



UNIVERSIDAD RICARDO PALMA

**FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

Factor de seguridad para optimizar la estabilización del talud con sistema soil
nailing en la Costa Verde San Miguel

TESIS

Para optar el título profesional de Ingeniero(a) Civil

AUTORES

Corzo Huaynates, Erin Luiggi
ORCID: 0000-0003-1292-0739

Palomino Chacon, Deyanira Brigitte
ORCID: 0000-0001-6460-7379

ASESOR

Torres Chung, Cesar Roberto
ORCID: 0000-0002-3212-2817

Lima, Perú

2022

Metadatos Complementarios

Datos de los autores

Corzo Huaynates, Erin Luiggi

DNI: 70111130

Palomino Chacon, Deyanira Brigitte

DNI: 72493599

Datos de asesor

Torres Chung, Cesar Roberto

DNI: 41182279

Datos del jurado

JURADO 1

Chavarri Vallejos, Carlos Magno

DNI: 07410234

ORCID: 0000-0003-0512-8954

JURADO 2

Chavarría Reyes, Liliana Janet

DNI:25481792

ORCID: 0000-0002-1759-2132

JURADO 3

Donayre Córdova, Oscar Eduardo

DNI: 06162939

ORCID: 0000-0002-4778-3789

Datos de la investigación

Campo del conocimiento OCDE: 2.01.01

Código del Programa: 732016

DEDICATORIA

Esta tesis está dedicada a Dios por otorgarme la vida y guiarme en este camino rumbo a mi futuro profesional.

A mis padres Pedro y Sonia quienes me han brindado todo su amor y apoyo en cada instante de mi vida, inculcándome valores para seguir siempre por el camino del bien, a mi compañera de vida Deyanira por estar siempre conmigo en las buenas y malas. A fomentar en mí, el deseo, superación y triunfo en la vida. Espero contar siempre con su valioso e incondicional apoyo.

Corzo Huaynates, Erin Luiggi

La presente tesis se la dedico a Dios, a mis hermanos, a mis padres Jorge y Consuelo que fueron siempre mis más grandes ejemplos a seguir.

A toda mi familia que me apoyo incondicionalmente y a mi compañero de vida Luiggi que me apoya en todo momento y siempre me fomenta a superarme como una gran profesional y ser humano.

Palomino Chacon, Deyanira Brigitte.

AGRADECIMIENTO

Agradecemos a toda nuestra familia a nuestros maestros en la universidad que nos enseñaron a amar nuestra carrera y ser unos grandes profesionales también a nuestros amigos durante toda la carrera y con los que nos amanecemos muchas veces estudiando.

A nuestro asesor que con su sabiduría nos guio y nos enseñó desde el primer día a sacar esta tesis adelante.

Corzo Huaynates y Palomino Chacon.

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN	i
ABSTRACT	ii
INTRODUCCIÓN	iii
Capítulo I: PLANTEAMIENTO Y DELIMITACION DEL PROBLEMA	1
1.1. Descripción de la realidad problemática.....	1
1.1.1 Problemática e importancia	1
1.1.2. Árbol de problema	2
1.1. Formulación del problema	2
1.2.1. Problema general	2
1.2.2. Problemas específicos.....	2
1.3. Objetivos de la investigación	3
1.3.1. Objetivo general.....	3
1.3.2. Objetivos específicos	3
1.4. Delimitación de la investigación.....	3
1.4.1. Geografía	3
1.4.2. Temporal.....	3
1.4.3. Temática	3
1.5. Justificación del estudio.....	4
1.5.1. Relevancia social	4
1.5.2. Aplicaciones prácticas	4
1.5.3. Utilidad metodológica	5
1.5.4. Valor teórico	5
1.6. Importancia del Estudio	5
1.6.1. Nuevos conocimientos.....	5
1.6.2. Aporte	5

1.7.Limitaciones del estudio	5
1.8.Alcance	5
1.9.Viabilidad del estudio	6
Capítulo II: MARCO TEÓRICO	7
2.1. Marco histórico	7
2.2. Investigación relacionada con el tema.	7
2.2.1. Investigaciones nacionales.....	7
2.3.Estructura teórica y científica que sustente el estudio.	13
2.3.1. Métodos utilizados para el estudio de estabilidad de taludes.	13
2.3.2. Análisis de estabilidad de talud	13
2.3.3. Superficie de falla.....	14
2.3.4. Criterio de Falla de Mohr – Coulomb	15
2.4.Sistema de estabilización de soil nailing.	15
2.4.1. Método de FHWA	16
2.5.Componentes del sistema de estabilización soil nailing.....	16
2.5.1. Barras de acero de refuerzo.	16
2.5.2. Lechada.....	16
2.5.3. Cabeza de nails	16
2.5.4. Revestimiento temporal y permanente.	17
2.5.5. Franja de drenaje.	17
2.6.Proceso constructivo del sistema de estabilización soil nailing	18
2.6.1. Excavación	18
2.6.2. Perforación de orificios para la colocación de nails.....	19
2.6.3. Instalación de nails y letrada.	19
2.6.7. Especificaciones Técnicas	21
2.7.Hidrosiembra	22
2.7.1.Técnica de hidrosiembra.....	22

2.7.2. Insumos para hidrosiembra.....	24
2.7.3. Hidrosembradora	30
2.7.4. Composición de la mezcla de siembra	31
2.7.5. Aplicación de la técnica de hidrosiembra.....	32
2.8.Estabilización del talud con hormigón lanzado y malla electro soldada	32
2.8.1. Métodos de aplicación del concreto lanzado	33
2.9.Geosintéticos.....	34
2.9.1. Biomantas	35
2.9.2. Geomantas	37
2.9.3. Geoceldas o Geocelulas	39
2.10.Definición de términos básicos.....	40
Capítulo III: SISTEMA DE HIPÓTESIS	46
3.1.Hipótesis:	46
3.1.1.Hipótesis Principal.....	46
3.1.2. Hipótesis Específico.	46
3.2. Sistema de variables:	46
3.2.1. Definición conceptual.....	46
3.2.2. Definición operacional.....	46
Capítulo IV: ASPECTOS METODOLÓGICOS.....	48
4.1. Metodología	48
4.2. Tipo de la investigación.....	48
4.3. Nivel de investigación	48
4.4. Diseño de la investigación	48
4.5. Población y muestra.....	49
4.5.1. Población	49
4.6. Técnicas e instrumentación de recolección de datos.	49
4.6.1. Instrumentos de recolección de datos	49

