$ , un talud (z) de 1 por lo cual  $\phi = 45^\circ$ , una pendiente de 0.25% y un coeficiente de rugosidad de 0.013. Para cual se consideró el canal como una sección constante al igual que el primer talud, obteniéndose los datos del diseño para la cuneta en la tabla 85 y el diseño de la cuneta se muestra en el Anexo 3.7.

Tabla 85. Datos de diseño para la cuneta del talud 7

Tirante (m)	Solera (m)	Espejo de Agua (m)	Borde Libre (m)	Altura (m)	Área (m)	Boca de Canal (m)
Y	b	T	Bl	h	A	B
0.43	0.35	1.21	0.10	0.55	0.50	1.45

Fuente: Elaboración propia

## V. DISCUSIÓN

La topografía de la zona de estudio (Tabla 2), demuestra que los taludes 01;03 y 05 cuentan con una pendiente de 62.86%; 67.14% y 55.09%, mostrando un relieve de tipo accidentado, mientras que los taludes 02;04;06 y 07 presentan una topografía ondulada con pendientes de 41.53%; 40.95%; 45.87% y 47.77%. Así también, Alvarado y Cornejo (2014) obtuvieron datos similares, con pendientes de 41% y 70%, clasificándose como topografías de tipo ondulado y accidentado. Esto es dado a que las pendientes onduladas están en un rango del 11% y 50% y las accidentadas entre el 51% y 100% según especifica el Manual de Carreteras DG-2014.

En el Anexo 2 se observa las características encontradas de los taludes, siendo estos de tipo artificial, con medidas longitudinales que se extienden entre 35 a 85 metros, y pendientes del 40% al 68%; además de encontrarse en un estado crítico dado que presentan deslizamientos de material y vegetación en la parte superior. A su vez, en la investigación de Alberca y Rondo (2020) contaron con taludes naturales de 55 y 120 metros de longitud, con presencia de deslizamiento y cubierta de vegetación. Obteniendo los indicadores para la evaluación en base al capítulo 7 de la norma de Estabilización de suelos y taludes (CE.020, 2012).

Los 7 taludes críticos presentaron fallas por desplazamiento superficial. Siendo estas similar a los encontrados por Vergara (2018), presentado estos taludes fallas por deslizamiento lentas y rápidas, naturalmente observándose deslizamiento de rocas. Esto es mayormente producido por el humedecimiento en la superficie de los taludes y secado por los cambios climáticos (De Matteis, 2003, p.5).

El factor de seguridad de los 7 taludes críticos fue de 1.003; 0.866; 1.012; 0.867; 0.964; 0.932 y 0.732 analizados estáticamente sin refuerzo y de 0.749; 0.649; 0.763; 0.650; 0.738; 0.713 y 0.550 analizados pseudoestáticamente sin refuerzo (Figura 37), no logrando cumplir con valor mínimos establecidos por la norma (CE.020, 2012). Estos resultados son similares a los obtenidos por Alberca y Rondo (2020) y Navarro (2018), en las cuales consiguieron valores de 0.77; 1.19 y de 1.094 respectivamente para un análisis estático, como también un valor de 0.889 para un análisis pseudoestático en el caso de

Navarro (2018). Los factores de seguridad de los taludes fueron evaluados respecto a la norma de Estabilización de suelos y taludes (CE.020, 2012), el cual detalla un valor mínimo de 1.5 para solicitaciones estáticas y 1.25 para solicitaciones sísmicas.

El reforzamiento con geomallas y anclajes en los taludes inestables analizados tanto estática como pseudoestáticamente, generaron un factor de seguridad de 1.976; 2.060; 2.115; 2.001; 2.021; 2.005; 1.946 y de 1.401; 1.445; 1.446; 1.490; 1.470; 1.463; 1.435 respectivamente (Figura 38), logrando alcanzar y superar el valor mínimo de 1.5 para un análisis estático y 1.25 para un pseudoestático, de acuerdo a lo especificado por la norma técnica CE.020 del RNE. Estos resultados son similares a los obtenidos por Alberca y Rondo (2020), Navarro (2018), en los cuales obtuvieron valores de 1.62; 2.06 y de 1.565 respectivamente para un análisis estático y un valor de 1.259 para un análisis pseudoestático en el caso de Navarro (2018). Esto es debido al hecho de que los geosintéticos anclados portan una alta resistencia que lo hace inactivo a las condiciones químicas y biológicas del suelo, previniendo la interacción del agua con el suelo y evitar de esta manera la aparición de erosiones (GeoAce, 2019).

## VI. CONCLUSIONES

De los resultados del estudio topográfico, los taludes críticos se clasifican como terrenos de tipo ondulado y accidentado, con pendientes mayores al 40%.

Los taludes estudiados se caracterizaron de acuerdo a su tipo, geometría y atributos peculiares identificadas en campo, observándose que poseen deslizamientos comunes entre sí, contando con presencia de vegetación y suelos similares.

Los taludes poseen una inestabilidad por deslizamiento superficial producto del desprendimiento y transición lenta del material en la superficie de la ladera.

Los factores de seguridad globales obtenidos mediante el método de Equilibrio Limite según Fellenius, Bishop, Janbú, Spencer y Morgenstern-Price de los 7 taludes críticos oscilan entre valores de 1.003, 0.866, 1.012, 0.867, 0.964, 0.932, 0.732 para un análisis estático sin refuerzo y 0.749, 0.649, 0.763, 0.650, 0.738, 0.713, 0.550 para un análisis pseudoestático sin refuerzo.

El reforzamiento con geomallas y anclajes en los 7 taludes críticos generaron un incremento porcentual en los factores de seguridad globales en un 97%, 138%, 109%, 131%, 110%, 115% y 166% ante sollicitaciones estáticas, y del mismo modo ante sollicitaciones pseudoestáticas incrementaron en un valor porcentual del 87%, 123%, 90%, 129%, 99%, 105% y 161% en comparación a los FS globales sin refuerzo.

## **VII. RECOMENDACIONES**

Es recomendable utilizar las estructuras de suelo reforzado con geosintéticos anclados en caso de presencia de taludes de alta pendiente conformados por materiales blandos o que estén influenciados por sobrecargas en la parte superior de esta. Dado que este sistema aumenta la resistencia a la tensión y al cortante del suelo, gracias a la intercalación de capas compactadas con material de relleno resistente aislados por los geosintéticos.

Antes de realizar un diseño u cualquier proyecto relacionado con la estabilidad de taludes, se debe tener en cuenta el impacto positivo y negativo que generará a las zonas de cultivo y viviendas colindantes con la estructura. Con el fin de salvaguardar la seguridad y tranquilidad tanto de los pobladores como del mismo proyecto. Teniendo en cuenta que el sistema a utilizar beneficiara al ecosistema, aportando la revegetación del área trabajada.

Por último, se recomienda realizar una recopilación de datos o parámetros geotécnicos a mayor escala, donde estos reflejen íntegramente las condiciones reales del terreno, considerando el nivel de capas o estratos de los taludes estudiados a mayor profundidad, con el objetivo de llevar a cabo un análisis y comportamiento del talud más exacto.

## REFERENCIAS

ALBERCA, Christian y RONDO, Cesar. Estabilización de taludes utilizando geomalla coextruída Mono-Orientada en el tramo de la carretera Samne-Casmiche, Departamento la Libertad. Tesis (Titulo en Ingeniería Civil). Trujillo: Universidad Cesar Vallejo, 2020.

Disponible en: <http://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/43281>

ALBERTI, Jose, CANALES, Rodolfo y SANDOVAL, Brenda. Técnicas de mitigación para el control de deslizamientos en taludes y su aplicación a un caso específico. Tesis (Título de Ingeniero Civil). San Salvador: Universidad del Salvador, 2006.

Disponible en: <http://ri.ues.edu.sv/4514/>

ALVARADO, Alan y CORNEJO, Alfonso. Estabilización de Taludes en la Costa Verde - Callao. Tramo. Av. Santa Rosa – Jr. Virú. (1.3 km). Tesis (Titulo en Ingeniería Civil). Lima: Universidad San Martin de Porres, 2014.

Disponible en:

<http://www.repositorioacademico.usmp.edu.pe/handle/usmp/1047>

BALLESTER, Francisco, CASTRO, Daniel y GIL, Miguel. Definición, función y clasificación de los geotextiles. Revista Arte y Cemento [en línea]. Octubre 2000. [Fecha de consulta: 01 de mayo de 2020].

Disponible en: <http://www.giteco.unican.es/pdf/publicaciones/AYC30-X-2000.pdf>

BERNAL, César. Metodología de la investigación [en línea]. 3.era. ed. Bogotá: Pearson educación Colombia, 2006.pp 106. [Fecha de consulta: 07 de octubre 2019].

Disponible en: <http://abacoenred.com/wp-content/uploads/2019/02/El-proyecto-de-investigaci%C3%B3n-F.G.-Arias-2012-pdf.pdf>

ISBN: 978-958-699-128-5.

CARRIÓN, Humberto. Análisis Y Diseño De La Estabilidad De Talud En El Sector Sausacocha – Pallar Km. 8+000 Al 9+000 Provincia De Sánchez Carrión,

Departamento De La Libertad, 2017. Tesis (Titulo en Ingeniería Civil). Chiclayo: Universidad Católica Santo Toribio De Mogrovejo, 2017.

Disponible en: <http://tesis.usat.edu.pe/xmlui/handle/20.500.12423/1788>

CASTAÑÓN, Paola. Cálculo del Factor de Erosión de la lluvia en las estaciones Papaloapan y Cd. Alemán de la cuenca de Papaloapan. Tesis de Grado (Ingeniera Civil) [en línea]. México: Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Ingeniería, 2011. 150 pp [fecha de consulta: 2 de mayo del 2020].

Disponible en:

<http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/xmlui/handle/132.248.52.100/475>

CHAVEZ, Miguel, BLANCO, Roberto, WATSON, Roberto. Estabilización de taludes en el rio Portoviejo, Ecuador. *Minería y Geología* [en línea].2008, 24(3), 1-9 [fecha de consulta 30 de noviembre de 2019].

Disponible en: <http://redalyc.org/articulo.oa?id=223515948003>

ISSN: 1993-8012

CISMID (Centro Peruano Japonés de Investigaciones Sísmicas y Mitigación de Desastre). Manual de protección de Taludes. Lima: 1984. 47 pp.

Disponible en:

<http://www.jorgealvahurtado.com/files/Manual%20de%20Proteccion%20de%20Taludes.pdf>

Concepto y clasificación de los anclajes [blog]. España: Valencia. Yepes Piqueras, (8 de febrero del 2019). [fecha de consulta: 30 de septiembre de 2019].

Recuperado de <https://victoryepes.blogs.upv.es/2019/02/08/concepto-y-clasificacion-de-los-anclajes/>

DE MATTEIS, Álvaro F. Geología y Geotecnia - Estabilidad de Taludes [en línea]. Rosario – Argentina: Universidad Nacional del Rosario, Facultad de Cs. Exactas, Ingeniería y Agrimensura, 2003. 41 pp [fecha de consulta: 2 de mayo del 2020].

Disponible en:

<https://www.fceia.unr.edu.ar/geologiaygeotecnia/Estabilidad%20de%20Taludes.pdf>

DIAZ, Darwin y VIDAL, Americo. Evaluación De La Estabilidad Global Del Talud Superior Del Km. 17+200 Al Km 18+600 Del Proyecto Carretera Ruta N° 10, Tramo: Huamachuco - Puente Pallar - Juanjui, Sector: Huamachuco – Sausacocha - Puente Pallar. Tesis (Titulo en Ingeniería Civil). Lima: Universidad Ricardo Palma, 2015.

Disponible en: <http://repositorio.urp.edu.pe/handle/URP/2370>

DOS SANTOS, Domingos, GUARDADO, Rafael. Deslizamientos de los taludes en el yacimiento kimberlítico de Catoca, Angola. *Minería y Geología* [en línea].2011, 27(3) ,26-42[fecha de consulta 30 de noviembre de 2019].

Disponible en: <http://redalyc.org/articulo.oa?id=223522423002>

ISSN: 1993-8012

DUQUE, Gonzalo y ESCOBAR, Carlos. Mecánica de Suelos [en línea]. 1.º ed. Colombia: UNAL, 2016 [Fecha de consulta: 06 de octubre 2019].

Disponible en: <http://www.galeon.com/geomecanica/>

DYWIDAG. Dywidag-Systems International. 03 de julio del 2014. Disponible en: <https://www.dywidag-sistemas.com/productos/geotecnia/bulones-para-suelos-dywidag/>

FEI Song, HUABEI Liu, LIQIU Ma, HONGBING Hu. Numerical analysis of geocell-reinforced retaining wall failure modes. *Geotextiles and Geomembranes* [en línea]. 2018, v. °46, Issue 3, 284-296. [fecha de consulta 30 de noviembre de 2019].

Disponible en:

<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0266114418300049>

ISSN: 0266-1144

FUENTES, Jose. Topografía [en línea]. 1.º ed. México: Viveros de Asís 96, Col. Viveros de la Loma, Tlalnepantla, C.P. 54080, 2012 [Fecha de consulta: 05 de octubre 2019].

Disponible en:

<http://www.aliat.org.mx/BibliotecasDigitales/ingenieria/Topografia.pdf>



ISBN: 978-607-733-036-3

FLORES, Ronald. Estabilización de talud por tres Métodos: Gaviones, Geomalla y Muro de Contención en el Centro Poblado San Juanito Alto Distrito de Guadalupito-Viru- La Liberad. Tesis (Título de Ingeniero Civil). Chimbote: Universidad San Pedro, 2018.

Disponible en: <http://repositorio.usanpedro.edu.pe/handle/USANPEDRO/7988>

FRANQUET, Josep y QUEROL, Antonio. Nivelación de terrenos por regresión tridimensional [en línea]. 1.º ed. España: UNED-Tortosa. C/ Cervantes, nº: 17, 43.500 TORTOSA, 2010 [Fecha de consulta: 05 de octubre 2019].

Disponible en: [http://www.mecinca.net/papers/Nivelacion\\_REGRESION.pdf](http://www.mecinca.net/papers/Nivelacion_REGRESION.pdf)

ISBN: 849-384-200-1

GARCIA, Jhonathan. La estabilidad de taludes y la transitabilidad en la carretera longitudinal de la sierra, Provincia de Chota - Cajamarca 2017. Tesis (Título de Ingeniero Civil). Lima: Universidad Cesar Vallejo, 2017.

Disponible en: <http://repositorio.ucv.edu.pe/handle/UCV/1443>

GEOACE PERU. Geoaceoblog. 10 de octubre de 2019.

Disponible en: <https://www.geoaceperu.com/blog/que-es-una-geomalla-usos/>

GERFOR GEOSISTEMAS. Gerfor. Mayo del 2019. Disponible en: [http://www.gerfor.com/productos/geosistemas/descargas\\_geosistemas](http://www.gerfor.com/productos/geosistemas/descargas_geosistemas)

GONZÁLEZ, Sergio. Análisis De La Estabilidad Global De Un Relleno Reforzado Con Geosintético En La Localidad De Llico. Tesis (Titulo en Ingeniería Civil). Concepción: Universidad Católica De La Santísima Concepción, 2017.

Disponible en: <http://repositoriodigital.ucsc.cl/handle/25022009/1152>

HERNÁNDEZ, Roberto, FERNÁNDEZ, Carlos y BATISTA. Metodología de la investigación. 6ta. ed. D.F México: Editorial McGraw-Hill, 2014.600pp

ISBN: 978-1-4562-2396-0

HERNANDES, Yanela, RAMIRES, Hildebrando. Evaluación del riesgo asociado a vulnerabilidad física por taludes y laderas inestables en la microcuenca cay, ibagué, tolima, colombia. *Ciencia e Ingeniería Neogranadina* [en línea].2016, 26(2) ,111-128 [fecha de consulta 30 de noviembre de 2019].

Disponible en: <http://redalyc.org/articulo.oa?id=91146925007>

ISSN: 2215-261X

International Geosynthetic Society (IGS). Durand F. Clasificación de los geosintéticos.

Disponible en: <https://www.geosyntheticssociety.org/>

LEGUIA, Willy. Aplicación de geo celdas como tecnología en la estabilización de taludes en roca en cerro huayhuaca del p.k 1+ 000 – p.k. 2+340, del distrito de andahuaylas – 2018. Tesis (Título de Ingeniero Civil). Abancay: Universidad Alas Peruanas, 2019.

Disponible en: <http://repositorio.uap.edu.pe/handle/uap/7892>

LUI Yang, DENG An, JAKSA Mark. Failure mechanisms of geocell walls and junctions. *Geotextiles and Geomembranes* [en línea]. 2019, v. °102, Issue 2, 104-120. [fecha de consulta 30 de noviembre de 2019].

Disponible en:

<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0266114418301080>

ISSN: 0266-1144

MARCUSON, W.F., Franklin A.G. (1983). “Seismic Design, Analisis and Remedial Measures to Improve the Stability of Existing Earth Dams-Corps of Engineers Approach”. *Seismic Design of Embankments and Caverns*. T.R. Howard, Ed, New York: ASCE.