4.6.2 Métodos y técnicas	50
4.7.Descripción de procedimiento de análisis	50
CAPITULO V: PRESENTACION Y ANALISIS DE RESULTADOS	51
5.1. Ubicación geográfica	51
5.2. Ubicación del área de estudio	51
5.3. Topografía del área de estudio	53
5.4. Aspectos climáticos	53
5.3. Accesibilidad y uso territorial	54
5.4. Ejecución de ensayos de campo.....	54
5.4.1. Caracterización Geotécnica del Suelo	54
Métodos sísmicos MAS y MAM	55
Adquisición de datos.....	55
5.5. Presentación de resultados	56
5.5.1. Parametros de resistencia del suelo	57
5.5.2. Parámetros sísmicos.....	58
5.5.3. Parametros de densidad	61
5.6. Análisis de resultados	61
5.7 Contrastación de hipótesis	120
5.7.1. Contrastación de hipótesis especifica 1	120
5.7.2. Contrastación de hipótesis especifica 2	121
5.7.3. Contrastación de hipótesis especifica 3	121
DISCUSION DE RESULTADOS	123
CONCLUSIONES	124
RECOMENDACIONES	125
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	126
ANEXOS	128
Anexo 1: Matriz de consistencia.....	128

Anexo 2: Análisis multicanal de ondas superficiales y Microtemores LS-02	130
Anexo 3: Perfil en condición estática Línea Sísmica LS02	131
Anexo 4: Perfil en condición pseudoestática LS02 con aceleración 0.41	131
Anexo 5: Perfil en condición pseudoestática LS02 con aceleración 0.51	132
Anexo 6: Perfil en condición pseudoestática LS02 con aceleración 0.41 y sistema soil nailing L=9m.....	132
Anexo 7: Análisis multicanal de ondas superficiales y Microtemores LS-03	132
Anexo 8: Perfil en condición estática Línea Sísmica LS03	134
Anexo 9: Perfil en condición pseudoestática LS03 con aceleración 0.41	134
Anexo 10: Perfil en condición pseudoestática LS03 con aceleración 0.51	135
Anexo 11: Perfil en condición pseudoestática LS03 con aceleración 0.41 y sistema soil nailing L=9m.....	135
Anexo 12: Especificación Técnica Geocelda	136
Anexo 13: Especificación Técnica Geomanta	137
Anexo 14: Especificación Técnica Biomanta	138
Anexo 15: Especificación Técnica Malla Hexagonal Doble Torsión con Revestimiento Galmac 4R y Polímero.....	139
Anexo 16: Permiso de la empresa.....	140

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Especificaciones técnicas de las barras de soil nailing.....	21
Tabla 2. Composición del producto	27
Tabla 3. Composición de HUMI-Pro.....	29
Tabla 4. Especificaciones técnicas de Biomantas "Biomac CC 400"	37
Tabla 5. Especificaciones técnicas Geomanta "MacMat R3 004"	39
Tabla 6. Especificaciones técnicas Geoceldas "MacWeb P 3915.3"	40
Tabla 7. Operacionalización de variables	47
Tabla 8. Cuadro de Coordenadas Geográficas.....	52
Tabla 9. Estudios geotécnicos realizados en los taludes de la Costa Verde	54
Tabla 10. Línea sísmica – Coordenadas UTM	56
Tabla 11. Clasificación del tipo de suelo	57
Tabla 12. Datos geofísicos y datos geotécnicos de la Línea Sísmica LS01	63
Tabla 13. Factores de seguridad de perfil condición pseudoestática en 50 años.....	64
Tabla 14. Factores de seguridad de perfil condición pseudoestática en 100 años.....	65
Tabla 15. Factores de seguridad de perfil en condición pseudoestática con el sistema soil nailing	66
Tabla 16. Parámetros del talud	66
Tabla 17. Características del suelo	66
Tabla 18. Esfuerzo último de unión de suelos granulares	66
Tabla 19. Pantalla de concreto	67
Tabla 20. Detalle de anclajes	67
Tabla 21. Detalle de la placa metálica	68
Tabla 22. Factores de resistencia	69
Tabla 23. Factores de resistencia	69
Tabla 24. Coeficiente de Flexión en la cara del muro	71
Tabla 25. Coeficiente de Flexión en la cara del muro	71
Tabla 26. Tabla de resistencia.....	72
Tabla 27. Factores de resistencia	72
Tabla 28. Resistencia de anclaje	73
Tabla 29. Geometría	74
Tabla 30. Parámetros Geotécnicos.....	75
Tabla 31. Nivel freático	75

Tabla 32. Coeficientes sísmicos.....	75
Tabla 33. Factores parciales de seguridad.	75
Tabla 34. Resultado del preanálisis	75
Tabla 35. Análisis de resultado	75
Tabla 36. Análisis del anclaje	76
Tabla 37. Calculo de anclajes	76
Tabla 38. Verificación de los anclajes	78
Tabla 39. Datos geofísicos y datos geotécnicos de la línea sísmica LS02	80
Tabla 40. Factores de seguridad de Línea Sísmica LS-02 con aceleración 0.41	81
Tabla 41. Factores de seguridad de Línea Sísmica LS-02 con aceleración 0.51	81
Tabla 42. Factores de seguridad en condición pseudoestatica con el sistema soil nailing y aceleración 0.41	81
Tabla 43. Parámetros del talud	82
Tabla 44. Características del suelo	82
Tabla 45. Esfuerzo ultimo de unión de suelos granulares	82
Tabla 46. Pantalla de concreto	82
Tabla 47. Detalle de anclajes	83
Tabla 48. Detalle de la placa metálica	83
Tabla 49. Nomograma para un talud detrás del muro de 0° y ángulos de inclinación de la pantalla 0° y 10° con respecto al eje vertical	84
Tabla 50. Factores de resistencia	85
Tabla 51. Factores de resistencia	85
Tabla 52. Coeficiente de Flexión en la cara del muro	86
Tabla 53. Coeficiente de Flexión en la cara del muro	87
Tabla 54. Tabla de resistencia.....	88
Tabla 55. Factores de resistencia	88
Tabla 56. Resistencia de anclaje	89
Tabla 57. Geometría	90
Tabla 58. Parámetros geotécnicos	91
Tabla 59. Nivel freático	91
Tabla 60. Coeficientes sísmicos.....	91
Tabla 61. Factores parciales de seguridad	91
Tabla 62. Resultado del preanálisis	91
Tabla 63. Análisis resultados	92