MINISTERIO de Transporte y Comunicaciones (Perú). Manual de carreteras DG-2014. Lima: 2014. 14 pp.

MINISTERIO de Transporte y Comunicaciones (Perú). Manual de hidrología, hidráulica y drenaje. Lima: 2014. 75 pp.

MÉNDEZ, Carlos. Metodología [en línea]. 4.º ed. México: Editorial Limusa, S.A. de C.V, 2011 [Fecha de consulta: 07 de octubre 2019].

Disponible en: [https://kupdf.net/download/metodolog-iacute-a-de-la-investigaci-oacute-n-carlos-mendez-1-pdf\\_58f3c938dc0d607f3fda9817\\_pdf](https://kupdf.net/download/metodolog-iacute-a-de-la-investigaci-oacute-n-carlos-mendez-1-pdf_58f3c938dc0d607f3fda9817_pdf)

ISBN: 978-968-18-7177-2

NAVARRO, Jhoanni. Diseño de refuerzo y protección del talud superior de la vía Alameda Shilcayo - Cercado Tarapoto, Con Geosintéticos. Tesis (Titulo en Ingeniería Civil). Tarapoto: Universidad Nacional De San Martín-Tarapoto, 2018.

Disponible en: <http://repositorio.unsm.edu.pe/handle/11458/2921>

PRESTO Geosystems. El sistema de protección de taludes guía de instalación [en línea].670 N Perkins Street, Appleton, Wisconsin USA 54914, 2014. [fecha de consulta 30 de noviembre de 2019].

Disponible en <http://www.prestogeo.com/>

RAMIRES, Rosa. Zonificación geomorfológica utilizando el concepto de estabilidad relativa aplicado a la microcuenca Los Tapiales, rio Mucujún, El Vallecito, estado Mérida-Venezuela. *Revista Geográfica Venezolana* [en línea].2005, 46(2), 235-252 [fecha de consulta 30 de noviembre de 2019].

Disponible en <http://redalyc.org/articulo.oa?id=347730349001>

ISSN: 1012-1617

Reglamento Nacional de Edificaciones (Perú). CE.020 Estabilización de suelos y taludes. Lima: 2012. 6pp.

Reglamento Nacional de Edificaciones (Perú). E.020 Cargas. Lima: 2006. 201pp.

Reglamento Nacional de Edificaciones (Perú). E.030 Diseño Sismorresistente. Lima: 2018. 7pp.

Reglamento Nacional de Vehículos (Perú). Decreto Supremo N° 058-2003-MTC. Lima: 2003. 78pp.

RICO, Alfonso y DEL CASTILLO, Hermilo. La ingeniería de Suelos en las Vías Terrestres: Carreteras, ferrocarriles y aeropistas [en línea]. México: Editorial Limusa, 2005. 459 pp [fecha de consulta: 2 de mayo del 2020].

Disponibile en: <https://imt.mx/archivos/Publicaciones/Libro/lb6.pdf>

ISSN: 0266-352X

SALAMANCA, Ismael. Estudio de la estabilidad de muros ecológicos con geotextiles mediante métodos tenso-deformacionales: técnica de diseño y predicción de fallos. Tesis (Grado en Ingeniería Civil). Sevilla: Universidad de Sevilla, 2016.

Disponibile en: <http://bibing.us.es/proyectos/abreproy/90984/>

SANHUEZA, C. y RODRÍGUEZ, L. Revista de la construcción [en línea]. Abril 2013, Vol. 12, n.º 1. [Fecha de consulta: 01 de mayo de 2020].

Disponibile en: <https://scielo.conicyt.cl/pdf/rconst/v12n1/art03.pdf>

ISSN: 0718-915X

SHIYI, Liu, LONGTAN, Shao y HONGJUN, Li. Slope stability analysis using the limit equilibrium method and two finite element methods [en línea]. Octubre 2014, vol. 63. [Fecha de consulta: 01 de mayo de 2020].

Disponibile en:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0266352X14001918>

SUÁREZ, Ludger. Analisis de estabilidad de taludes [en línea]. 1era. Ed. Madrid: independiente, 2016, 167pp. [Fecha de consulta: 08 de octubre 2019].

Disponibile en:

[http://geomecanica.org/publications/files/mono\\_files/SuarezBurgoa2016Book/SuarezBurgoa2016Book.pdf](http://geomecanica.org/publications/files/mono_files/SuarezBurgoa2016Book/SuarezBurgoa2016Book.pdf)

SUÁREZ, Jaime. 2009. Deslizamientos. Volumen2 Técnicas de remediación. 1ra ed. Bucaramanga-Colombia. División de Publicaciones

ISBN: 978-958-8504-04-2.

SUÁREZ, Jaime. Deslizamientos y estabilidad de taludes en zonas tropicales [en línea]. Colombia: Universidad Industrial de Santander, UIS, 1998 [fecha de consulta: 8 de octubre de 2019].

Disponible en: <http://www.erosion.com.co/deslizamientos-y-estabilidad-de-taludes-en-zonas-tropicales.html>

TAVAKOLI Mehrjardi, MOTARJEMI Fariba. Interfacial properties of geocell-reinforced granular soils. *Geotextiles and Geomembranes* [en línea]. 2018, v. °46, Issue 4, 384-395. [fecha de consulta 30 de noviembre de 2019].

Disponible en:

<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0266114418300153>

ISSN: 0266-1144

TAVAKOLI Mehrjardi, BEHRAD R, MOGHADDAS Tafreshi. Scale effect on the behavior of geocell-reinforced soil. *Geotextiles and Geomembranes* [en línea]. 2019, v. °47, Issue 2, 154-163. [fecha de consulta 30 de noviembre de 2019].

Disponible en:

<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0266114418301110>

ISSN: 0266-1144

TITAN Environmental Containment. Brett Burkard. Abril del 2018. Disponible en: <https://www.titanenviro.com/products/geogrids/slope-reinforcement-geogrid/>

VALENZUELA, Ana. Estudio Y Diseño Geométrico De La Vía Que Une Las Comunidades Miñarica Bajo Y Carmelitas, Perteneciente A La Parroquia Santa Rosa Cantón Ambato, Provincia De Tungurahua Y Estabilización De Taludes Por Medio De Geotextiles. Tesis (Titulo en Ingeniería Civil). Ambato: Universidad Técnica De Ambato, 2016.

Disponible en: <https://repositorio.uta.edu.ec/handle/123456789/24602>

VERGARA, Ronald. Estabilización de talud por tres Métodos: Gaviones, Geomalla y Muro de Contención en el Centro Poblado San Juanito Alto Distrito de Guadalupito-Viru- La Liberad. Tesis (Titulo en Ingeniería Civil). Chimbote: Universidad San Pedro, 2018.

Disponible en:

<http://repositorio.usanpedro.edu.pe/handle/USANPEDRO/7988>

WALABONSO, Arainga. Guía de investigación científica [en línea]. 1.º ed. Lima: Asociación Civil Universidad de Ciencias y Humanidades, 2011 [Fecha de consulta: 07 de octubre de 2019].

Disponible en:

[http://repositorio.uch.edu.pe/bitstream/handle/uch/23/rodriguez\\_arainaga\\_walabonso\\_guia%20investigacion\\_cientifica.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.uch.edu.pe/bitstream/handle/uch/23/rodriguez_arainaga_walabonso_guia%20investigacion_cientifica.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

ISBN: 978-612-4109-04-1

YOZA, Carlos. Diseño De Estabilización Biotécnica De Talud Con Geomalla Y Especie Vegetal En La Quebrada De Ingapirca De La Unesum. Tesis (Título en Ingeniería Civil). Ecuador: Universidad Estatal Del Sur De Manabí, 2017.

Disponible en: <http://repositorio.unesum.edu.ec/handle/53000/812>

**ANEXOS:**

**Anexo 1. Matriz de operacionalización de variables (Anexo 1)**

Tabla 86. Matriz de operacionalización de variables

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	ESCALA DE MEDICIÓN
Estabilidad de Taludes	Suárez, (1998). Es la seguridad que posee un volumen de tierra frente a fallas o movimientos que hacen cambiar su posición inicial del terreno.	Se realizará la evaluación de la estabilidad del talud en base a las normas vigentes mediante el software Slide v6.0, aplicando técnicas de recolección de datos tales como: observación, caracterización de taludes y la	Levantamiento topográfico del talud	Altitud	Cuantitativa de Razón
				Longitudes	
				Pendiente	
				Desniveles	
			Caracterización del talud	Tipo de talud	Cualitativa Nominal
				Tipo de suelo	
				Tipo de falla	
				Hidrología	
				Geometría	
			Tipo de Inestabilidad	Por deslizamiento superficial	Cualitativa Nominal
				Por deslizamiento rotacional	
				Local	
				Por traslación	
	Por flujo	Cualitativa Nominal			
	Por licuación				
	Por superficies compuestas				

		implementación de la geomalla uniaxial.		Múltiples	
			Factor de seguridad mediante el método Equilibrio Limite	Según fellenius	Cuantitativa Razón
				Según Bishop	
				Según Janbú	
				Según Spencer	
				Según Morgenstern-Price	
			Evaluación de la estabilidad del talud a través del software Slide 6.0	Análisis Estático	
		Análisis Pseudoestático			

Fuente: Elaboración propia.



## Anexo 2. Instrumento de recolección de datos



FICHA DE INVENTARIO DE TALUDES											
<b>TESIS</b> Análisis de la estabilidad de taludes reforzados con geosintéticos entre el tramo Curgos - Yanazara, distrito de Curgos - La Libertad	CODIGO <input type="text" value="001"/> N° TALUD <input type="text" value="1"/> FECHA <input type="text" value="26-10-2019"/>										
<b>LOCALIZACION:</b>  <table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <tr> <th style="text-align: center;">SITUACION CON RESPECTO AL TRAMO</th> </tr> <tr> <td>ITINERARIO: Tramo Curgos - Yanazara.</td> </tr> <tr> <td>TRAMO: Km 07+000 - Km 10+000</td> </tr> <tr> <td>P.K. PROXIMO: Km 08+170 - Km 08+220</td> </tr> </table>		SITUACION CON RESPECTO AL TRAMO	ITINERARIO: Tramo Curgos - Yanazara.	TRAMO: Km 07+000 - Km 10+000	P.K. PROXIMO: Km 08+170 - Km 08+220						
SITUACION CON RESPECTO AL TRAMO											
ITINERARIO: Tramo Curgos - Yanazara.											
TRAMO: Km 07+000 - Km 10+000											
P.K. PROXIMO: Km 08+170 - Km 08+220											
<b>TIPO DE TALUD:</b>  <input type="checkbox"/> NATURAL <input checked="" type="checkbox"/> ARTIFICIAL											
<b>CARACTERISTICAS GEOMETRICAS:</b>											
<table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td>MARGEN DERECHA: <input type="checkbox"/> Si <input checked="" type="checkbox"/> No</td> </tr> <tr> <td>Longitud: .....</td> </tr> <tr> <td>Altura: .....</td> </tr> <tr> <td>Pendiente: .....</td> </tr> <tr> <td>Estado: .....</td> </tr> </table>	MARGEN DERECHA: <input type="checkbox"/> Si <input checked="" type="checkbox"/> No	Longitud: .....	Altura: .....	Pendiente: .....	Estado: .....	<table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td>MARGEN IZQUIERDA: <input checked="" type="checkbox"/> Si <input type="checkbox"/> No</td> </tr> <tr> <td>Longitud: 50 m.</td> </tr> <tr> <td>Altura: 17.99 m</td> </tr> <tr> <td>Pendiente: 62.89%</td> </tr> <tr> <td>Estado: crítico</td> </tr> </table>	MARGEN IZQUIERDA: <input checked="" type="checkbox"/> Si <input type="checkbox"/> No	Longitud: 50 m.	Altura: 17.99 m	Pendiente: 62.89%	Estado: crítico
MARGEN DERECHA: <input type="checkbox"/> Si <input checked="" type="checkbox"/> No											
Longitud: .....											
Altura: .....											
Pendiente: .....											
Estado: .....											
MARGEN IZQUIERDA: <input checked="" type="checkbox"/> Si <input type="checkbox"/> No											
Longitud: 50 m.											
Altura: 17.99 m											
Pendiente: 62.89%											
Estado: crítico											
<b>CARACTERISTICAS DEL TALUD</b> Estabilidad: el talud es inestable, no cuenta con protección o medida de estabilidad. Presenta riesgo de desprendimiento de material. Al igual que se puede observar vegetación. Protección existente: Ninguna Tipo de Evento: Desprendimiento de material Hidrología: Humedo	<b>ACCIONES</b> Se recomienda el uso o aplicación de mallas o muros de contención para lograr su estabilización.										
<table style="width: 100%;"> <tr> <td style="width: 30%;">Validez:</td> <td style="width: 35%; text-align: center;">                 MUNICIPALIDAD DISTRICTAL DE CURGOS                    Ing. Walter E. Otiniano Villanueva                  SUB GERENTE DE DESARROLLO URBANO Y RURAL             </td> <td style="width: 35%; text-align: center;">                   VOLGER RODRIGUEZ FLORES                  ING. CIVIL                  R. CIP 76697             </td> </tr> </table>		Validez:	MUNICIPALIDAD DISTRICTAL DE CURGOS  Ing. Walter E. Otiniano Villanueva SUB GERENTE DE DESARROLLO URBANO Y RURAL	 VOLGER RODRIGUEZ FLORES ING. CIVIL R. CIP 76697							
Validez:	MUNICIPALIDAD DISTRICTAL DE CURGOS  Ing. Walter E. Otiniano Villanueva SUB GERENTE DE DESARROLLO URBANO Y RURAL	 VOLGER RODRIGUEZ FLORES ING. CIVIL R. CIP 76697									



FICHA DE INVENTARIO DE TALUDES

TESIS: Análisis de la estabilidad de taludes reforzados con geosintéticos entre el tramo Curgos - Yanazara, distrito de Curgos - La Libertad

CODIGO: 002 N° TALUD: 2

FECHA: 26-10-2019

LOCALIZACION:

SITUACION CON RESPECTO AL TRAMO  
 ITINERARIO: Tramo Curgos - Yanazara  
 TRAMO: km 07+000 - km 10+000  
 P.K. PROXIMO: Km 08+360 - km 08+410

TIPO DE TALUD:

NATURAL  ARTIFICIAL

CARACTERISTICAS GEOMETRICAS:

MARGEN DERECHA:  Si  No  
 Longitud: 50 m  
 Altura: 13.15 m  
 Pendiente: 41.53%  
 Estado: Crítico

MARGEN IZQUIERDA:  Si  No  
 Longitud: .....  
 Altura: .....  
 Pendiente: .....  
 Estado: ?

CARACTERISTICAS DEL TALUD

Estabilidad:  
 El talud es inestable, no cuenta con protección o medida de estabilidad.  
 Se puede observar vegetación.  
 Presenta falla de deslizamiento de material.  
 Protección existente: Ninguna.  
 Tipo de Evento: Deslizamiento de material.  
 Hidrología: Humedo

ACCIONES

Se recomienda la aplicación de mallas con anclas o suelos reforzados con mallas.

Validez:

MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE CURGOS  
 Ing. Walter E. Otiniano Villanueva  
 SUB GERENTE DE DESARROLLO URBANO Y RURAL

ING. RODRIGUEZ FLORES  
 ING CIVIL  
 N. CIP 76697



FICHA DE INVENTARIO DE TALUDES

TESIS **Análisis de la estabilidad de taludes reforzados con geosintéticos entre el tramo Curgos - Yanazara, distrito de Curgos - La Libertad**

CODIGO **003** N° TALUD **3**

FECHA **26-10-2019**

LOCALIZACION:

SITUACION CON RESPECTO AL TRAMO

ITINERARIO: **Tramo Curgos - Yanazara**

TRAMO: **Km 07+000 - Km 10+000**

P.K. PROXIMO: **Km 08+645 - Km 08+680**

TIPO DE TALUD:

NATURAL  ARTIFICIAL

CARACTERISTICAS GEOMETRICAS:

MARGEN DERECHA:  Si  No  
 Longitud: **35 m**  
 Altura: **12.64 m**  
 Pendiente: **67.14%**  
 Estado: **Crítico**

MARGEN IZQUIERDA:  Si  No  
 Longitud: .....  
 Altura: .....  
 Pendiente: .....  
 Estado: **Crítico**

CARACTERISTICAS DEL TALUD

Estabilidad:  
**El talud es inestable, no cuenta con protección o medida de estabilidad.**  
**Presenta riesgo de deslizamiento de material, al igual que se observa vegetación**

Protección existente: **Ninguna**

Tipo de Evento: **Deslizamiento de material**

Hidrología: **Humedo**

ACCIONES

**Se recomienda el uso de mallas con anclajes y si fuese necesario muros de contención.**

Validez:

MUNICIPALIDAD DISTRICTAL DE CURGOS  
  
 Ing. Walter E. Olimiano Villanueva  
 SUB GERENTE DE DESARROLLO URBANO Y RURAL

ING. CIVIL  
 R. CIP 76697



FICHA DE INVENTARIO DE TALUDES

TESIS

Análisis de la estabilidad de taludes reforzados con geosintéticos entre el tramo Curgos - Yanazara, distrito de Curgos - La Libertad

CODIGO

004

N° TALUD

4

FECHA

26-10-2019

LOCALIZACION:

SITUACION CON RESPECTO AL TRAMO

ITINERARIO: Tramo Curgos - Yanazara

TRAMO: Km 07+000 - Km 10+000

P.K. PROXIMO: Km 08+900 - Km 08+935

TIPO DE TALUD:

NATURAL

ARTIFICIAL

CARACTERISTICAS GEOMETRICAS:

MARGEN DERECHA:  Si  No

Longitud: .....