Tabla 64. Análisis	92
Tabla 65. Cálculo de anclajes	92
Tabla 66. Verificación de los anclajes	93
Tabla 67. Datos geofísicos y datos geotécnicos de la línea sísmica LS03	96
Tabla 68. Factores de seguridad de Línea Sísmica LS-03 con aceleración 0.41	97
Tabla 69. Factores de seguridad de Línea Sísmica LS-03 con aceleración 0.51	97
Tabla 70. Factores de seguridad en condición pseudoestática con el sistema soil nailing y aceleración 0.41	97
Tabla 71. Parámetros del talud	98
Tabla 72. Características del suelo	98
Tabla 73. Esfuerzo último de unión de suelos granulares	98
Tabla 74. Pantalla de concreto	98
Tabla 75. Detalle de anclajes	99
Tabla 76. Detalle de la placa metálica	99
Tabla 77. Factores de resistencia	100
Tabla 78. Factores de resistencia	101
Tabla 79. Coeficiente de Flexión en la cara del muro	102
Tabla 80. Coeficiente de Flexión en la cara del muro	103
Tabla 81. Tabla de resistencia.....	104
Tabla 82. Factores de resistencia	104
Tabla 83. Resistencia de anclaje	105
Tabla 84. Geometría	106
Tabla 85. Parámetros geotécnicos	106
Tabla 86. Nivel freático	107
Tabla 87. Coeficientes sísmicos.....	107
Tabla 88. Factores parciales de seguridad	107
Tabla 89. Resultado del preanálisis	107
Tabla 90. Análisis resultados	107
Tabla 91. Análisis	108
Tabla 92. Cálculo de anclajes	108
Tabla 93. Verificación de los anclajes	110
Tabla 94. Especificaciones Técnicas de Geosintéticos.....	111
Tabla 95. APU Sistema Soil Nailing	113
Tabla 96. APU Hidrosiembra	114

Tabla 97. APU Geocelda	116
Tabla 98. APU Concreto Lanzado	117
Tabla 99. APU Geomanta	118
Tabla 100. APU Biomanta.....	119

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Árbol del problema.....	2
Figura 2: Clasificación de las técnicas de Mitigación	13
Figura 3: Análisis matemático de estabilidad del talud.	14
Figura 4: Criterio de falla lineal de Mohr Coulomb	15
Figura 5: Sección de la cabeza del nail	17
Figura 6: Componentes del sistema de estabilización Soil Nailing.....	18
Figura 7: Excavación del primer nivel.....	18
Figura 8: Etapa de perforación de orificios	19
Figura 9: Etapa de instalación de lechada y nail.....	20
Figura 10: Aplicación de semillas mediante la hidrosiembra.....	22
Figura 11: Aplicación de las semillas sin acceder al talud	22
Figura 12: Remediación mediante la técnica de la hidrosiembra	23
Figura 13: Cynodon dactylon “Gramma de la costa”	25
Figura 14: Festuca arundinacea “Festuca alta”	26
Figura 15: Pennisetum clandestinum “Kikuyo”	27
Figura 16: Stable Plus	28
Figura 17: Abono Mineral 15-15-15.....	29
Figura 18: Colorante Greenseed	30
Figura 19: Hidrosembradora T90	31
Figura 20: Hidrosembradora T120	31
Figura 21: Talud reforzado con concreto lanzado y malla electrosoldada	33
Figura 22: Colocación de malla electrosoldada.....	34
Figura 23: Talud estabilizado utilizando Geosintéticos.....	34
Figura 24: Utilización de la biomanta.....	35
Figura 25: Fabricada de una combinación de fibra de coco y paja.....	36
Figura 26: Esquemmatización del proceso de instalación de biomantas	37
Figura 27: Esparcimiento de tierra sobre una geomanta para ayudar al crecimiento de la vegetación que protegerá al talud	38
Figura 28: Colocación de la geomanta y esparcimiento de semillas, cubierta de tierra sobre la geomanta y capa vegetal desarrollada	38
Figura 29: Geoceldas o geocelulas	39

Figura 30: Geoceldas cubiertas con una geomalla para facilitar el germinado de las semillas sembradas	40
Figura 31: Costa verde San Miguel – Lima, Peru.....	49
Figura 32: Plano de catastro del Distrito de San Miguel	51
Figura 33: Delimitación del área de estudio	52
Figura 34: Vista del esquema plasmado de los ensayos destructivos.....	52
Figura 35: Topografía del estudio.....	53
Figura 36: Temperaturas	53
Figura 37: Equipos utilizados en la toma de datos por el método de MASW	56
Figura 38: Curvas de dispersión obtenidas a partir de las técnicas MASW (a) y MAM (b); y el perfil de velocidad obtenido a partir de la combinación de ambos ensayos (c)	57
Figura 39: Curva de correlación para la cohesión ajustado a ensayos de corte directo a gran escala.....	58
Figura 40: Curva de correlación para el ángulo de fricción ajustado a ensayos de corte directo a gran escala.....	58
Figura 41: Mapa de Peligro Sísmico del Perú para un periodo de retorno de 50 años con el 10% de Excedencia	59
Figura 42: Mapa de Peligro Sísmico del Perú para un periodo de retorno de 100 años con el 10% de Excedencia	60
Figura 43: Sección gravimétrica SM02, orientada de suroeste-noreste. En el extremo superior, los puntos representan la gravedad observada y la curva negra la gravedad calculada. En el extremo inferior se muestra el perfil gravimétrico propuesto	61
Figura 44: Evaluación Geofísica de los Acantilados de la Costa Verde, Lima	62
Figura 45: Perfil en condición estática	64
Figura 46: Perfil en condición pseudodinámica para 50 años	64
Figura 47: Perfil en condición pseudodinámica para 100 años.	65
Figura 48: Perfil en condición pseudodinámica con el sistema soil nailing L=9m	65
Figura 49: Espaciamiento de anclajes soil nailing.....	67
Figura 50: Nomograma para un talud detrás del muro de 0° y ángulos de inclinación de la pantalla 0° y 10° con respecto al eje vertical.	68
Figura 51: Nomograma para un talud detrás del muro de 0° y ángulos de inclinación de la pantalla de 0° y 10° con respecto al eje vertical	70
Figura 52: Soporte de la placa de conexión	71
Figura 53: Distribución de presiones por el esfuerzo de punzonamiento.....	72

Figura 54: Diagrama de tensiones de un anclaje	73
Figura 55: Diagrama de tensiones en el anclaje	74
Figura 56: Pendiente geométrica	77
Figura 57: Diagrama de interacción	77
Figura 58:Espaciamiento de anclajes soil nailing.....	83
Figura 59: Nomograma para un talud detrás del muro de 0° y ángulos de inclinación de la pantalla de 0° y 10° con respecto al eje vertical	86
Figura 60: Soporte de la placa de conexión.....	87
Figura 61: Distribución de presiones por el esfuerzo de punzonamiento.....	88
Figura 62: Diagrama de tensiones de un anclaje	89
Figura 63: Diagrama de tensiones en el anclaje	90
Figura 64: Pendiente geométrica	93
Figura 65: Diagrama de interacción.....	93
Figura 66:Espaciamiento de anclajes soil nailing.....	99
Figura 67: Nomograma para un talud detrás del muro de 0° y ángulos de inclinación de la pantalla 0° y 10° con respecto al eje vertical	100
Figura 68: Nomograma para un talud detrás del muro de 0° y ángulos de inclinación de la pantalla de 0° y 10° con respecto al eje vertical	102
Figura 69: Distribución de presiones por el esfuerzo de punzonamiento.....	104
Figura 70: Diagrama de tensiones de un anclaje	105
Figura 71: Diagrama de tensiones en el anclaje	106
Figura 72: Pendiente geométrica Fuente: Elaboración propia.....	109
Figura 73: Diagrama de interacción Fuente: Elaboración propia.	109
Figura 74 : Factores de seguridad con sistema soil nailing	120
Figura 75: Tensiones de anclaje de LS1, LS2, LS3.....	121
Figura 76: Costo de las Técnicas de Estabilización.....	122

RESUMEN

Se realizó la optimización del factor de seguridad para la estabilización del talud, se determinó el valor del factor de seguridad del talud con el sistema soil nailing para analizarlos con los revestimientos. Se origina en la franja del litoral metropolitano cuya extensión es de 23 km aproximadamente en el acantilado de la Costa Verde San Miguel debido a que existe una inestabilidad de los taludes de toda la zona.

Se utilizó la técnica del sistema Soil Nailing como instrumento de contención y refuerzo del suelo diseñada tanto para trabajos permanentes como provisionales, utiliza elementos inyectados de acero resistentes a la tensión (bulones) para reforzar suelos in situ y crear un muro de contención por gravedad con el objeto de soportar una excavación permanente y también sus revestimientos como: hidrosiembra, concreto lanzado, geomanta, biomanta, Geoceldas. El alcance de la investigación es descriptivo, en su nivel se estudia las frecuencias y se realiza análisis descriptivos y según su diseño es retrospectivo.

Los resultados evidencian que el análisis realizado con el sistema Soil Nailing cumple con el factor de seguridad requerido y aumentándole un revestimiento aún más. Por lo tanto, se concluye que el sistema soil nailing debe analizarse con un sismo de aceleración máxima de 0.41 g. y sus valores cumplen con la norma E .050 Suelos y Cimentaciones, el factor de seguridad al no ser tan elevado se les puede adicionar un revestimiento como la Biomanta que es una mezcla de su manta adicionándole hidrosiembra para que haga un mejor trabajo.

Palabras Claves: Soil nailing, factor de seguridad, estabilización de talud, revestimiento, biomanta.

ABSTRACT

The optimization of the safety factor for the stabilization of the slope was carried out, the value of the safety factor of the slope was determined with the soil nailing system to analyze them with the coatings. It originated in the fringe of the metropolitan coastline whose extension is approximately 23 km on the cliff of the Costa Verde San Miguel due to the instability of the slopes of the entire area.

The Soil Nailing system technique was used as a containment and soil reinforcement instrument designed for both permanent and temporary works, it uses injected elements of steel resistant to tension (bolons) to reinforce soils in situ and create a gravity retaining wall with the object of supporting a permanent excavation and also its coatings such as: hydroseeding, shotcrete, geomat, biomat, geocells. The scope of the research is descriptive, at its level the frequencies are studied and descriptive analyzes are carried out and according to its design it is retrospective.

The results show that the analysis carried out with the Soil Nailing system complies with the required safety factor and increases a coating even more. Therefore, it is concluded that the soil nailing system should be analyzed with a maximum acceleration earthquake of 0.41 g. and its values comply with the standard E .050 Soils and Foundations, the safety factor, since it is not so high, a coating such as Bioblanket can be added, which is a mixture of its blanket, adding hydroseeding to it so that it does a better job.

Keywords: Soil nailing, safety factor, slope stabilization, coating, biomat.

INTRODUCCIÓN

En el Perú el distrito de San Miguel, uno de los distritos con una altura promedio del acantilado de 43.50 metros. En la actualidad las fuertes pendientes de las vertientes naturales o de corte de los acantilados, constituye una amenaza constante para los vehículos y personas que transitan día a día debido a los deslizamientos y derrumbes, que es la franja del litoral metropolitano cuya extensión es de 23 km aproximadamente. Se seleccionará un tramo en específico que se encuentra localizado a la altura del Complejo Panamericano de la Costa Verde, en cuya zona podrían ocurrir deslizamientos.