Altura: .....

Pendiente: .....

Estado: .....

MARGEN IZQUIERDA:  Si  No

Longitud: 35 m

Altura: 14.86

Pendiente: 40.95

Estado: Crítico

CARACTERISTICAS DEL TALUD

Estabilidad:

El talud es inestable, no cuenta con protección o medida de estabilidad.

Presenta riesgo de deslizamiento de material.

Al igual que se observa vegetación.

Protección existente: Ninguna

Tipo de Evento: Deslizamiento de material

Hidrología: Humedo

ACCIONES

Se recomienda el uso de mallas con anclajes o la utilización de suelos reforzados.

Validez:

MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE CURGOS

Ing. Walter E. Orimano Villanueva  
SUB GERENTE DE DESARROLLO URBANO Y RURAL

ING. CIVIL

R. CIP 76697



FICHA DE INVENTARIO DE TALUDES

TESIS **Análisis de la estabilidad de taludes reforzados con geosintéticos entre el tramo Curgos - Yanazara, distrito de Curgos - La Libertad**

CODIGO **005** N° TALUD **5**  
 FECHA **26-10-2019**

LOCALIZACION:

**SITUACION CON RESPECTO AL TRAMO**  
 ITINERARIO: **Tramo Curgos - Yanazara**  
 TRAMO: **Km 07+000 - Km 10+000**  
 P.K. PROXIMO: **Km 09+235 - Km 09+285**

TIPO DE TALUD:

NATURAL  ARTIFICIAL

CARACTERISTICAS GEOMETRICAS:

MARGEN DERECHA:  Si  No  
 Longitud: **50 m.**  
 Altura: **16.26 m.**  
 Pendiente: **55.03%**  
 Estado: **Crítico**

MARGEN IZQUIERDA:  Si  No  
 Longitud: .....  
 Altura: .....  
 Pendiente: .....  
 Estado: .....

CARACTERISTICAS DEL TALUD

Estabilidad:  
**El talud es inestable, no cuenta con protección o medida de estabilidad. Al igual que se observa vegetación. Presenta riesgo de deslizamiento de material.**

Protección existente: **Ninguna.**

Tipo de Evento: **Deslizamiento de material.**


Hidrología: **Humedo.**

ACCIONES

**Se recomienda el uso de geomallas y muros de contención.**

Validez:

MUNICIPALIDAD DISTRICTAL DE CURGOS  
  
 Ing. Walter E. Olimiano Villanueva  
 SUB GERENTE DE DESARROLLO URBANO Y RURAL

  
 ING. CIVIL  
 R. CIP 76697



FICHA DE INVENTARIO DE TALUDES

TESIS: Análisis de la estabilidad de taludes reforzados con geosintéticos entre el tramo Curgos - Yanazara, distrito de Curgos - La Libertad

CODIGO: 006 N° TALUD: 6  
 FECHA: 26-10-2019

LOCALIZACION:

SITUACION CON RESPECTO AL TRAMO  
 ITINERARIO: Tramo Curgos - Yanazara  
 TRAMO: Km 07+000 - Km 10+000  
 P.K. PROXIMO: Km 09+580 - Km 09+630

TIPO DE TALUD:

NATURAL  ARTIFICIAL

CARACTERISTICAS GEOMETRICAS:

MARGEN DERECHA:  Si  No  
 Longitud: .....  
 Altura: .....  
 Pendiente: .....  
 Estado: .....

MARGEN IZQUIERDA:  Si  No  
 Longitud: 50 m  
 Altura: 14.05 m  
 Pendiente: 45.87%  
 Estado: Critico

CARACTERISTICAS DEL TALUD

Estabilidad:  
 El talud es inestable, no cuenta con protección o medida de estabilidad. Se puede observar vegetación. Y presenta riesgo de deslizamiento de material.  
 Protección existente: Ninguna  
 Tipo de Evento: Deslizamiento de material  
 Hidrología: Seco

ACCIONES

Se recomienda el uso de mallas, suelo reforzado o muros de contención inclinados para mejorar su estabilidad.

Validez:

MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE CURGOS  
 Ing. Walter E. Olimano Villanueva  
 SUB GERENTE DE DESARROLLO URBANO Y RURAL

Ing. ROBERTO RODRIGUEZ  
 ING CIVIL  
 R. CIP 76697



FICHA DE INVENTARIO DE TALUDES

TESIS **Análisis de la estabilidad de taludes reforzados con geosintéticos entre el tramo Curgos - Yanazara, distrito de Curgos - La Libertad**

CODIGO **007** N° TALUD **7**  
 FECHA **26-10-2019**

LOCALIZACION:

**SITUACION CON RESPECTO AL TRAMO**  
 ITINERARIO: **Tramo Curgos - Yanazara**  
 TRAMO: **Km 07+000 - Km 10+000**  
 P.K. PROXIMO: **Km 09+750 - Km 09+835**

TIPO DE TALUD:

NATURAL  ARTIFICIAL

CARACTERISTICAS GEOMETRICAS:

MARGEN DERECHA:  Si  No  
 Longitud:.....  
 Altura:.....  
 Pendiente:.....  
 Estado:.....

MARGEN IZQUIERDA:  Si  No  
 Longitud: **85 m.**  
 Altura: **20.27 m**  
 Pendiente: **47.77%**  
 Estado: **Crítico**

CARACTERIS TICAS DEL TALUD

Estabilidad:  
**El talud es inestable, no cuenta con protección o medida de estabilidad. Se puede observar vegetación. Presenta riesgo de deslizamiento de material.**

Protección existente: **Ninguna**  
 Tipo de Evento: **Deslizamiento de material**  
 Hidrología: **húmedo**

ACCIONES

**Se recomienda el uso de geomalla con anclajes por motivos de tener una gran altura. y así generar estabilidad.**

Validez:

MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE CURGOS  
  
 Ing. Walter E. Otimiano Villanueva  
 SUB GERENTE DE DESARROLLO URBANO Y RURAL

WILCER RODRÍGUEZ FLORES  
 ING. CIVIL  
 R. CIP 76691

### Anexo 3. Cálculo del tamaño de muestra (Anexo 3)

- **Anexo 3.1:** Puntos topográficos de la zona de estudio

En los siguientes cuadros se dan a conocer las coordenadas obtenidas a mediante el estudio topográfico.

La descripción se clasificó de la siguiente manera.

C: Carretera

T: Área del Talud

AR: Área superior

Tabla 87. Coordenadas UTM del tramo los tramos estudiados

PUNTOS TOPOGRAFICOS DEL TRAMO 01				
PUNTO	COORD ESTE	COORD NORTE	ELEVACIÓN	DESCRIPCIÓN
1	179032.7501	9133803.274	2943.6722	C
2	179026.1454	9133806.563	2943.6761	C
3	179025.4694	9133806.646	2943.5815	C
4	179023.3525	9133801.299	2944.1027	C
5	179024.3650	9133800.853	2944.2545	C
6	179028.3968	9133796.124	2944.6321	C
7	179022.3379	9133795.504	2944.7734	C
8	179015.8727	9133789.338	2945.3689	C
9	179020.1745	9133785.541	2945.2761	C
10	179014.5130	9133778.792	2945.9157	C
11	179009.2170	9133782.262	2946.1306	C
12	179008.6188	9133782.915	2945.8525	C
13	178999.6587	9133771.097	2947.0995	C
14	179000.2640	9133770.822	2947.4366	C
15	179006.4376	9133767.569	2947.0362	C
16	178998.6104	9133774.442	2951.5015	T
17	179000.7646	9133778.527	2950.7525	T
18	179005.5160	9133784.196	2950.6598	T
19	179012.6284	9133791.333	2950.1129	T
20	179015.9302	9133792.399	2947.2008	T
21	179019.1229	9133796.637	2947.5300	T
22	179015.1856	9133795.466	2950.3718	T
23	179020.8558	9133800.718	2948.8317	T
24	179023.6338	9133806.050	2947.6674	T
25	179016.9911	9133801.018	2952.2716	T
26	179017.3532	9133803.769	2952.6390	T
27	179012.8139	9133799.122	2953.1926	T
28	179010.9916	9133795.175	2952.7964	T
29	179004.9819	9133788.890	2953.3615	T
30	178996.2740	9133797.323	2960.7299	T



31	179005.6100	9133807.446	2960.2789	T
32	179010.7414	9133813.960	2959.5640	T
33	179009.7282	9133805.087	2957.1373	T
34	179020.6174	9133807.949	2952.4881	T
35	179016.3494	9133797.608	2951.0508	T
36	179003.8032	9133775.941	2946.1457	AR
37	178994.0451	9133779.654	2955.2563	AR
38	179009.3032	9133787.274	2950.1572	AR
39	179022.7406	9133810.114	2948.0986	AR
40	178997.3813	9133772.423	2951.0480	AR
41	179027.1606	9133807.883	2943.3570	AR
PUNTOS TOPOGRAFICOS DEL TRAMO 02				
PUNTO	COORD ESTE	COORD NORTE	ELEVACIÓN	DESCRIPCIÓN
42	179078.3198	9133847.316	2934.2304	C
43	179083.0498	9133857.597	2935.2979	C
44	179088.8044	9133872.834	2936.8835	C
45	179080.8551	9133872.191	2936.4861	C
46	179078.0530	9133863.425	2935.8031	C
47	179074.7405	9133854.518	2935.0636	C
48	179071.1981	9133847.762	2933.7617	C
49	179071.6952	9133847.350	2933.9371	C
50	179067.9041	9133840.228	2932.9488	C
51	179068.2681	9133840.069	2933.1831	C
52	179064.5389	9133833.841	2932.3274	C
53	179065.0602	9133833.588	2932.5007	C
54	179061.3331	9133826.701	2931.5901	C
55	179061.9732	9133826.485	2931.7221	C
56	179066.6365	9133823.981	2931.5053	C
57	179061.0392	9133835.031	2935.9674	T
58	179064.3213	9133841.659	2936.6206	T
59	179067.5241	9133847.136	2937.1936	T
60	179068.7390	9133865.353	2947.6518	T
61	179061.8526	9133859.430	2948.4579	T
62	179054.2493	9133849.972	2949.5442	T
63	179051.2609	9133841.520	2950.4625	T
64	179065.2583	9133868.582	2947.4561	T
65	179062.7301	9133866.758	2947.4406	T
66	179057.7206	9133862.652	2948.5445	T
67	179051.0388	9133854.042	2949.5920	T
68	179048.5591	9133844.810	2950.3940	T
69	179048.1218	9133839.189	2950.9874	AR
70	179069.8185	9133871.877	2945.8145	AR
PUNTOS TOPOGRAFICOS DEL TRAMO 03				
PUNTO	COORD ESTE	COORD NORTE	ELEVACIÓN	DESCRIPCIÓN
71	179068.9343	9133563.174	2902.6801	T

72	179068.4941	9133562.943	2902.3759	T
73	179073.9824	9133571.506	2903.3275	T
74	179067.8527	9133571.338	2903.4864	T
75	179067.3257	9133571.750	2903.2526	T
76	179065.8458	9133579.863	2903.9403	T
77	179064.8520	9133580.192	2903.6311	T
78	179063.2836	9133587.738	2905.3320	T
79	179064.2301	9133587.778	2904.5434	T
80	179062.0893	9133595.057	2904.5422	A
81	179062.4473	9133592.066	2904.8347	C
82	179068.2325	9133594.031	2905.0317	C
83	179070.6909	9133584.623	2904.3550	C
84	179073.9941	9133571.902	2903.3181	C
85	179065.8890	9133563.115	2906.4790	C
86	179063.8615	9133570.273	2907.9058	C
87	179063.0850	9133574.577	2908.1382	C
88	179061.5084	9133581.862	2907.9580	C
89	179059.3091	9133588.647	2908.1395	C
90	179058.6855	9133594.541	2908.3343	C
91	179063.7384	9133562.696	2907.8357	AR
92	179062.4085	9133569.611	2909.2378	AR
93	179061.0566	9133575.272	2909.7860	AR
94	179059.9096	9133581.986	2909.7370	AR
95	179057.8691	9133588.803	2910.1050	AR
96	179057.7678	9133594.698	2909.8527	AR
97	179059.1407	9133591.250	2908.2786	AR
98	179060.2117	9133585.750	2908.0150	AR
99	179061.8692	9133578.250	2908.0785	AR
100	179057.6029	9133565.367	2911.4536	AR
101	179052.7097	9133570.673	2914.1435	AR
102	179051.6529	9133581.572	2914.3544	AR
103	179052.1475	9133589.036	2913.6345	AR
104	179061.2618	9133572.019	2909.9437	AR
105	179060.0673	9133578.086	2909.9240	AR
106	179059.2667	9133584.839	2909.5700	AR
107	179057.9481	9133591.702	2910.0678	AR
PUNTOS TOPOGRAFICOS DEL TRAMO 04				
PUNTO	COORD ESTE	COORD NORTE	ELEVACIÓN	DESCRIPCIÓN
108	179136.2191	9133442.252	2883.9473	C
109	179135.8665	9133441.851	2883.8360	C
110	179131.4621	9133449.255	2882.7998	C
111	179131.9708	9133449.652	2883.0108	C
112	179136.7486	9133452.936	2882.6029	C
113	179127.9453	9133457.603	2881.8729	C
114	179128.3514	9133457.941	2882.0581	C
115	179128.3047	9133464.414	2881.2460	C

116	179126.4825	9133464.393	2882.1242	C
117	179123.7288	9133471.809	2882.2132	C
118	179126.5239	9133472.718	2880.4162	C
119	179131.2577	9133474.124	2880.2289	C
120	179133.3804	9133463.997	2881.0630	C
121	179133.3684	9133463.966	2881.0673	C
122	179130.9014	9133443.071	2890.8795	T
123	179125.6105	9133440.723	2892.9082	T
124	179127.9907	9133446.467	2891.0749	T
125	179123.9127	9133444.211	2893.1509	T
126	179123.6066	9133450.036	2891.8025	T
127	179120.1578	9133447.109	2893.9421	T
128	179116.3048	9133465.739	2891.7100	T
129	179113.8109	9133459.476	2894.7115	T
130	179111.7573	9133466.203	2894.8109	T
131	179119.0527	9133457.654	2891.9544	AR
132	179113.9391	9133474.022	2891.1254	AR
133	179109.6193	9133470.143	2894.1425	AR
134	179122.8645	9133476.024	2879.9894	AR
135	179117.3175	9133442.406	2893.7180	AR
136	179113.9370	9133446.685	2893.9851	AR
137	179108.9635	9133456.665	2894.8105	AR
138	179107.1492	9133461.944	2894.8525	AR
139	179106.3524	9133466.086	2894.9147	AR
140	179131.8660	9133439.992	2889.5786	AR
141	179116.6038	9133452.684	2894.1785	AR
PUNTOS TOPOGRAFICOS DEL TRAMO 05				
PUNTO	COORD ESTE	COORD NORTE	ELEVACIÓN	DESCRIPCIÓN
142	179177.3035	9133480.036	2846.5239	T
143	179168.9747	9133485.410	2847.6789	T
144	179161.9216	9133491.068	2848.3490	T
145	179157.4812	9133495.829	2848.9782	T
146	179153.7793	9133499.911	2849.7057	T
147	179151.0720	9133505.205	2849.6974	T
148	179148.0230	9133511.867	2849.7994	T
149	179146.3724	9133518.681	2849.4757	T
150	179147.5096	9133520.693	2846.0898	A
151	179148.9624	9133518.423	2846.2014	C
152	179155.3540	9133520.605	2845.8463	C
153	179159.0832	9133510.799	2844.8312	C
154	179153.5013	9133506.128	2845.5142	A
155	179151.8269	9133510.638	2845.5135	C
156	179156.1771	9133502.420	2844.7660	C
157	179163.0751	9133503.835	2844.1669	C
158	179161.5645	9133494.903	2844.0044	C
159	179170.4081	9133488.587	2843.2131	C