La importancia de este estudio nos servirá para poder comprobar una nueva forma de frenar los deslizamientos y derrumbes que venimos teniendo en la Costa Verde.

Se estudia las características del suelo para poder establecer un revestimiento para estabilizar el talud con el sistema soil nailing incluido. Es un estudio efectivo que piensa en no solo una solución paisajística sino también en una solución que ayude a evitar las tragedias de los derrumbes de esa zona.

El alcance de la investigación busca solucionar este problema con alternativa de estabilizar los taludes por medio de métodos de estabilización como soil nailing. Asimismo, permitirá obtener un correcto análisis de talud estabilizado. La importancia de este estudio nos servirá para poder comprobar una nueva forma de frenar los deslizamientos y derrumbes que venimos teniendo en la Costa Verde, El sistema soil nailing y el revestimiento puede aportar una mejora en la estabilización del talud, reduciendo el peligro de derrumbes y deslizamiento de rocas. También tener en cuenta el factor económico y el paisajístico debido que este último nos aportará un mejor panorama costero

Para lograr cumplir se determinará el factor de seguridad de un talud del acantilado en la costa verde, determinando la resistencia necesaria para el anclaje con el sistema soil nailing y el revestimiento óptimo para el talud. También el presupuesto de la ejecución de estabilización para un talud con una mejor solución paisajística ideal para un talud.

En el capítulo I se comienza a desarrollar la investigación con la descripción y delimitación del problema, se formuló el problema, se plantearon los objetivos, tomando como objetivo general la determinación del factor de seguridad de un talud del acantilado en la costa verde con el sistema soil nailing, se analizó la justificación e importancia de esta investigación, la limitación del estudio y su viabilidad.

En el capítulo II se recopiló información que nos serviría como base teórica para la justificación de la presente investigación, basándonos en Investigaciones relacionadas al tema presentando antecedentes, el uso de diferentes normas y manuales.

En el capítulo III se planteó las hipótesis tomando como hipótesis general la determinación del factor de seguridad de un talud con el sistema soil nailing, para una mejor estabilización y el revestimiento más óptimo.

En el capítulo IV se analizaron los tipos de suelos, técnicas para la recopilación de datos y el método de estabilización adecuado para estabilizar los taludes, se adecuó el procedimiento del análisis a ejecutar.

En el capítulo V se ven los análisis de los resultados, que se obtuvieron a partir de la recopilación de datos del capítulo anterior, de este saldrán los resultados para las conclusiones y recomendaciones.

Capítulo I: PLANTEAMIENTO Y DELIMITACION DEL PROBLEMA

1.1. Descripción de la realidad problemática

En el distrito de San Miguel, uno de los distritos con una altura promedio del acantilado de 43.50 metros y una pendiente de 80° aproximada. En la actualidad las fuertes pendientes de las vertientes naturales o de corte de los acantilados, constituye una amenaza constante para los vehículos y personas que transitan día a día debido a los deslizamientos y derrumbes, que es la franja del litoral metropolitano cuya extensión es de 23 km aproximadamente.

Se ubica una porción de la costa verde que presenta taludes con pendientes pronunciadas, se seleccionará un tramo en específico que se encuentra localizado a la altura del Complejo Panamericano de la Costa Verde, en cuya zona podrían ocurrir deslizamientos.

Por ello es necesario desarrollar una solución inmediata al tramo escogido para nuestro estudio ya que se presentaron diversas soluciones y no han sido ejecutadas por diferentes motivos de tiempo, económico, social y tránsito.

Se busca solucionar este problema con la mejor alternativa para estabilizar los taludes por medio de los métodos más adecuados con las propiedades físico-mecánicas del suelo, por ello realizaremos el estudio de la estabilización con el método de soil nailing con distintos tipos de recubrimientos. Asimismo, permitirá obtener un correcto análisis de talud estabilizado.

1.1.1 Problemática e importancia

En el Perú la zona de la Costa Verde cuenta con mallas fabricadas a su medida que fueron instaladas años atrás y no han podido cumplir con las expectativas que se tenía de poder frenar los deslizamientos y derrumbes que ocurren en ella.

La importancia de este estudio nos servirá para poder comprobar una nueva forma de frenar los deslizamientos y derrumbes que venimos teniendo en la Costa Verde.

1.1.2. Árbol de problema

En los últimos años los taludes de la Costa Verde se han incrementado y los problemas de estabilidad han generado algunas causas y consecuencias, como derrumbes y deslizamientos esto ocasiona un problema a los habitantes que viven y circulan por la zona. En la (figura 1) podemos observar una idea más explícita.

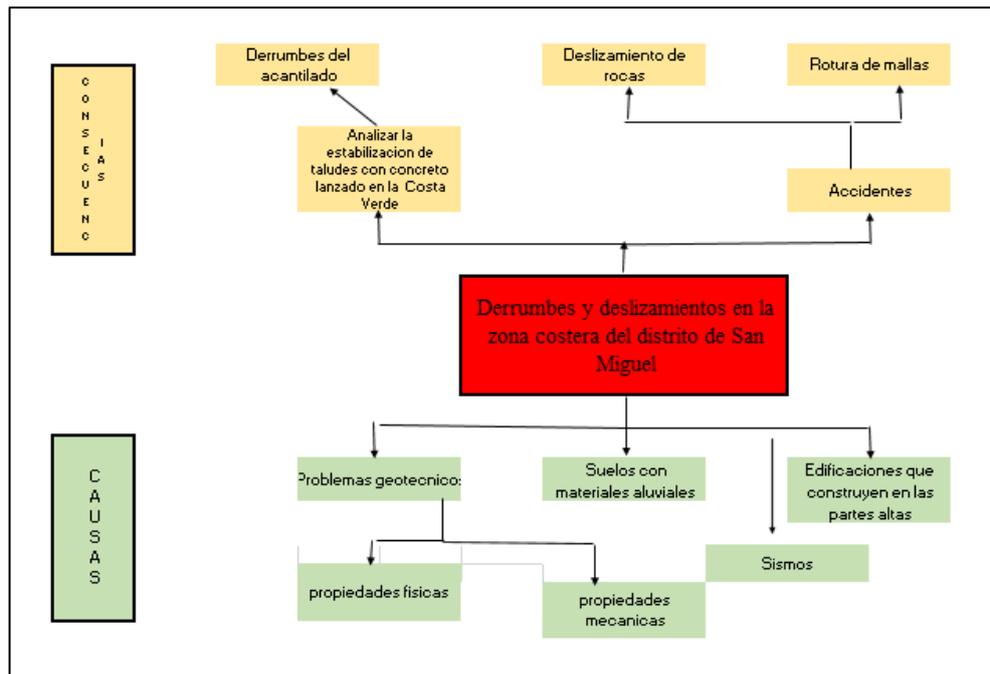


Figura 1: Árbol del problema
Fuente: Elaboración propia

1.1. Formulación del problema

1.2.1. Problema general

¿Cuál es el factor de seguridad para optimizar la estabilidad del talud en el acantilado de la costa verde en el distrito de San Miguel con el sistema soil nailing?

1.2.2. Problemas específicos

- ¿Cuál es la resistencia necesaria del tipo de anclaje que se usará en el sistema soil nailing?
- ¿Cuáles el mejor revestimiento óptimo del talud con el sistema soil nailing?
- ¿Cuál es el presupuesto de la ejecución de estabilización del talud con el sistema soil nailing y los revestimientos?

1.3. Objetivos de la investigación

1.3.1. Objetivo general

Determinar el factor de seguridad para optimizar la estabilidad del talud en el acantilado en la costa verde en el distrito de San Miguel con el sistema soil nailing.

1.3.2. Objetivos específicos

- a) Determinar la resistencia necesaria para el anclaje con el sistema soil nailing.
- b) Determinar el mejor revestimiento óptimo para el talud con el sistema soil nailing.
- c) Determinar el presupuesto de la ejecución de estabilización para un talud con el sistema de soil nailing y los revestimientos.

1.4. Delimitación de la investigación

1.4.1. Geografía

La Costa Verde nos brinda una franja del litoral metropolitano cuya extensión es de 23 km aproximadamente de acantilado. El área del proyecto a investigar está compuesta de una altura promedio del acantilado de 43.50 metros, una pendiente de 80° aproximada y una longitud de 500 metros en el acantilado de la Costa Verde – San Miguel.

1.4.2. Temporal

Esta investigación tiene una duración de siete meses en aproximado donde se realizan los análisis para estabilizar un talud con el sistema soil nailing con diferentes caras de revestimiento en un tramo del acantilado en la costa verde en el distrito de San Miguel.

1.4.3. Temática

El método a utilizar es de Mohr Coulomb, la resistencia cortante del suelo, el software Slide e investigar las características de un talud, el cual nos va permitir obtener información para la estabilización de los taludes en la Costa Verde – San Miguel

1.4.4. Muestral

En la Costa Verde a la altura del Complejo Panamericano de San Miguel se encuentran diversos deslizamientos por la falta de estabilización del talud

en aquella zona, esto nos permite realizar la estabilización óptima para el talud del acantilado en la Costa Verde en el distrito de San Miguel.

1.5. Justificación del estudio

- a) Justificación teórica: En los siguientes estudios para estabilizar taludes estos serán aplicados debido a que tenemos muchos problemas con los deslizamientos que afectan a los autos y derrumbes que pueden hacer ceder a edificaciones que se encuentran construidas encima de este acantilado.
- b) Justificación metodológica: En este trabajo se estudia las características del suelo para poder establecer un revestimiento para estabilizar el talud con el sistema soil nailing incluido.
- c) Justificación práctica: Es un estudio efectivo que piensa en no solo una solución paisajística sino también en una solución que ayude a evitar las tragedias de los derrumbes de esa zona.

1.5.1. Relevancia social

Este estudio es de gran importancia para nuestra sociedad, especialmente para los habitantes cercanos a la costa verde y los que transitan por el circuito de playas. En la actualidad, hay una sobrecarga en la parte superior del acantilado que pueden fallar repentinamente y, a través de las propiedades y características de un talud estabilizado, deben contribuir a la seguridad en términos de estabilidad de taludes, adquirir parámetros importantes en el campo de la ingeniería civil y utilizar este conocimiento para hacer correcciones para asegurar panoramas costeros. Con esta investigación deseamos que se siga desarrollando para toda el área de la Costa Verde.

1.5.2. Aplicaciones prácticas

El análisis de estabilidad de taludes implica la práctica con métodos y softwares especializados que nos ayudarán a conocer las propiedades y características de un talud estabilizado con soil nailing para los acantilados. Con esta investigación podremos ver si podemos replicar todo nuestro estudio en el área de la Costa Verde, así se eliminará los deslizamientos, derrumbes. También colocar un mejor revestimiento para evitar estos problemas.

1.5.3. Utilidad metodológica

En este estudio recopilaremos información de Artículos nacionales e internacionales, Trabajos de investigación, Tesis, Manual de Referencia Soil Nailing, Norma Técnica Peruana (NTP) E.050 donde se establecen las especificaciones de los suelos en el país.

1.5.4. Valor teórico

Esta información nos servirá para poder analizarla y compararla con otras investigaciones realizadas y usarla como referencia ya que se podrá llegar a enriquecer la investigación.

1.6. Importancia del Estudio

1.6.1. Nuevos conocimientos

La importancia del estudio realizado porque nos permite tener un considerable alcance de los resultados con una mayor precisión en el problema de deslizamiento de taludes , con esta investigación estamos dando a conocer una metodología de recolección y procesamiento de datos que viene desarrollándose en otros países, para la caracterización con fines de diseño geotécnico, asimismo esto abrirá nuevas vías para estudios que presenten situaciones similares a las que aquí se plantean, desempeñándose como marco referencial.

1.6.2. Aporte

Aportar con el sistema soil nailing un revestimiento que pueda aportar una mejora en la estabilización del talud, reduciendo el peligro de derrumbes y deslizamiento de rocas. También tener en cuenta el factor económico y el paisajístico debido que este último nos aportará un mejor panorama costero.