160	179173.3499	9133494.186	2843.1120	C
161	179183.5787	9133486.339	2842.1575	C
162	179179.0258	9133480.918	2841.9170	C
163	179179.3325	9133481.521	2842.1453	C
164	179162.1936	9133472.947	2856.0293	AR
165	179151.3150	9133481.559	2857.3784	AR
166	179141.6268	9133492.271	2856.3837	AR
167	179137.1184	9133509.413	2855.1475	AR
168	179158.1260	9133498.469	2844.8621	AR
PUNTOS TOPOGRAFICOS DEL TRAMO 06				
PUNTO	COORD ESTE	COORD NORTE	ELEVACIÓN	DESCRIPCIÓN
169	179211.1308	9133677.462	2831.0593	C
170	179205.2035	9133675.842	2830.9447	C
171	179204.6469	9133675.655	2830.6280	C
172	179203.2367	9133675.161	2833.6509	T
173	179212.7323	9133665.604	2831.8666	C
174	179206.9497	9133664.180	2831.9141	C
175	179206.0650	9133664.016	2831.4997	C
176	179203.1716	9133663.805	2836.0788	T
177	179203.4889	9133653.482	2837.6197	T
178	179203.3616	9133649.010	2838.0310	T
179	179201.2435	9133641.515	2839.9315	T
180	179202.6344	9133638.559	2839.4028	T
181	179202.5886	9133631.735	2838.1523	T
182	179201.8419	9133623.360	2837.7946	T
183	179203.8511	9133622.698	2834.7735	C
184	179209.8102	9133622.322	2835.0650	C
185	179205.2848	9133633.145	2833.9484	C
186	179212.4243	9133633.539	2833.9977	C
187	179206.8039	9133641.757	2833.6477	C
188	179213.0295	9133645.275	2833.3047	C
189	179206.6894	9133649.819	2832.5448	C
190	179207.4502	9133649.946	2832.9147	C
191	179206.4310	9133659.272	2831.9335	C
192	179207.4014	9133659.193	2832.2721	C
193	179213.1796	9133660.473	2832.1908	C
194	179206.0961	9133666.130	2831.3361	C
195	179206.8781	9133666.262	2831.7611	C
196	179191.3559	9133628.396	2841.2456	AR
197	179185.9167	9133638.585	2848.0540	AR
198	179186.0039	9133650.082	2845.1534	AR
199	179188.8392	9133659.952	2842.2450	AR
200	179193.9406	9133670.036	2838.2345	AR
PUNTOS TOPOGRAFICOS DEL TRAMO 07				
PUNTO	COORD ESTE	COORD NORTE	ELEVACIÓN	DESCRIPCIÓN

201	179247.3199	9133832.572	2817.1244	C
202	179257.2109	9133845.905	2815.2209	C
203	179271.5064	9133856.716	2815.2079	C
204	179272.4678	9133860.448	2817.4772	T
205	179267.0618	9133862.097	2820.5027	T
206	179260.6248	9133864.407	2824.6369	T
207	179250.8618	9133864.198	2829.8096	T
208	179249.6309	9133865.458	2831.2638	A
209	179245.2084	9133861.728	2832.0423	T
210	179240.7173	9133856.033	2832.5093	T
211	179238.7040	9133852.649	2832.5680	T
212	179233.3770	9133843.814	2832.0181	T
213	179228.2066	9133837.135	2831.9757	T
214	179222.0888	9133829.276	2831.4512	T
215	179216.4831	9133820.588	2830.1358	T
216	179214.4420	9133814.317	2827.7352	T
217	179211.8481	9133806.733	2826.0716	T
218	179201.1591	9133799.389	2829.9857	A
219	179209.0391	9133797.435	2825.0125	T
220	179213.5959	9133797.909	2820.7164	T
221	179214.1703	9133797.596	2821.0728	T
222	179219.4578	9133795.511	2820.7850	C
223	179226.6398	9133807.218	2819.6996	C
224	179217.6596	9133803.289	2820.1097	A
225	179222.0303	9133812.803	2819.3206	C
226	179229.9165	9133821.396	2818.5670	C
227	179230.4495	9133820.974	2818.8509	C
228	179237.1837	9133830.908	2817.4640	C
229	179237.8841	9133830.355	2817.7915	C
230	179245.7459	9133844.145	2816.6255	C
231	179256.0323	9133856.761	2815.7483	C
232	179262.7449	9133856.850	2814.8855	C
233	179263.3313	9133857.907	2815.3601	C
234	179263.1779	9133850.407	2814.8657	C
235	179189.4599	9133808.952	2837.8945	AR
236	179187.7738	9133826.608	2842.1455	AR
237	179197.2291	9133844.636	2850.3163	AR
238	179212.6146	9133861.004	2849.4564	AR
239	179232.9760	9133873.283	2840.3547	AR
240	179254.5593	9133882.045	2832.7496	AR
241	179212.1883	9133795.469	2821.1953	AR

Fuente: Elaboración propia

- **Anexo 3.2:** Orografía del terreno

Tabla 88. Clasificación por orografía

TIPO DE RELIEVE	PENDIENTES (%)
Terreno plano (1)	≤ 10%
Terreno ondulado (2)	11% y 50%
Terreno accidentado (3)	51% y 100%
Terreno escarpado (4)	> 100%

Fuente: Manual de Carreteras DG-2014

Tabla 89. Clasificación orográfica para el tramo 1: km 08+170 - km 08+220

Tramo	Sección	Longitud (m)	Altura (m)	Pendiente %	Pendiente prom %	Orografía		
						Rango	Tipo	Relieve
Talud N° 01	A-A	19.07	10.53	55.21%	62.86%	51% - 100%	4	<b>Terreno accidentado</b>
	B-B	25.25	14.64	57.97%				
	C-C	25.35	17.99	70.95%				
	D-D	24.92	16.77	67.30%				

Fuente: Elaboración propia

Tabla 90. Clasificación orográfica para el tramo 2: km 08+360- km 08+410

Tramo	Sección	longitud (m)	altura (m)	Pend %	Pendiente prom %	Orografía		
						Rango	Tipo	Relieve
Talud N° 02	A-A	18.65	8.00	42.92%	41.53%	11% - 50%	3	<b>Terreno ondulado</b>
	B-B	24.42	9.60	39.29%				
	C-C	27.03	13.15	48.67%				
	D-D	25.82	9.10	35.23%				

Fuente: Elaboración propia

Tabla 91. Clasificación orográfica para el tramo 3: km 08+645 - km 08+680

Tramo	Sección	longitud (m)	altura (m)	Pend %	Pendiente prom %	Orografía		
						Rango	Tipo	Relieve
Talud N° 03	A-A	16.83	12.64	75.08%	67.14%	51% - 100%	4	<b>Terreno accidentado</b>
	B-B	19.59	12.12	61.89%				
	C-C	20.07	12.94	64.46%				

Fuente: Elaboración propia

Tabla 92. Clasificación orográfica para el tramo 4: km 08+900 - km 08+935

Tramo	Sección	longitud (m)	altura (m)	Pend %	Pendiente prom %	Orografía		
						Rango	Tipo	Relieve
Talud N° 04	A-A	23.73	6.52	27.46%	40.95%	11% - 50%	3	<b>Terreno ondulado</b>
	B-B	25.56	8.96	35.06%				
	C-C	24.63	14.86	60.34%				

Fuente: Elaboración propia

Tabla 93. Clasificación orográfica para el tramo 5: km 09+235 - km 09+285

Tramo	Sección	longitud (m)	altura (m)	Pend %	Pendiente prom %	Orografía		
						Rango	Tipo	Relieve
Talud N° 05	A-A	24.36	13.71	56.28%	55.03%	51% - 100%	4	<b>Terreno accidentado</b>
	B-B	25.46	16.26	63.85%				
	C-C	25.44	11.44	44.96%				

Fuente: Elaboración propia

Tabla 94. Clasificación orográfica para el tramo 6: km 09+580 - km 09+630

Tramo	Sección	longitud (m)	altura (m)	Pend %	Pendiente prom %	Orografía		
						Rango	Tipo	Relieve
Talud N° 06	A-A	27.07	14.05	51.92%	45.87%	11% - 50%	3	<b>Terreno ondulado</b>
	B-B	27.03	13.23	48.96%				
	C-C	25.96	12.41	47.80%				
	D-D	22.23	7.73	34.78%				

Fuente: Elaboración propia

Tabla 95. Clasificación orográfica para el tramo 7: km 09+750 - km 09+835

Tramo	Sección	longitud (m)	altura (m)	Pend %	Pendiente prom %	Orografía		
						Rango	Tipo	Relieve
Talud N° 07	A-A	31.98	18.06	56.47%	47.77%	11% - 50%	3	<b>Terreno ondulado</b>
	B-B	35.90	13.79	38.42%				
	C-C	36.16	20.27	56.05%				
	D-D	34.30	13.02	37.97%				
	C-C	30.17	15.07	49.94%				

Fuente: Elaboración propia

- **Anexo 3.3: Hidrología**

Se tomó la estación meteorológica más cercana a la zona de estudio, ubicada en la localidad de Huamachuco.

Departamento : La Libertad  
 Provincia : Sánchez Carrión  
 Distrito : Huamachuco  
 Localidad : Huamachuco

Exactamente en la latitud, longitud y altitud de:

Latitud : 07°49,2' 49" S  
 Longitud : 78° 3' 3" w  
 Altitud : 3290 m.s.n.m

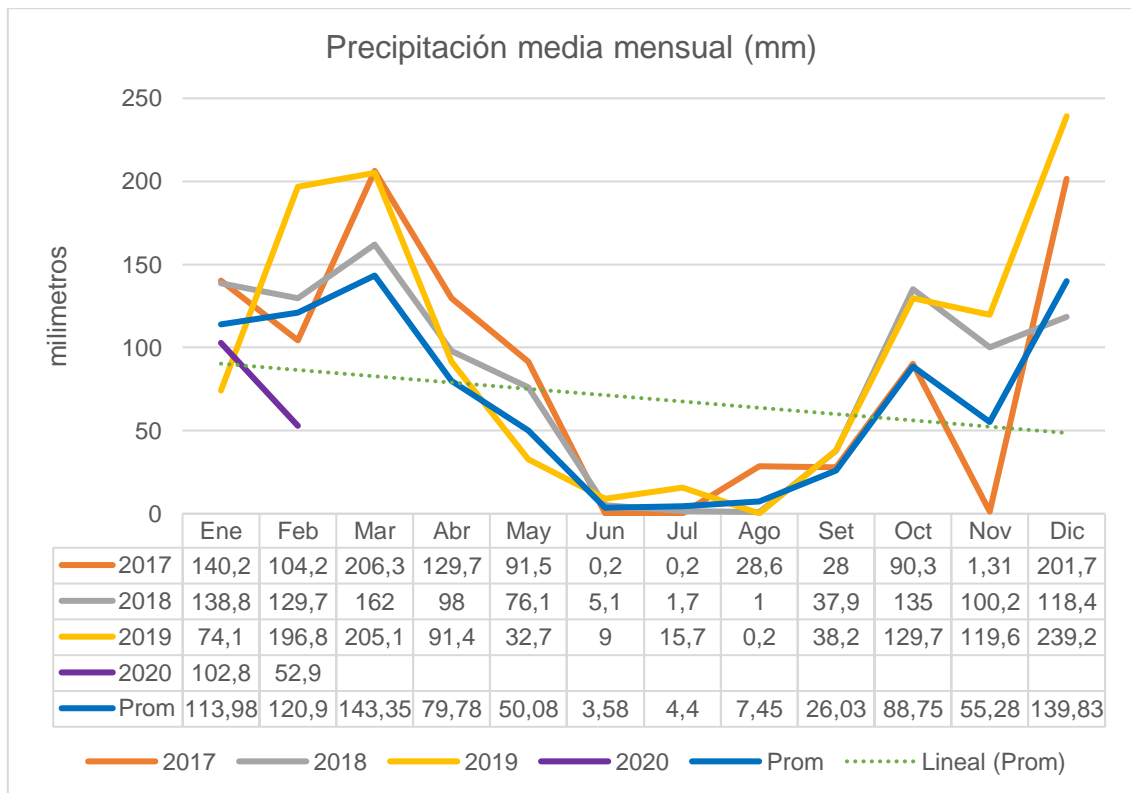


Figura 41. Línea de tendencia de la precipitación media mensual

Fuente: Elaboración propia



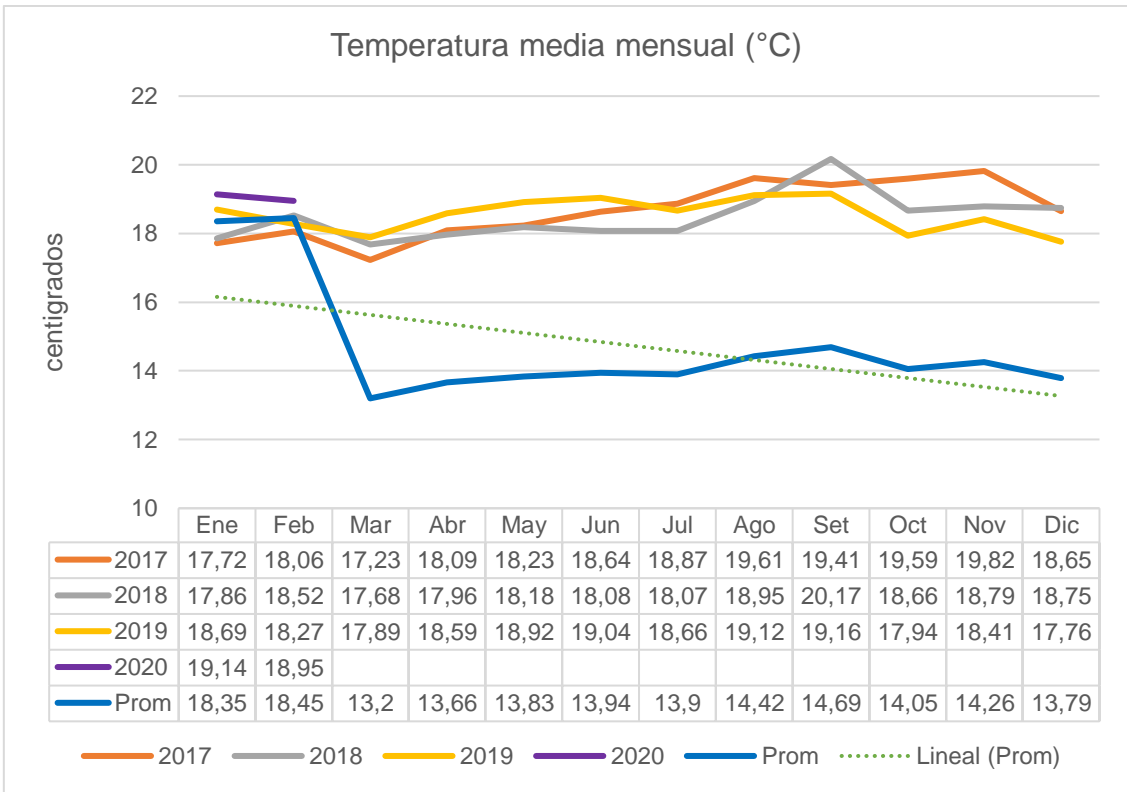


Figura 42. Línea de tendencia de la temperatura media mensual

Fuente: Elaboración propia

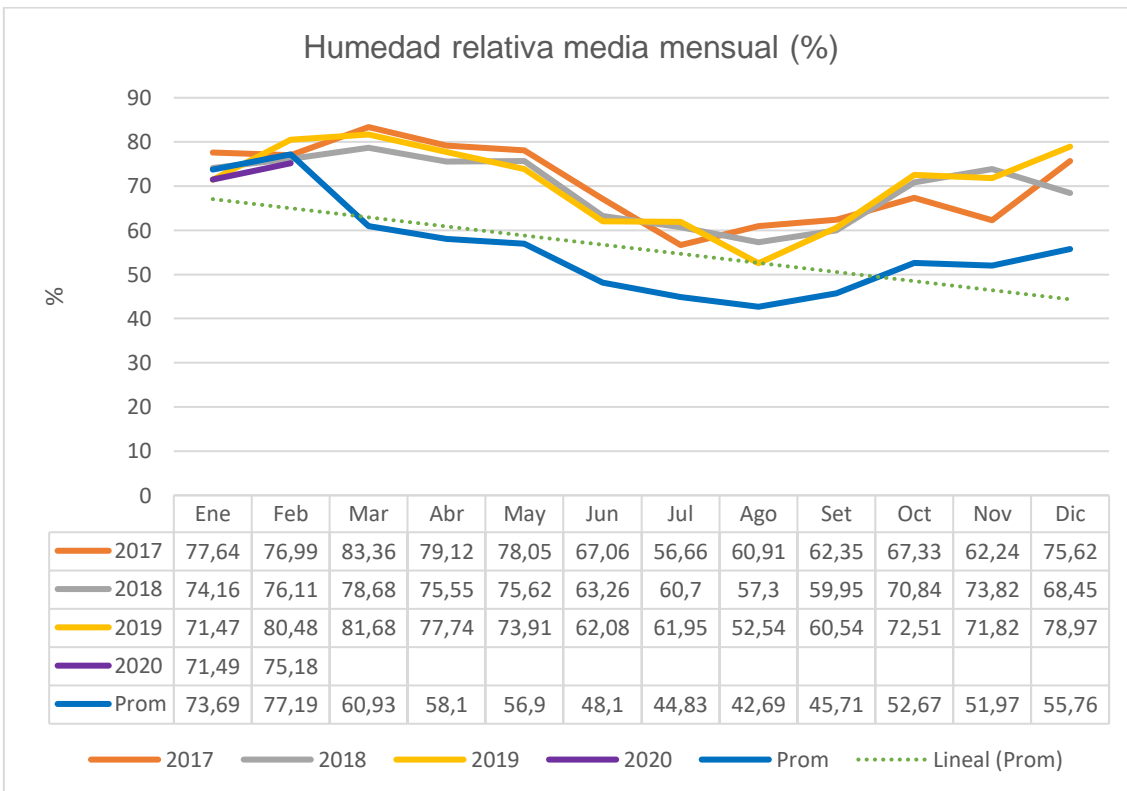


Figura 43. Línea de tendencia de la humedad relativa media mensual

Fuente: Elaboración propia

En las figuras 41,42 y 43 se muestran las precipitaciones mensuales en milímetros (mm), la temperatura en grados centígrados (°C) y la humedad relativa media mensual en porcentaje (%). Observándose que en los últimos 3 años se ha producido un descenso de acuerdo a la línea de tendencia.