1.7. Limitaciones del estudio

Dada la complejidad del estudio por no tener el estudio de suelos, nuestros datos serán tomados de exploraciones anteriores que nos puede proporcionar el Instituto Geofísico del Perú y transformar sus datos para que nos puedan servir. También tener en cuenta que por disposición de un decreto el área de la costa verde se convirtió en una zona intangible y este es cuidado por el APCV.

1.8. Alcance

El alcance de la investigación busca solucionar este problema con alternativa de estabilizar los taludes por medio de métodos de estabilización. Asimismo, permitirá obtener un correcto análisis de talud estabilizado, pero no será estudiado el sismo en esta investigación, pero si tomado como dato en el programa Slide para obtener mejores resultados. La importancia de este estudio nos servirá para poder comprobar una nueva forma de frenar los deslizamientos y derrumbes que venimos teniendo en la Costa Verde, Con esta investigación deseamos que se siga desarrollando para toda el área de la Costa Verde.

1.9. Viabilidad del estudio

El desarrollo de la presente investigación es viable porque reúne las características y condiciones que cumplen con una correcta estabilización de taludes que se necesita para parar con los derrumbes y deslizamientos de rocas y arena en la Costa Verde. Además, esta investigación nos permite que se siga desarrollando para toda el área comprendida en la Costa Verde.

Capítulo II: MARCO TEÓRICO

2.1. Marco histórico

Tras la caída de Leguía, el proyecto de la costa verde fue abandonado. Hasta que, en el gobierno de Ernesto Aramburú Menchaca como alcalde de Miraflores en 1970, incitó la idea de realizar cambios importantes para la administración de la ciudad. Así inició con grandes proyectos como la Vía Expresa del Paseo de la República, o de la 'Costa Verde', que unió por medio de una vía que las playas de Miraflores, Barranco, San Isidro, Magdalena, San Miguel y Chorrillos se conecten. Lo de verde era por la idea de reforestar la pared del abismo con plantas de un vivero que él mismo gestionó. Ganarle metros al mar no era tarea fácil. Con una mejor tecnología y estudios, la idea de Ernesto Aramburú fue de colocar espigones en el mar y que ayuden a domesticar las olas y enarenamiento de la costa.

Las toneladas que salían a diario por la excavación de tierra en la Vía Expresa era llevada a la Costa Verde para poder ganarle metros al mar y así poder ver hoy en día las playas de toda esa área. García O. (2020)

El soil nailing tiene su origen en la década de los 60 del siglo XX, cuando se introdujo el Nuevo Método Austríaco para la construcción de túneles. La introducción de barras de acero, la inyección de mortero fluido en las perforaciones y el revestimiento con hormigón proyectado permitieron soportar las excavaciones de rocas en túnel.

A medida que desciende la excavación, se introducen anclajes de refuerzo pasivos, generalmente sub-horizontales, que trabajan principalmente a tracción, pero también pueden tomar cargas de flexión y corte. Estas barras pasivas son de acero y se conocen como pernos de roca o bulones en el ámbito de los túneles. Los refuerzos se complementan a medida que baja la excavación con un paramento superficial que puede ser rígido o flexible que impide el deslizamiento del suelo entre los puntos que se encuentran las barras instaladas. Este refuerzo del terreno permite mejorar su resistencia al corte a lo largo de superficies potenciales de falla

2.2. Investigación relacionada con el tema.

2.2.1. Investigaciones nacionales

Solier, R. Vento, L. (2021), el presente estudio trata sobre una propuesta de plan de gestión de riesgos para la implementación de sistemas de estabilización de soil nailing y muros en voladizo en los acantilados de la

Costa Verde en Miraflores. En primer lugar, debe identificar todos los riesgos que pueden surgir al implementar un sistema de estabilización. El segundo es la determinación cualitativa de los riesgos más importantes. En tercer lugar, calculamos el impacto del riesgo especificando un nivel de confianza para el presupuesto y la duración. Finalmente, se propone un plan de acción que incluye estrategias y acciones para reducir el riesgo.

Carranza, R. Idrogo, C. (2021), los tramos del área Mollepatá-Pallasca entre el km 27 1 5 y el km 27 255 serán analizados para la estabilidad de taludes utilizando técnicas de soil nailing y se dispondrán en áreas empinadas con poco espacio para deslizamientos. Los resultados muestran que, desde el punto de vista del análisis geotécnico del sitio, la aplicación de la tecnología de clavado de suelos propuesta para estabilizar los taludes fue la más adecuada para el sitio, y luego de su aplicación se logró un factor de seguridad de 2.6.

Jurado A. Pérez R. (2019), En su tesis habla de la comparación de parámetros con ensayos geofísicos y ensayos geotécnicos, que son herramientas complementarias para ingenieros, geólogos y geofísicos. Su propósito es obtener parámetros de estabilidad a través de pruebas geofísicas que ayuden a lograr la estabilidad de taludes en Costa Verde - Miraflores.

Ventocilla, P. (2018), en su disertación determinó las características del suelo que se encuentra en las laderas del Cerro La Campana y realizó estudios de mecánica de suelos para determinar los materiales de la zona. Se utilizó el Manual de Diseño Geométrico de Carreteras 2018 para determinar la relación de pendiente del material antes mencionado, ya que el análisis de estabilidad se realizó utilizando datos de prueba de corte directo. Después de este programa SLIDE con el método simplificado de Bishop, para alcanzar el factor de seguridad de la pendiente, para aumentar la seguridad, se recomienda cubrir la pendiente con hormigón corto.

Chavarría A. (2021), se declaró estado de emergencia en la costa verde por derrumbes o desprendimientos de rocas. En esta tesis queremos estabilizar con tecnología de suelo reforzado para aumentar la estabilidad ante un posible deslizamiento. Se utiliza el software MACSTARS W .0. Esto nos ayuda a hacer el análisis por balance límite utilizando el método simplificado de Bishop y obtenemos sus factores de seguridad en

condiciones estáticas y pseudoestática, las cuales deben cumplir con la norma técnica peruana CE.020 “Estabilización de suelos y taludes” y la norma. Técnico peruano E.050 "Suelos y cimentaciones"

Copello, V. (2015), en esta tesis se observó que la parte a estudiar colapsa bajo condiciones sísmicas importantes, lo que pone en riesgo la vida humana en futuros proyectos. Por lo tanto, es importante encontrar soluciones para prevenir la erosión, mejorar la severidad y restaurar el paisaje de la vertiente de la Costa Verde en el área de estudio. En la zona de Barranco se propone corregir el talud correspondiente al tramo Costa Verde con tecnología de hidrosiembra y luego estabilizarlo. (reduciendo el ángulo de pendiente y aumentando el factor de seguridad).