- **Anexo 3.4:** Abaco para coeficiente de corrección

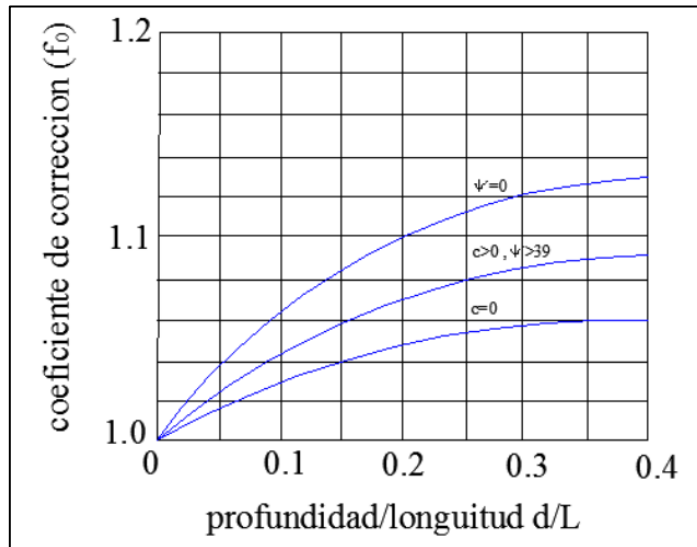


Figura 44. Abaco para determinar el factor  $f_0$  para el método de Janbu

- **Anexo 3.5:** Zanja de anclaje

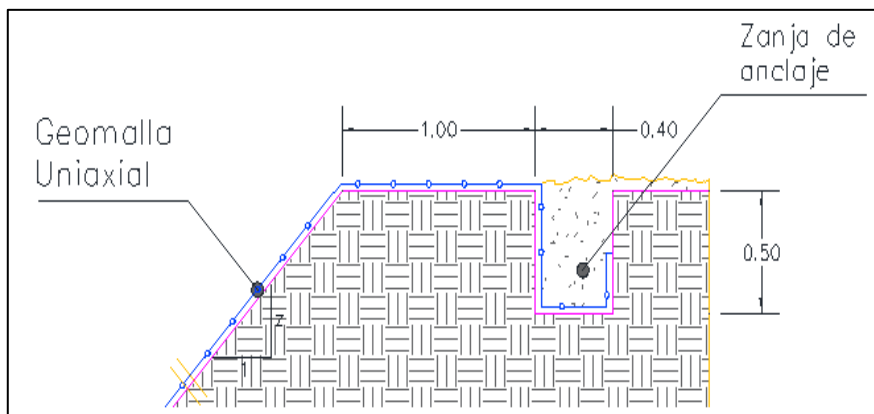


Figura 45. Zanja de anclaje para geomalla

Fuente: Elaboración propia

- **Anexo 3.6:** Curva de precipitación

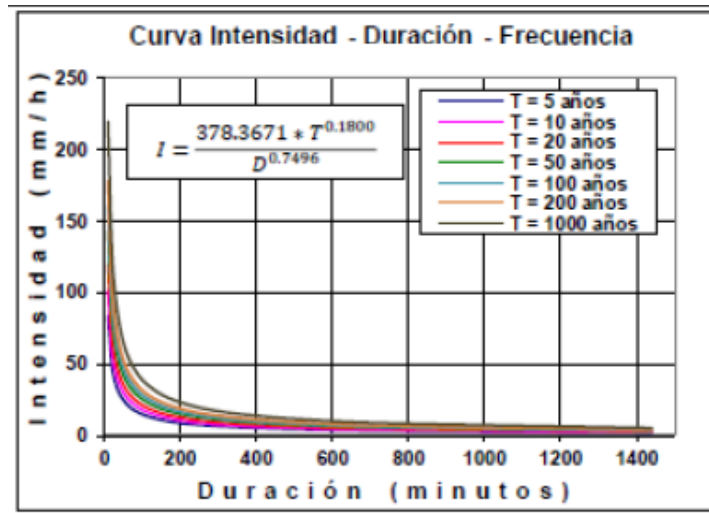


Figura 46. Curva Intensidad – Duración – Frecuencia Cuenca Rio Chusgón

Fuente: Expediente Técnico con código SNIP N° 386424

Tabla 96. Valores del Coeficiente de Rugosidad de Manning (n)

TIPO DE CANAL		MÍNIMO	NORMAL	MÁXIMO	
B. CANALES REVESTIDOS	B.1 METAL	a. Acero liso			
		sin pintar	0.011	0.012	0.014
		pintado	0.012	0.013	0.017
	b. Corrugado	0.021	0.025	0.03	
	B.2 NO METÁLICO	a. Madera			
		Sin tratamiento	0.01	0.012	0.014
		Tratada	0.011	0.012	0.015
		Planchas	0.012	0.015	0.018
		b. Concreto			
		afinado con plana	0.011	0.013	0.015
		afinada con fondo de grava	0.015	0.017	0.020
		sin afinar	0.014	0.017	0.020
		excavado en roca de buena calidad	0.017	0.020	
		excavado en roca descompuesta	0.022	0.027	
		c. Albañilería			
piedra con mortero		0.017	0.025	0.030	
piedra sola	0.023	0.032	0.035		

Fuente: Manual de Hidrología, Hidráulica y Drenaje (2014)

- **Anexo 3.7: Diseño de cuneta de coronación**

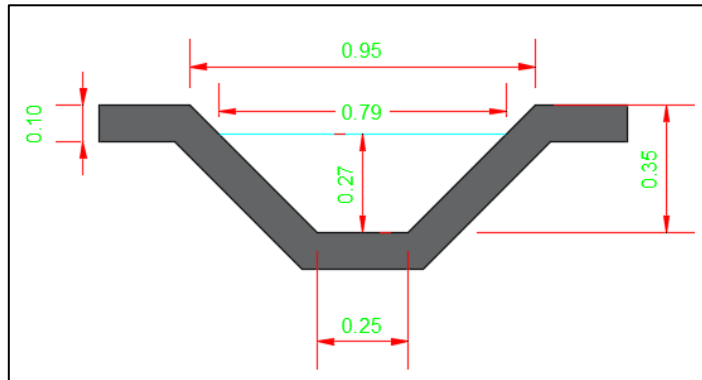


Figura 47. Diseño de cuneta de coronación del talud 2

Fuente: elaboración propia

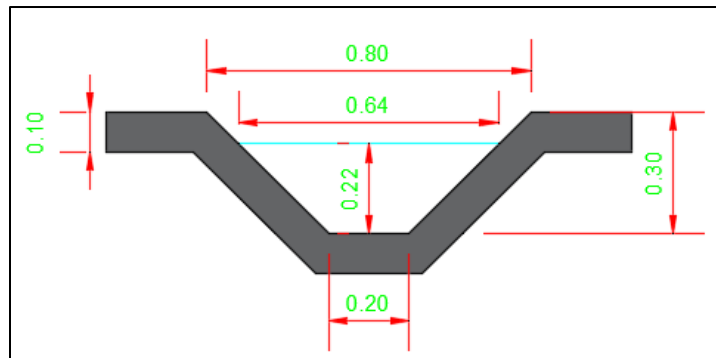


Figura 48. Diseño de cuneta de coronación del talud 3

Fuente: elaboración propia

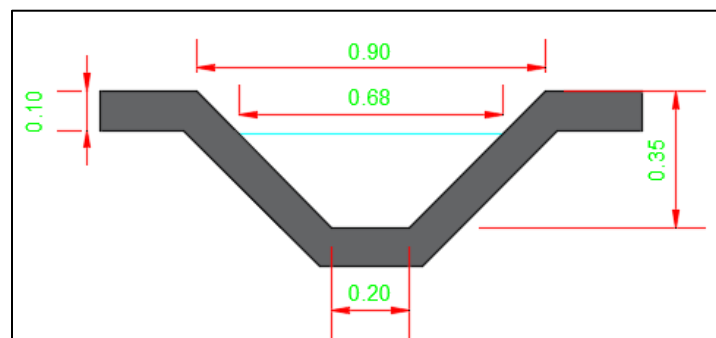


Figura 49. Diseño de cuneta de coronación del talud 4

Fuente: elaboración propia



**Anexo 4. Validez y confiabilidad del instrumento**

UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

**FICHA DE INVENTARIO DE TALUDES**

**TESIS**    Análisis de la estabilidad de taludes reforzados con geosintéticos entre el tramo Curgos - Yanazara, distrito de Curgos - La Libertad

**CODIGO**        **N° TALUD**   

**FECHA**   

**LOCALIZACION:**

**SITUACION CON RESPECTO AL TRAMO**

ITINERARIO: .....

TRAMO: .....

P.K. PROXIMO: .....

**TIPO DE TALUD:**

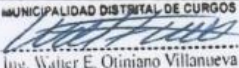
NATURAL     ARTIFICIAL

**CARACTERISTICAS GEOMETRICAS:**

<p><b>MARGEN DERECHA:</b>    <input type="checkbox"/> Si    <input type="checkbox"/> No</p> <p>Longitud:.....</p> <p>Altura:.....</p> <p>Pendiente:.....</p> <p>Estado:.....</p>	<p><b>MARGEN IZQUIERDA:</b>    <input type="checkbox"/> Si    <input type="checkbox"/> No</p> <p>Longitud:.....</p> <p>Altura:.....</p> <p>Pendiente:.....</p> <p>Estado:.....</p>
--	--

<p><b>CARACTERISTICAS DEL TALUD</b></p> <p>Estabilidad:</p>     <p>Protección existente:</p> <p>Tipo de Evento:</p> <p>Hidrología:</p>	<p><b>ACCIONES</b></p>          
---	--

**Validez:**

  
 MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE CURGOS  
 Ing. Walter E. Otiniano Villanueva  
 SUB GERENTE DE DESARROLLO URBANO Y RURAL

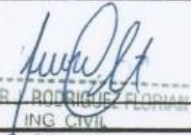
  
 HOLGER RODRIGUEZ FLORIANI  
 ING. CIVIL  
 R. CIP 76697

Figura 53. Ficha de inventarios de taludes

Fuente: Elaboración propia

La figura 53 muestra la ficha donde se llevó a cabo la recolección de datos, este instrumento fue validado gracias a la firma del jefe de la Sub Gerencia de Desarrollo Urbano y Rural de la Municipalidad Distrital de Curgos y un Ingeniero Civil especialistas en el tema trabajado, los cuales dieron el visto bueno para proceder con la investigación.



## Anexo 5. Autorización de aplicación del instrumento firmado por la entidad

- **Anexo 5.1:** Carta de Solicitud del Expediente Técnico a la Entidad

“AÑO DE LA UNIVERSALIZACIÓN DE LA SALUD”

02 de Julio del 2020

**CARTA N° 01-2020-AECD**

**Señor:**

**ING. JUAN CARLOS SALVATIERRA RÍOS**

Alcalde Distrital de Curgos

**ASUNTO:**

Solicito copia del expediente técnico de la obra: “Mejoramiento del Camino Vecinal Curgos - Cuyumalca – Yanazara, Distrito de Curgos, Provincia de Sánchez Carrión - La Libertad”

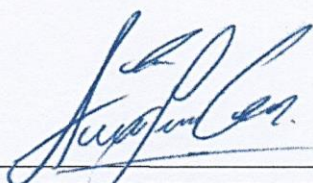
Es grato dirigirme a usted para saludarle atentamente y en mérito al asunto manifestarle.

Los que suscriben Cerna De la Cruz Alex Elvis, identificado con número de DNI: 72714058, con código de estudiante N° 7000902072 y Villena Diaz Jose Bernardo, identificado con número de DNI: 70155590, con código de estudiante N° 7000922005; estudiantes de la carrera profesional de Ingeniería Civil de la Universidad César Vallejo sede Trujillo.

Con el objetivo de solicitar una copia digital del expediente técnico de la obra: “Mejoramiento del Camino Vecinal Curgos - Cuyumalca – Yanazara, Distrito de Curgos, Provincia de Sánchez Carrión - La Libertad”, así mismo la información solicitada es netamente para fines académicos, contribuyendo para el desarrollo y sustento de tesis, el cual es necesario para la obtención del título de Ingeniero Civil.

Es todo lo que solicito a Ud., y esperando su pronta respuesta agradezco por adelantado su atención.

Atentamente,



**ALEX ELVIS CERNA DE LA CRUZ**  
Estudiante de la Facultad de Ingeniería Civil

- **Anexo 5.2:** Carta de Entrega del Expediente Técnico por parte de la Entidad



*Municipalidad Distrital De Curgos*  
**SANCHEZ CARRION – LA LIBERTAD – PERU**  
Calle Progreso N° 287 – Curgos



"Año de la Universalización de la Salud"

Curgos, 13 de Julio del 2020

**CARTA N°50**

**Señor:**

**CERNA DE LA CRUZ ALEX ELVIS**

Estudiante de la Facultad de Ingeniería Civil  
Universidad César Vallejo

**ASUNTO :** Entrega del expediente técnico "Mejoramiento del Camino Vecinal Curgos - Cuyumalca – Yanazara, Distrito de Curgos, Provincia de Sánchez Carrión - La Libertad"

**REF :** Exp. 1000143-1 (CARTA N° 01-2020-AECD)

El que suscribe, Ing. Anddy Santiago Obando Paredes, en calidad de Sub Gerente de Desarrollo Urbano y Rural de la Municipalidad Distrital de Curgos, me presento ante Ud. con el debido respeto y expongo lo siguiente:

Por medio del presente mi persona hace entrega de un disco compacto CD a los Sres. Cerna De la Cruz Alex Elvis, identificado con número de DNI: 72714058, con código de estudiante N° 7000902072 y Villena Diaz Jose Bernardo, identificado con número de DNI: 70155590, con código de estudiante N° 7000922005; estudiantes de la carrera profesional de Ingeniería Civil de la Universidad César Vallejo sede Trujillo; con el contenido del expediente técnico de la obra: "**Mejoramiento del Camino Vecinal Curgos - Cuyumalca – Yanazara, Distrito de Curgos, Provincia de Sánchez Carrión - La Libertad**", el cual doy valides a la entrega. Así mismo en base a lo solicitado, la información alcanzada es para fines académicos, ya que contribuirá con información para el desarrollo y sustento de tesis, aportando así al campo de la ingeniería civil y contribuyendo con los alumnos en mención líneas arriba para poder obtener el título de Ingeniero Civil.

Por lo tanto, se alcanza la presente información para los objetivos y fines correspondientes.

Es propicia la oportunidad para expresarle las seguridades de mi consideración.


Atentamente.

MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE CURGOS

.....  
ING. ANDDY S. OBANDO PAREDES  
SUB GERENTE DE DESARROLLO URBANO Y RURAL



## Anexo 5.3: Estudio de suelos brindados por la Entidad



254

### ESTUDIO DE MECANICA DE SUELOS CON FINES DE CIMENTACION

**1.0 ALCANCES:**

El presente informe Técnico, contiene los resultados y conclusiones del Estudio de Mecánica de Suelos solicitados a nuestro Laboratorio de Mecánica de Suelos, de acuerdo con los requerimientos del proyecto denominado: **“MEJORAMIENTO DEL CAMINO VECINAL CURGOS - CUYUMALCA - YANAZARA, DISTRITO DE CURGOS - SÁNCHEZ CARRIÓN - LA LIBERTAD”**.


La finalidad del estudio fue poder identificar y conocer el tipo de suelo existente en la zona así como determinar las principales propiedades físico-mecánicas de este y su comportamiento frente a la aplicación de cargas.

**2.0 TRABAJOS DE CAMPO:**

Los trabajos de campo, consistieron en la excavación de siete (07) calicatas o pozos a cielo abierto de acorde a la Norma ASTM D420.

Las investigaciones de Campo estuvieron íntimamente ligadas y elaboradas por nuestra Empresa a cielo abierto.

La profundidad máxima alcanzada fue de 1.50 m., computados a partir del nivel de sub rasante, lo que nos permitió visualizar la estratigrafía y determinar el tipo de ensayos de laboratorio a ejecutar de cada uno de los estratos de suelos encontrados.

  
Ing. José Alberto Moya Chuanga  
CIP N° 107174  
JEFE DE LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS

📍 Cal. Garcilazo de la Vega N° 168 Dpto. 201- Urb. El Sol - Trujillo - La Libertad  
☎ RPM: \*202068 / RPC: 949 296502 - 949 315475

Fuente: Municipalidad Distrital de Curgos

El nivel freático y/o aguas por filtración no se encontraron hasta la profundidad explorada ver profundidad en la descripción de las calicatas.

A medida que se efectuaron las excavaciones se describieron en forma tacto-visual los suelos (color, textura, etc.) a fin de establecer la secuencia, ubicación y espesores de los diferentes mantos que conforman la estratigrafía del área estudiada, en concordancia con la Norma ASTM D2487.

Los resultados, se muestran en las hojas denominadas Cuadro de resultados de parámetros físicos y mecánicos deducidos para el diseño de la pavimentación.

### 3.0 TRABAJOS DE LABORATORIO:

Las muestras procedentes de las excavaciones de las calicatas, fueron extraídas y recepcionadas por el personal técnico de nuestra oficina, las que llegaron en bolsas de polietileno, debidamente identificadas.

Al momento de recepcionar la muestra, se nos alcanzó también la composición estratigráfica del suelo, señalando la profundidad de excavación y espesor de las diferentes capas de suelo encontrados.

De la muestra procedente de la excavación de la calicata, se efectuaron ensayos correspondientes a clasificación (granulometría y límites de Atterberg), humedad natural, todos estos ensayos fueron realizados de acuerdo a lo estipulado en normas técnicas tal como se indica a continuación:



GEOSAND  
Ing. José Alberto Moya Chuanga  
CIP N° 167533  
JEFE DE LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

**CALICATA C-04:**

**ESTRATO E-1 / profundidad 0.00 – 1.50 m**

Estrato de suelo identificado como Grava pobremente gradada con finos limosos **GP-GM**, tiene color marrón, una humedad natural de 9.10 % y una plasticidad  $IP=2.00$  %. Sus componentes son: grava 48.00%, arena 42.10% y finos limosos 9.90%.

  
Ing. José Alberto Moya Chunga  
CIP N° 167534  
JEFE DE LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

📍 Cal. Garcilazo de la Vega N° 168 Dpto. 201- Urb. El Sol - Trujillo - La Libertad  
☎ RPM: \*202068 / RPC: 949 296502 - 949 315475



250

El suelo tiene Máxima Densidad Seca igual a  $2.004 \text{ gr/cm}^3$  y Óptimo Contenido de Humedad 10.70%. CBR al 100% de M.D.S. 47.93% y CBR al 95% de M.D.S. igual a 23.03%.

**CALICATA C-05:**

**ESTRATO E-1 / profundidad 0.00 – 1.50 m**

Estrato de suelo identificado como Grava pobremente gradada con finos limosos **GP-GM**, tiene color marrón, una humedad natural de 11.10 % y una plasticidad  $IP=0.00$  %. Sus componentes son: grava 69.60%, arena 23.00% y finos limosos 7.40%.

El suelo tiene Máxima Densidad Seca igual a  $2.021 \text{ gr/cm}^3$  y Óptimo Contenido de Humedad 9.80%. CBR al 100% de M.D.S. 48.66% y CBR al 95% de M.D.S. igual a 26.67%.

Fuente: Municipalidad Distrital de Curgos



CALICATA C-04	
ESTRATO	E-1
PROF. (m)	0.00-1.50
SUCS	GP-GM
DESCRIPCION	GRAVA POBREMENTE GRADADA CON FINOS LIMOSOS
< 200	9.90 %
LL	23.00 %
LP	21.00 %
IP	2.00 %
% W	9.10 %
$\phi$	30°
C (Kg/cm <sup>2</sup> )	0.05

CALICATA C-05	
ESTRATO	E-1
PROF. (m)	0.00-1.50
SUCS	GP-GM
DESCRIPCION	GRAVA POBREMENTE GRADADA CON FINOS LIMOSOS
< 200	7.40 %
LL	17.00 %
LP	0.00 %
IP	0.00 %
% W	11.10 %
$\phi$	30°
C (Kg/cm <sup>2</sup> )	0.05

  
**GEO SAND**  
 Ing. José Alberto Moya Chunga  
 C.I.P. N° 167539  
 JEFE DE LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS

📍 Cal. Garcilazo de la Vega N° 168 Dpto. 201- Urb. El Sol - Trujillo - La Libertad  
 ☎ RPM: \*202068 / RPC: 949 296502 - 949 315475



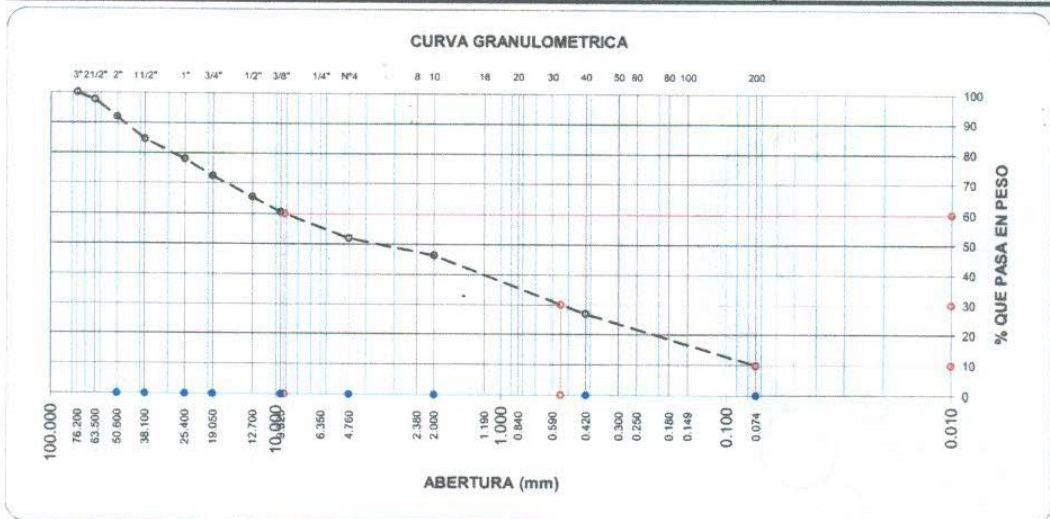
# CALICATA N° 04

**LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS**

**ANALISIS MECANICO POR TAMIZADO**

NTP 339,128 / ASTM D-422

<b>PROYECTO</b>	MEJORAMIENTO DEL CAMINO VECINAL CURGOS - CUYUMALCA -		<b>HUMEDAD NATURAL</b>				
	YANAZARA, DISTRITO DE CURGOS - SANCHEZ CARRION -						
	LA LIBERTAD						
<b>SOLICITANTE</b>	ING. LUIS MARTIN AKARLEY POMA		Sh + Tara	: 330.4			
<b>RESPONSABLE</b>	ING. JOSE ALBERTO MOYA CHUNGA		Ss + Tara	: 302.8			
<b>CALICATA</b>	C-4 (KM 8+000 - IZQ) / ESTRATO E-1 (0,00 - 1,50 m)		Tara	: 0.0			
<b>UBICACIÓN</b>	REGION : LA LIBERTAD	PROVINCIA: SANCHEZ CARRION	Peso Agua	: 27.6			
<b>FECHA</b>	agosto-17	CERTIFICADO : SR - 004	Peso Suelo Seco	: 302.8			
<b>Datos de Ensayo</b>			Humedad(%)	: 9.10			
Peso de muestra humeda :			<b>PESO ESPECIFICO</b>				
Peso de muestra seca :	13696.0	Fracción : 1067.2					
Peso de muestra lavada :							
<b>Tamices ASTM</b>	<b>Abertura en mm.</b>	<b>Peso Retenido</b>	<b>%Retenido Parcial</b>	<b>%Retenido Acumulado</b>	<b>% que Pasa</b>	<b>Especif.</b>	<b>Indice de Consistencia</b>
3"	76.200	0	0.0	0.0	100.0		L. Líquido : 23.0
2 1/2"	63.500	329	2.4	2.4	97.6		L. Plástico : 21.0
2"	50.600	794	5.8	8.2	91.8		Ind. Plástico : 2.0
1 1/2"	38.100	1009	7.4	15.6	84.4		Clas. SUCS : GP-GM
1"	25.400	886	6.5	22.0	78.0		Clas. AASHTO : A-1-a (0)
3/4"	19.050	780	5.7	27.7	72.3		
1/2"	12.700	932	6.8	34.5	65.5		<b>Descripcion de Muestra</b>
3/8"	9.525	671	4.9	39.4	60.6		Gravas pobremente gradadas, mezclas
No4	4.760	1176	8.6	48.0	52.0		grava - arena - limo.
10	2.000	115.7	5.6	53.7	46.3		
40	0.420	399.3	19.4	73.1	26.9		
200	0.074	349.7	17.0	90.1	9.9		
< 200		202.5	9.9	100.0			
Total		177.10					



**OBSERVACIONES :** SUELO COLOR MARRON

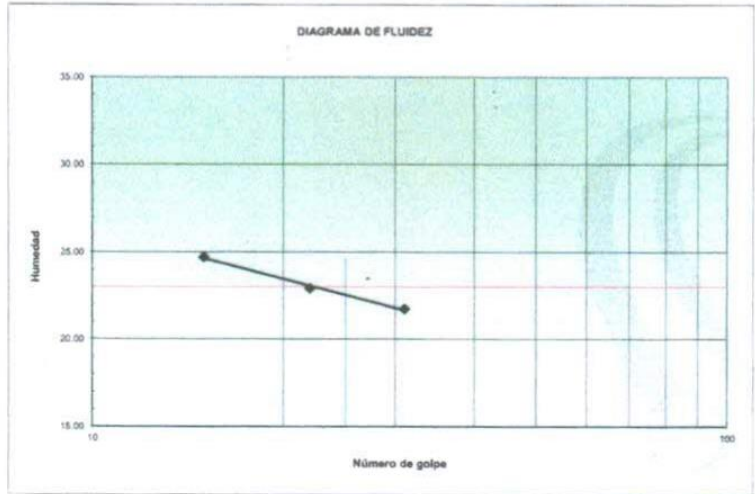
*Jose Alberto Moya Chunga*  
**Ing. Jose Alberto Moya Chunga**  
 CIP N° 167539  
 JEFE DE LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS



225



LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS		
LIMITES DE CONSISTENCIA NTP 339,129 / ASTM D - 4318		
PROYECTO	MEJORAMIENTO DEL CAMINO VECINAL CURGOS - CUYUMALCA - YANAZARA, DISTRITO DE CURGOS - SANCHEZ CARRION - LA LIBERTAD	
SOLICITANTE	ING. LUIS MARTIN AKARLEY POMA	
RESPONSABLE	ING. JOSE ALBERTO MOYA CHUNGA	
CALICATA	C-4 (KM 8+000 - IZQ)	ESTRATO E-1 (0,00 - 1,50 m)
UBICACIÓN	REGION : LA LIBERTAD	PROVINCIA : SANCHEZ CARRION
FECHA	agosto-17	CERTIFICADO SR - 004
Muestra		
Límites de Consistencia	Límite Líquido	Límite Plástico
N° de golpes	15    22    31	-    -    -
Peso tara (g)	14.25    14.68    13.99	13.66    13.52
Peso tara + suelo húmedo (g)	21.57    21.44    20.94	17.76    17.48
Peso tara + suelo seco (g)	20.12    20.18    19.70	17.05    16.80
Humedad %	24.70    22.91    21.72	20.94    20.73
Límites	23.00    21.00	



  
**Ing. José Alberto Moya Chunga**  
C.P. N° 167579  
 JEFE DE LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS

RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.)

NTP 339.145 / ASTM D-1883

PROYECTO	MEJORAMIENTO DEL CAMINO VECINAL CURGOS - CUYUMALCA - YANAZARA,		
	DISTRITO DE CURGOS - SANCHEZ CARRION - LA LIBERTAD		
SOLICITANTE	ING. LUIS MARTIN AKARLEY POMA	CERTIFICADO	SR - 004
RESPONSABLE	ING. JOSE ALBERTO MOYA CHUNGA	FECHA	agosto-17
MUESTRA	CALICATA C-4 (KM 8+000 - IZQ) / ESTRATO E-1 (0.00 - 1.50 m)	CLASF. (SUCS)	GP - GM
UBICACION	REGION : LA LIBERTAD	PROVINCIA: SANCHEZ CARRION	CLASF. (AASHTO) A - 1 - a (0)

COMPACTACION

Molde N°	10		11		12	
Capas N°	5		5		5	
Golpes por capa N°	55		26		12	
Condición de la muestra	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Peso de molde + Suelo húmedo (g)	12310.00	12324.00	12053.00	12053.00	11916.00	11905.00
Peso de molde (g)	7553.00	7553.00	7473.00	7473.00	7535.00	7535.00
Peso del suelo húmedo (g)	4757.00	4771.00	4580.00	4580.00	4381.00	4370.00
Volumen del molde (cm <sup>3</sup> )	2144.00	2146.36	2144.00	2148.24	2144.00	2149.66
Densidad húmeda (g/cm <sup>3</sup> )	2.219	2.223	2.136	2.132	2.043	2.033
Tara (N°)						
Peso suelo húmedo + tara (g)	497.20	1414.20	482.30	1397.80	505.20	1372.40
Peso suelo seco + tara (g)	449.50	1274.30	435.10	1254.90	456.20	1230.70
Peso de tara (g)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Peso de agua (g)	47.70	139.90	47.20	142.90	49.00	141.70
Peso de suelo seco (g)	449.50	1274.30	435.10	1254.90	456.20	1230.70
Contenido de humedad (%)	10.61	10.98	10.85	11.39	10.74	11.51
Densidad seca (g/cm <sup>3</sup> )	2.006	2.003	1.927	1.914	1.845	1.823

EXPANSION

FECHA	HORA	TIEMPO	DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION	
				mm	%		mm	%		mm	%
agosto-17	16:30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
agosto-17	16:30	24	2	0.051	0.04	5	0.127	0.11	7	0.178	0.15
agosto-17	16:30	48	4	0.102	0.09	8	0.203	0.18	10	0.254	0.22
agosto-17	16:30	72	5	0.127	0.11	9	0.229	0.20	12	0.305	0.26
agosto-17	16:30	96	6	0.152	0.13	10	0.254	0.22	14	0.356	0.31

PENETRACION

PENETRACION mm	CARGA STAND. kg/cm <sup>2</sup>	MOLDE N° 10				MOLDE N° 11				MOLDE N° 12			
		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION	
		Dial (div)	kg	kg	%	Dial (div)	kg	kg	%	Dial (div)	kg	kg	%
0.000		0	0			0	0			0	0		
0.635		41	182.1			21	92.1			13	56.2		
1.270		79	352.9			40	177.6			22	96.6		
1.905		113	505.8			58	258.5			32	141.6		
2.540	70.455	144	645.2	654.8	48.0	79	352.9	343.7	25.2	40	177.6	180.2	13.2
3.810		208	933.0			109	487.8			57	254.0		
5.080	105.682	261	1171.3	1173.4	57.4	140	627.2	627.3	30.7	71	317.0	317.1	15.5
7.620		351	1576.0			189	847.6			94	420.4		
10.160		418	1877.3			224	1004.9			113	505.8		
12.700		477	2142.5			253	1135.3			127	568.8		

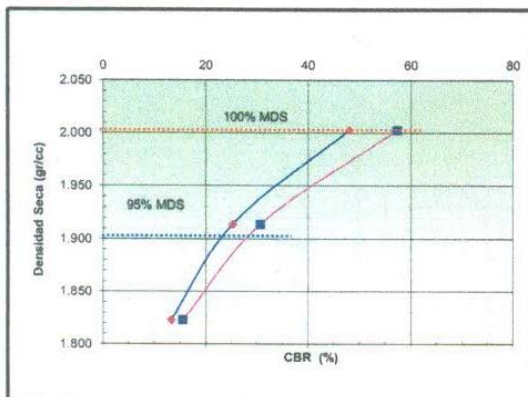
*Jose Alberto Moya Chunga*  
  
 Ing. Jose Alberto Moya Chunga  
 CIP N° 167539  
 JEFE DE LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS



LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS

RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.)  
NTP 339,145 / ASTM D - 1883

PROYECTO	MEJORAMIENTO DEL CAMINO VECINAL CURGOS - CUYUMALCA - YANAZARA, DISTRITO DE CURGOS - SANCHEZ CARRION - LA LIBERTAD			
SOLICITANTE	ING. LUIS MARTIN AKARLEY POMA	CERTIFICADO	SR - 004	
RESPONSABLE	ING. JOSE ALBERTO MOYA CHUNGA	FECHA	agosto-17	
MUESTRA	CALICATA C-4 (KM 8+000 - IZQ) / ESTRATO E-1 (0,00 - 1,50 m)		CLAS. (SUCS)	GP - GM
UBICACION	REGION : LA LIBERTAD	PROVINCIA: SANCHEZ CARRION	CLASIF. (AASHTO)	A - 1 - a ( 0 )

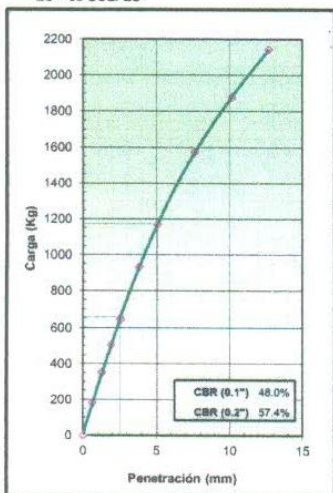


METODO DE COMPACTACION : ASTM D1557  
 MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm³) : 2.003  
 OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%) : 11.0  
 95% MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm³) : 1.903

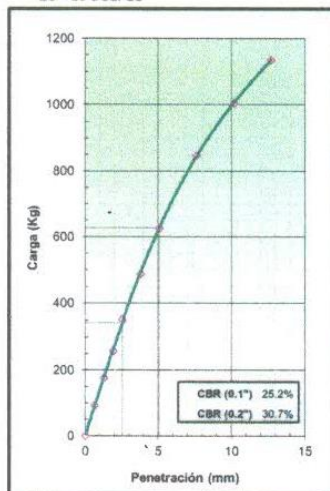
C.B.R. AL 100% DE M.D.S. (%)	0.1": 47.93	0.2": 57.29
C.B.R. AL 95% DE M.D.S. (%)	0.1": 23.03	0.2": 28.08

OBSERVACIONES:

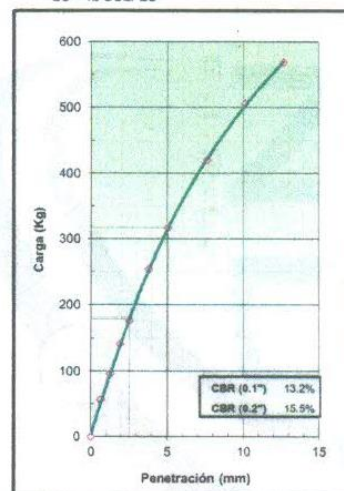
EC = 55 GOLPES



EC = 26 GOLPES



EC = 12 GOLPES



*Jose Alberto Moya Chunga*  
**GEOSAND**  
 Ing. Jose Alberto Moya Chunga  
 JEFE DE LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS

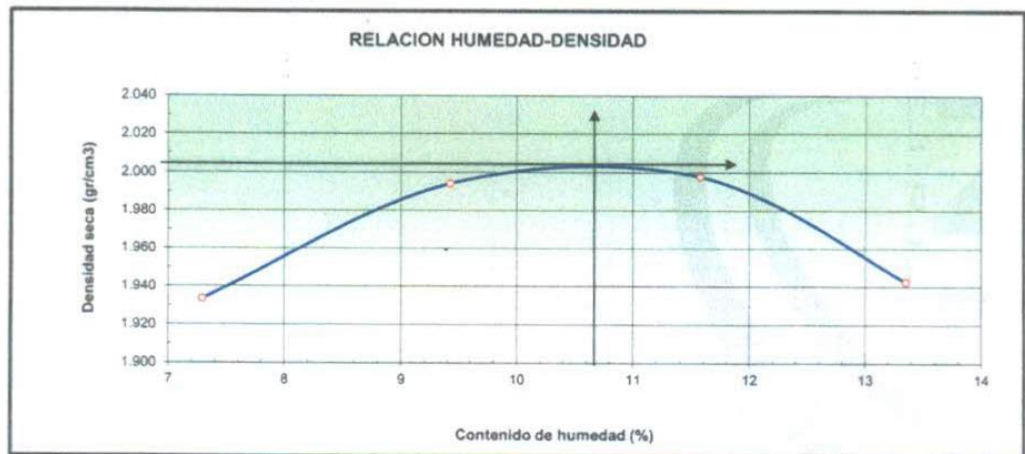
**ENSAYO DE COMPACTACION ESTÁNDAR - METODO "C"**

ASTM D - 698

<b>PROYECTO</b>	MEJORAMIENTO DEL CAMINO VECINAL CURGOS - CUYUMALCA - YANAZARA, DISTRITO DE CURGOS - SANCHEZ CARRION - LA LIBERTAD	<b>CERTIFICADO:</b> SR - 004
<b>SOLICITANTE</b>	ING. LUIS MARTIN AKARLEY POMA	<b>FECHA:</b> agosto-17
<b>RESPONSABLE</b>	ING. JOSE ALBERTO MOYA CHUNGA	<b>CLASF. (SUCS):</b> GP - GM
<b>MUESTRA</b>	CALICATA C-4 (KM 8+000 - IZQ) / ESTRATO E-1 (0,00 - 1,50 m)	<b>CLASF. (AASHTO):</b> A - 1 - a (0)
<b>UBICACIÓN</b>	REGION : LA LIBERTAD	

Peso suelo + molde	gr	9991.00	10218.00	10317.00	10260.00
Peso molde	gr	5618.00	5618.00	5618.00	5618.00
Peso suelo húmedo compactado	gr	4373.00	4600.00	4699.00	4642.00
Volumen del molde	cm <sup>3</sup>	2108.00	2108.00	2108.00	2108.00
Peso volumétrico húmedo	gr	2.074	2.182	2.229	2.202
Recipiente N°					
Peso del suelo húmedo+tara	gr	1294.80	1286.10	1278.90	1270.00
Peso del suelo seco + tara	gr	1206.80	1175.30	1146.20	1120.40
Tara	gr	0.00	0.00	0.00	0.00
Peso de agua	gr	88.00	110.80	132.70	149.60
Peso del suelo seco	gr	1206.80	1175.30	1146.20	1120.40
Contenido de agua	%	7.29	9.43	11.58	13.35
Peso volumétrico seco	gr/cm <sup>3</sup>	1.933	1.994	1.998	1.943

Máxima Densidad Seca (g/cm<sup>3</sup>) **2.004**  
Optimo Contenido de Humedad (%) **10.70**



Observaciones:

**Ing. José Alberto Moya Chunga**  
CI: 107133  
 JEFE DE LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS



## CALICATA N° 05

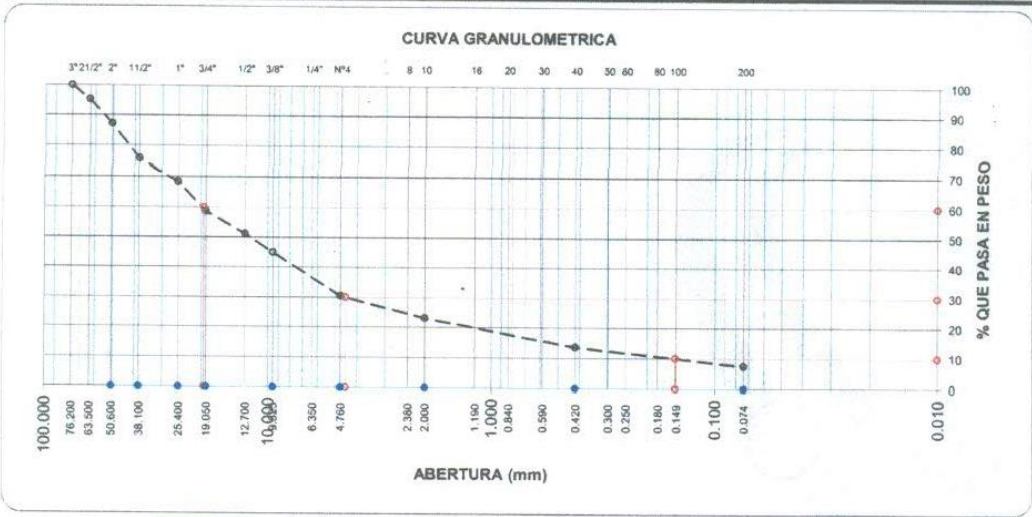


**LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS**

**ANALISIS MECANICO POR TAMIZADO**

NTP 339,128 / ASTM D-422

<b>PROYECTO</b>	MEJORAMIENTO DEL CAMINO VECINAL CURGOS - CUYUMALCA - YANAZARA, DISTRITO DE CURGOS - SANCHEZ CARRION - LA LIBERTAD	<b>HUMEDAD NATURAL</b>					
<b>SOLICITANTE</b>	ING. LUIS MARTIN AKARLEY POMA	Sh + Tara : 352.3					
<b>RESPONSABLE</b>	ING. JOSE ALBERTO MOYA CHUNGA	Ss + Tara : 317.1					
<b>CALICATA</b>	C-5 (KM 10+000 - IZQ) / ESTRATO E-1 (0,00 - 1,50 m)	Tara : 0.0					
<b>UBICACIÓN</b>	REGION : LA LIBERTAD      PROVINCIA: SANCHEZ CARRION	Peso Agua : 35.2					
<b>FECHA</b>	agosto-17      CERTIFICADO : SR - 005	Peso Suelo Seco : 317.1					
Datos de Ensayo		Humedad(%) : 11.10					
Peso de muestra húmeda :		<b>PESO ESPECIFICO</b>					
Peso de muestra seca :	14268.0      Fracción : 897.5						
Peso de muestra lavada :							
<b>Tamices ASTM</b>	<b>Abertura en mm.</b>	<b>Peso Retenido</b>	<b>% Retenido Parcial</b>	<b>% Retenido Acumulado</b>	<b>% que Pasa</b>	<b>Especif.</b>	<b>Indice de Consistencia</b>
3"	76.200	0	0.0	0.0	100.0		L. Líquido : 17.0
2 1/2"	63.500	685	4.8	4.8	95.2		L. Plástico : 0.0
2"	50.600	1170	8.2	13.0	87.0		Ind. Plástico : 0.0
1 1/2"	38.100	1626	11.4	24.4	75.6		Clas. SUCS : GP-GM
1"	25.400	1041	7.3	31.7	68.3		Clas. AASHTO : A-1-a (0)
3/4"	19.050	1384	9.7	41.4	58.6		
1/2"	12.700	1072	7.5	48.9	51.1		
3/8"	9.525	884	6.2	55.1	44.9		
No4	4.760	2068	14.5	69.6	30.4		
10	2.000	217.9	7.4	77.0	23.0		
40	0.420	279.8	9.5	86.5	13.5		
200	0.074	181.6	6.2	92.6	7.4		
< 200		218.2	7.4	100.0			
Total		177.10					
							<b>Descripcion de Muestra</b>
							Gravas pobremente gradadas, mezclas grava - arena - limo.



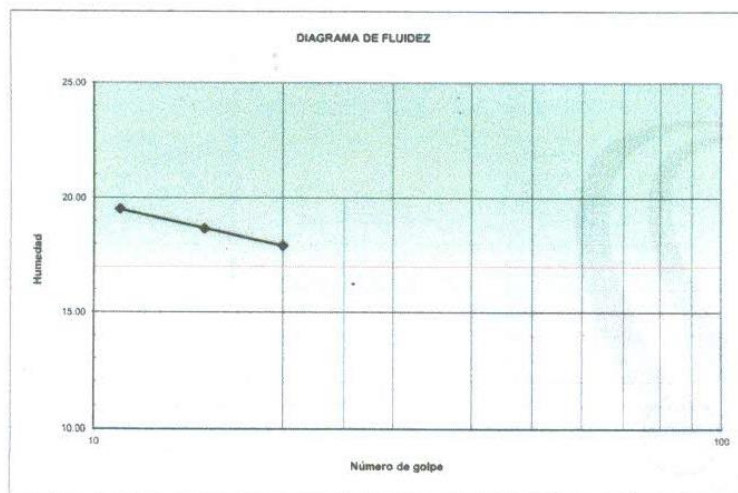
OBSERVACIONES : SUELO COLOR MARRON

*Jose Alberto Moya Chunga*  
ING. JOSE ALBERTO MOYA CHUNGA  
CIP N° 107534  
JEFE DE LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS

**LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS**

**LIMITES DE CONSISTENCIA**  
NTP 339,129 / ASTM D - 4318

PROYECTO	MEJORAMIENTO DEL CAMINO VECINAL CURGOS - CUYUMALCA - YANAZARA, DISTRITO DE CURGOS - SANCHEZ CARRION - LA LIBERTAD		
SOLICITANTE	ING. LUIS MARTIN AKARLEY POMA		
RESPONSABLE	ING. JOSE ALBERTO MOYA CHUNGA		
CALICATA	C-5 (KM 10+000 - IZQ)	ESTRATO E-1 (0,00 - 1,50 m)	
UBICACIÓN	REGION : LA LIBERTAD	PROVINCIA : SANCHEZ CARRION	
FECHA	agosto-17	CERTIFICADO SR - 005	
Muestra			
Límites de Consistencia	Límite Líquido		Límite Plástico
N° de golpes	11	15	20
Peso tara (g)	13.71	14.32	13.56
Peso tara + suelo húmedo (g)	20.02	20.68	19.22
Peso tara + suelo seco (g)	18.99	19.68	18.36
Humedad %	19.51	18.66	17.92
Límites	17.00		0.00



*Jose Alberto Moya Chunga*  
**GEOSAND**  
 Ing. Jose Alberto Moya Chunga  
 CIP N° 167539  
 JEFE DE LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS



**LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS**

**RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.)**

NTP 339.145 / ASTM D-1883

<b>PROYECTO</b>	MEJORAMIENTO DEL CAMINO VECINAL CURGOS - CUYUMALCA - YANAZARA,		
	DISTRITO DE CURGOS - SANCHEZ CARRION - LA LIBERTAD		
<b>SOLICITANTE</b>	ING. LUIS MARTIN AKARLEY POMA		<b>CERTIFICADO</b> SR - 005
<b>RESPONSABLE</b>	ING. JOSE ALBERTO MOYA CHUNGA		<b>FECHA</b> agosto-17
<b>MUESTRA</b>	CALICATA C-5 (KM 10+000 - IZQ) / ESTRATO E-1 (0,00 - 1,50 m)		<b>CLASF. (SUCS)</b> GP - GM
<b>UBICACION</b>	REGION : LA LIBERTAD	PROVINCIA: SANCHEZ CARRION	<b>CLASF. (AASHTO)</b> A-1-a (0)

**COMPACTACION**

	13		14		15	
Capas N°	5		5		5	
Golpes por capa N°	55		26		12	
Condición de la muestra	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Peso de molde + Suelo húmedo (g)	12477.00	12497.00	12088.00	12073.00	12018.00	11964.00
Peso de molde (g)	7763.00	7763.00	7585.00	7585.00	7687.00	7687.00
Peso del suelo húmedo (g)	4714.00	4734.00	4503.00	4488.00	4331.00	4277.00
Volumen del molde (cm <sup>3</sup> )	2127.00	2127.94	2125.00	2126.40	2123.00	2125.80
Densidad húmeda (g/cm <sup>3</sup> )	2.216	2.225	2.119	2.111	2.040	2.012
Tara (N°)						
Peso suelo húmedo + tara (g)	487.00	1424.60	471.80	1444.50	492.50	1383.40
Peso suelo seco + tara (g)	443.90	1295.40	429.30	1309.40	448.30	1250.60
Peso de tara (g)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Peso de agua (g)	43.10	129.20	42.50	135.10	44.20	132.80
Peso de suelo seco (g)	443.90	1295.40	429.30	1309.40	448.30	1250.60
Contenido de humedad (%)	9.71	9.97	9.90	10.32	9.86	10.62
Densidad seca (g/cm <sup>3</sup> )	2.020	2.023	1.928	1.913	1.857	1.819

**EXPANSION**

FECHA	HORA	TIEMPO	DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION	
				mm	%		mm	%		mm	%
agosto-17	17:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
agosto-17	17:00	24	0	0.000	0.00	1	0.025	0.02	3	0.076	0.07
agosto-17	17:00	48	1	0.025	0.02	2	0.051	0.04	5	0.127	0.11
agosto-17	17:00	72	2	0.051	0.04	3	0.076	0.07	6	0.152	0.13
agosto-17	17:00	96	2	0.051	0.04	4	0.102	0.09	7	0.178	0.15

**PENETRACION**

PENETRACION mm	CARGA STAND. kg/cm <sup>2</sup>	MOLDE N° 13				MOLDE N° 14				MOLDE N° 15			
		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION	
		Dial (div)	kg	kg	%	Dial (div)	kg	kg	%	Dial (div)	kg	kg	%
0.000		0	0			0	0			0	0		
0.635		40	177.6			19	83.2			12	51.7		
1.270		76	339.5			39	173.1			19	83.2		
1.905		118	528.3			59	263.0			29	128.1		
2.540	70.455	149	667.7	664.0	48.7	76	339.5	342.9	25.1	38	168.6	167.0	12.2
3.810		209	937.5			108	483.3			53	236.0		
5.080	105.682	267	1198.3	1202.0	58.8	134	600.2	602.6	29.5	66	294.5	294.2	14.4
7.620		370	1661.4			175	784.6			87	388.9		
10.160		449	2016.6			208	933.0			102	456.4		
12.700		502	2255.0			231	1036.4			113	505.8		

*Jose Alberto Moya Chunga*  
Ing. José Alberto Moya Chunga  
C.P. N° 107514  
JEFE DE LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS

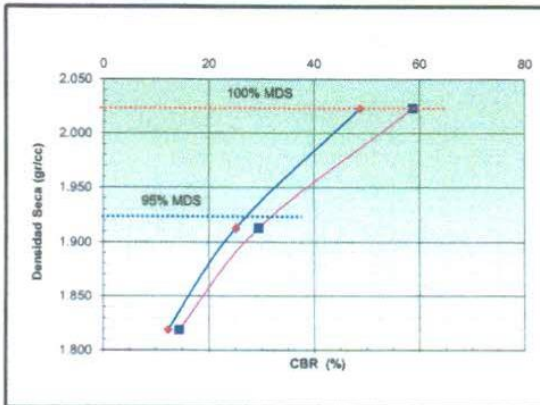




LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS

RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.)  
NTP 339,145 / ASTM D - 1883

PROYECTO	MEJORAMIENTO DEL CAMINO VECINAL CURGOS - CUYUMALCA - YANAZARA, DISTRITO DE CURGOS - SANCHEZ CARRION - LA LIBERTAD			
SOLICITANTE	ING. LUIS MARTIN AKARLEY POMA	CERTIFICADO	SR - 005	
RESPONSABLE	ING. JOSE ALBERTO MOYA CHUNGA	FECHA	agosto-17	
MUESTRA	CALICATA C-5 (KM 10+000 - IZQ) / ESTRATO E-1 (0,00 - 1,50 m)		CLAS. (SUCS)	GP - GM
UBICACION	REGION : LA LIBERTAD	PROVINCIA: SANCHEZ CARRION	CLASIF. (AASHTO)	A - 1 - a ( 0 )

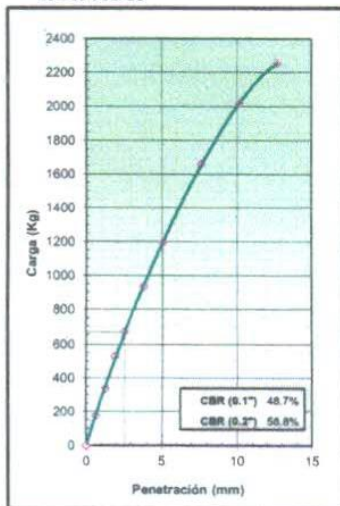


METODO DE COMPACTACION : ASTM D1557  
 MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm³) : 2.023  
 OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%) : 10.0  
 95% MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm³) : 1.922

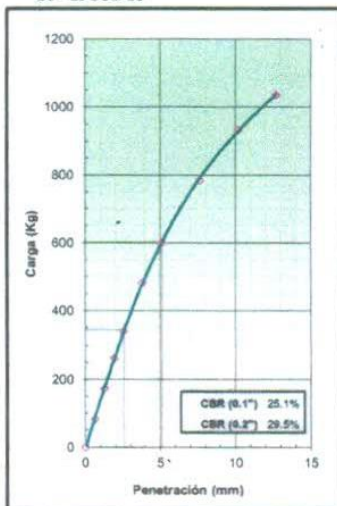
C.B.R. AL 100% DE M.D.S. (%)	0.1":	48.66	0.2":	58.89
C.B.R. AL 95% DE M.D.S. (%)	0.1":	26.67	0.2":	31.47

OBSERVACIONES:

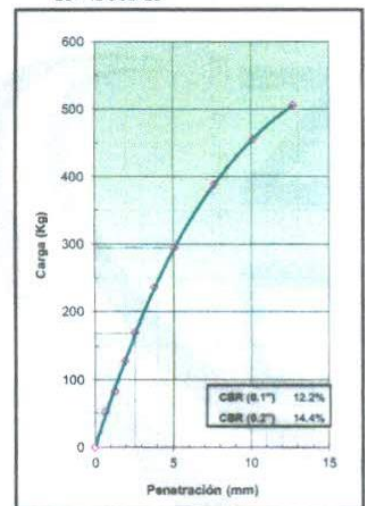
EC = 55 GOLPES



EC = 26 GOLPES



EC = 12 GOLPES



*Jose Alberto Moya Chunga*  
**ING. JOSE ALBERTO MOYA CHUNGA**  
 CIP Nº 107539  
 JEFE DE LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS



214

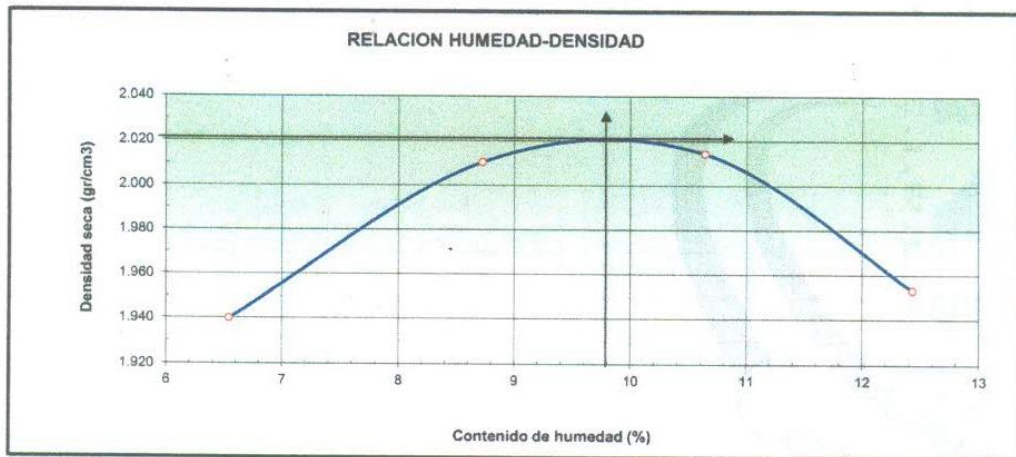
**LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS**

**ENSAYO DE COMPACTACION ESTÁNDAR - METODO "C"**

ASTM D - 698

<b>PROYECTO</b>	MEJORAMIENTO DEL CAMINO VECINAL CURGOS - CUYUMALCA - YANAZARA, DISTRITO DE CURGOS - SANCHEZ CARRION - LA LIBERTAD	<b>CERTIFICADO:</b> SR - 005
<b>SOLICITANTE</b>	ING. LUIS MARTIN AKARLEY POMA	<b>FECHA:</b> agosto-17
<b>RESPONSABLE</b>	ING. JOSE ALBERTO MOYA CHUNGA	<b>CLASF. (SUCS):</b> GP - GM
<b>MUESTRA</b>	CALICATA C-5 (KM 10+000 - IZQ) / ESTRATO E-1 (0,00 - 1,50 m)	<b>CLASF. (AASHTO):</b> A - 1 - a (0)
<b>UBICACIÓN</b>	REGION : LA LIBERTAD	

Peso suelo + molde	gr	9975.00	10226.00	10316.00	10247.00	
Peso molde	gr	5618.00	5618.00	5618.00	5618.00	
Peso suelo húmedo compactado	gr	4357.00	4608.00	4698.00	4629.00	
Volumen del molde	cm <sup>3</sup>	2108.00	2108.00	2108.00	2108.00	
Peso volumétrico húmedo	gr	2.067	2.186	2.229	2.196	
Recipiente N°						
Peso del suelo húmedo+tara	gr	1300.20	1283.20	1279.40	1266.90	
Peso del suelo seco + tara	gr	1220.30	1180.20	1156.40	1126.80	
Tara	gr	0.00	0.00	0.00	0.00	
Peso de agua	gr	79.90	103.00	123.00	140.10	
Peso del suelo seco	gr	1220.30	1180.20	1156.40	1126.80	
Contenido de agua	%	6.55	8.73	10.64	12.43	
Peso volumétrico seco	gr/cm <sup>3</sup>	1.940	2.010	2.014	1.953	
					<b>Máxima Densidad Seca (g/cm<sup>3</sup>)</b>	<b>2.021</b>
					<b>Optimo Contenido de Humedad (%)</b>	<b>9.80</b>



Observaciones:

**Ing. José Alberto Moya Chunga**  
C.R. N° 167539  
 JEFE DE LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS





# PERFIL ESTRATIGRAFICO



LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES

PERFIL:	MEJORAMIENTO DEL CAMINO VECINAL CURGOS - CUYUMALCA - YANAZARA, DISTRITO DE CURGOS - SANCHEZ CARRION LA LIBERTAD			
SOLICITANTE:	ING. LUIS MARTIN AKARLEY POMA			
RESPONSABLE:	ING. JOSE ALBERTO MOYA CHUNGA			
CALICATA:	Nº 04	MUESTRA:	ESTRATO E-1	
UBICACIÓN:	DEP. LA LIBERTAD	PROV.	SANCHEZ CARRION	
FECHA:	AGOSTO	2017	DIST.	CURGOS

PERFIL ESTRATIGRAFICO						
Prof. Mts	Tipo de Excavación	Muestra	Descripción del Material	Clasificación SUCS	Clasificación AASHTO	Simbolo
0.10	CALICATA Nº 04	E-1	Grava pobremente gradada con finos limosos, material que pasa el 9.90% en la malla Nº 200. De color marrón.	GP-GM	A-1-a (0)	
0.20						
0.30						
0.40						
0.50						
0.60						
0.70						
0.80						
0.90						
1.00						
1.10						
1.20						
1.30						
1.40						
1.50						

  
 GEOSAND  
 Ing. Jose Alberto Moya Chunga  
 CIP Nº 16274  
 JEFE DE LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES

PERFIL:	MEJORAMIENTO DEL CAMINO VECINAL CURGOS - CUYUMALCA - YANAZARA, DISTRITO DE CURGOS - SANCHEZ CARRION LA LIBERTAD				
SOLICITANTE:	ING. LUIS MARTIN AKARLEY POMA				
RESPONSABLE:	ING. JOSE ALBERTO MOYA CHUNGA				
CALICATA:	N° 05	MUESTRA:			ESTRATO E-1
UBICACIÓN:	DEP.	LA LIBERTAD	PROV.	SANCHEZ CARRION	
FECHA:	AGOSTO	2017	DIST.	CURGOS	

PERFIL ESTRATIGRAFICO						
Prof. Mts	Tipo de Excavación	Muestra	Descripción del Material	Clasificación SUCS	Clasificación AASHTO	Símbolo
0.10	CALICATA N° 05	E-1	Grava pobremente gradada con finos limosos, material que pasa el 7.40% en la malla N° 200. De color marrón.	GP-GM	A-1-a (0)	
0.20						
0.30						
0.40						
0.50						
0.60						
0.70						
0.80						
0.90						
1.00						
1.10						
1.20						
1.30						
1.40						
1.50						

*Jose Alberto Moya Chunga*  
  
 Ing. Jose Alberto Moya Chunga  
 CIP N° 167539  
 JEFE DE LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS



## Anexo 6. Fotos y documentos

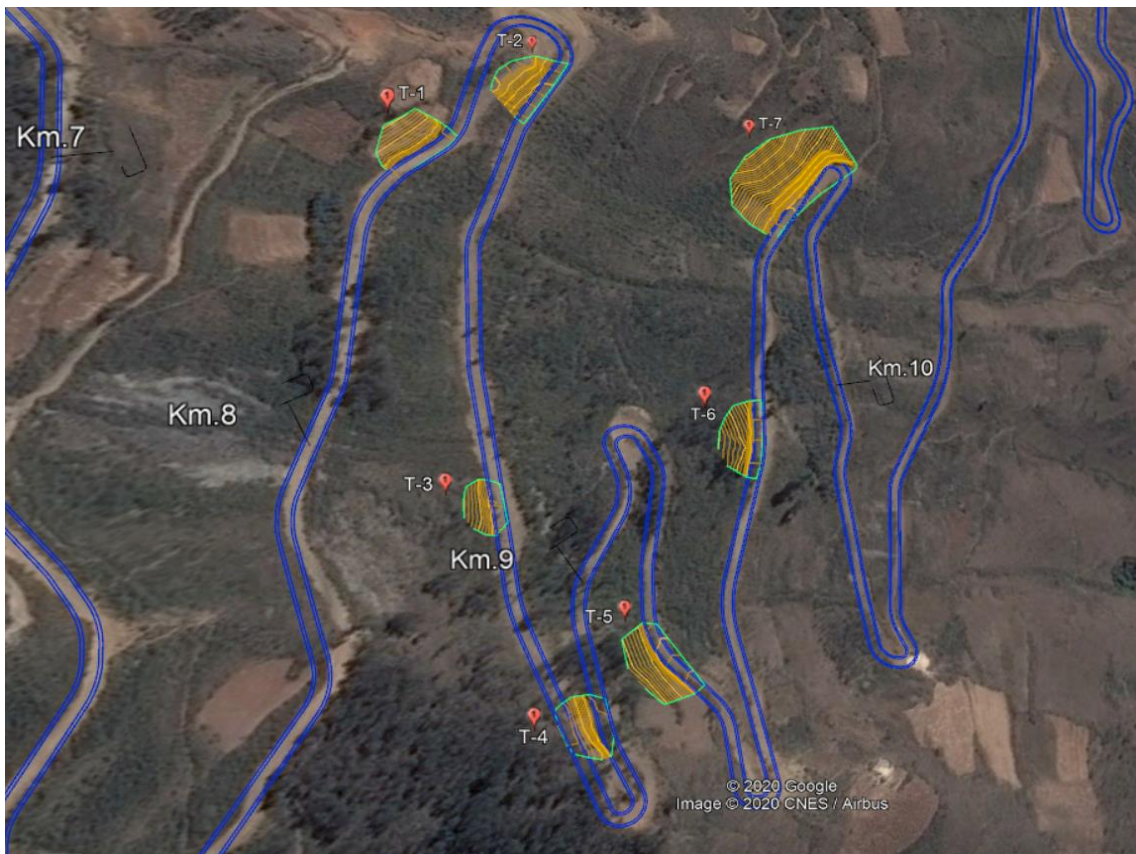


Figura 54. Ubicación de los taludes inestables  
Fuente: Elaboración propia – Google Earth



Figura 55. Vista del tramo 1: km 08+170 - km 08+220  
Fuente: Elaboración propia





Figura 56. Vista del tramo 2: km 08+360 - km 08+410  
Fuente: Elaboración propia



Figura 57. Vista del tramo 3: km 08+645 - km 08+680  
Fuente: Elaboración propia





Figura 58. Vista del tramo 4: km 08+900 - km 08+935  
Fuente: Elaboración propia



Figura 59. Vista del tramo 5: km 09+235 - km 09+285  
Fuente: Elaboración propia





Figura 60. Vista del tramo 6: km 09+580 - km 09+630

Fuente: Elaboración propia



Figura 61. Vista del tramo 7: km 09+750 - km 09+835

Fuente: Elaboración propia





Figura 62. Levantamiento topografico de los taludes estudiados

Fuente: Elaboración propia

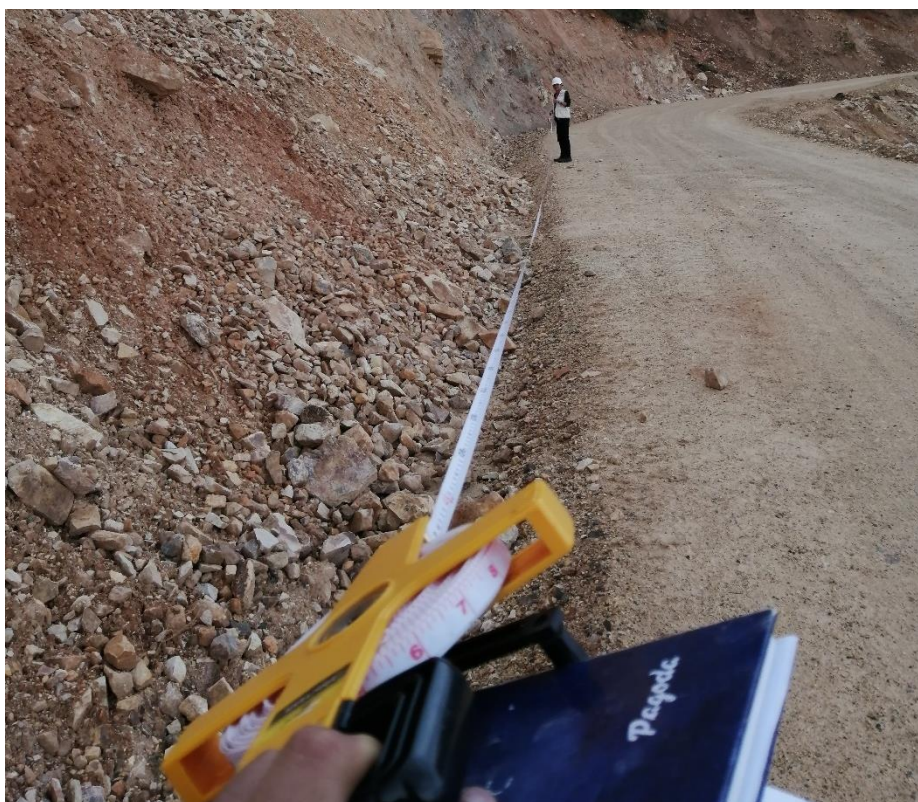


Figura 63. Medición longitudinal de los tramos inestables

Fuente: Elaboración propia