2.2.2. Investigaciones internacionales.

Niño C. Rodríguez C. (2018), en este estudio se investigaron los principales aspectos que afectan el comportamiento de las estructuras de soil nailing. Se analizaron cuatro tipos de suelo en la ciudad de Bogotá: arcillas duras, arcillas blandas, arena densa y arena suelta. Para determinar la contribución de cada elemento del sistema, se realizó un análisis de sensibilidad variando las características de cada elemento para poder observar los efectos de estos cambios. También se crearon modelos con diferentes longitudes y diámetros de nailing y se realizó una comparación del factor de seguridad con y sin el sistema.

Castellanos B., González K., Monroy S. (2021), se creó el método de estabilización en el talud del Kilómetro 7,4 vía Tamarindo Salado; su desarrollo se basó en la tesis “Análisis de estabilidad de taludes en el kilómetro 3.3 vía Tamarindo salado, Ibagué - Tolima”, a partir de la cual se obtuvo información secundaria correspondiente a la topografía y características del suelo. se separan para que estos datos calculen el factor de seguridad utilizando diferentes métodos. Por lo tanto, se evaluaron los tres métodos convencionales que mejor se adaptaban a las características del área, los cuales fueron perno de anclaje, terraplén y muro de contención de terraplén; de los cuales el método perno-anclaje funcionó mejor para estabilizar el talud, modelándolo y aumentando el índice del factor de seguridad por encima de 1,1.

Gamboa. D, Peña. J, Reyes. A (2021), este trabajo se desarrolló con el fin de crear un método apropiado para la estabilización del talud del Libramiento Ibagué-Armenia en el kilómetro 5+530, para el desarrollo del trabajo “Análisis comparativo de métodos utilizados para el cálculo del factor resistencia de edificaciones”. Por lo tanto, cada opción fue modelada de forma independiente en el software Slide, ofreciendo tres métodos tradicionales que resultó ser muy costoso en su proceso de producción, eligiendo un método biotecnológico basado en la estabilización, a base de la pared de llantas recicladas, la base del talud y el cuerpo y corona del talud reforzado con Geoceldas a base de fibra de coco, el método de terraplén para lograr la renovación y factor de crecimiento después de su finalización y construcción. seguridad en la pendiente.

Cruz M. (2019), se introduce una nueva tecnología que estabilice pendientes, como las capas de hormigón. El cual tiene un recubrimiento diferente y se puede utilizar en diferentes campos de uso además de la estabilización de taludes. Esta tecnología se entiende como una forma rápida y que ahorra tiempo para aplicar y controlar la corrosión en comparación con los métodos tradicionales, tales como: el hormigón proyectado brinda recomendaciones para una tecnología adoptada a nivel mundial recientemente aprobada en Colombia.

López, L. (2019), se inició muestreando el talud lateral del Cantón Ambato. Estos análisis se realizaron en los laboratorios de suelos de la Universidad Central del Ecuador (UCE), adecuando las normas ASTM necesarias para obtener el ángulo de fricción. y viscosidad en polvo. en el talud para el cual obtenemos el factor de seguridad (F.S). El factor de seguridad (FS) se determina por el método de Fellenius o el método de truncamiento, el cual se realiza programando en una hoja de cálculo de Excel. Con el F.S resultante, se afirma que la pendiente es inestable, porque además nos da un valor de calidad muy pobre debido a la composición del suelo. Análisis de taludes, se estabiliza con hormigón en bruto, ya que da excelente estabilidad a taludes, muros, etc. y evita nuevos derrumbes, es muy recomendable por sus excelentes propiedades de estabilidad. Se presentan métodos de instalación y otras piezas estructurales de conexión, por ejemplo: malla de anclaje y soldadura, que mejora la estabilidad de la rampa.

2.2.3. Artículos relacionados con el tema.

Lehn, J. et al (2021), es un sistema estructural comúnmente utilizado y económicamente eficiente para la estabilización de taludes. Se investigaron diferentes sistemas de revestimiento flexible, soil nailing y condiciones del suelo. El sistema flexible de estabilización de taludes y el suelo se instalaron en una gran caja con una dimensión de 12 m x 10 m. Se midieron diferentes parámetros como la deformación tridimensional, las fuerzas de la cuerda, así como el momento y las fuerzas normales en las uñas. Los resultados de la prueba se utilizan para el análisis numérico posterior con un método tridimensional de elementos finitos. Utilizando el modelo numérico validado y calibrado, en el futuro se realizarán estudios paramétricos extendidos mediante análisis de elementos finitos no lineales en 2 y 3 dimensiones para identificar los principales parámetros de influencia.

Se compara el comportamiento de deformación de la prueba de campo y la simulación numérica. Si la deformación y el comportamiento del soporte de carga se pueden simular de manera realista, el modelo numérico se puede utilizar para estudios paramétricos numéricos. Esto podría ayudar a desarrollar y optimizar los métodos actuales.

Kulczykowski, M. et al (2017), el soil nailing se ha convertido recientemente en un método muy común de estabilización de taludes, especialmente debajo o junto a edificios históricos. La estabilización con anclajes en estructuras de mampostería existentes, como los pilares de los muros de contención defectuosos, brinda estabilidad a largo plazo sin demolición ni reconstrucción.

Se instalaron equipos e instrumentos para monitorear el comportamiento del talud durante y después de la construcción. Se observó el efecto del tipo de suelo, el ángulo del suelo, el ancho de la zapata y la ubicación sobre la fuerza de movilización de los clavos, el movimiento lateral de la pendiente, el asentamiento de los cimientos y la presión del suelo sobre los clavos. la superficie de la pendiente, el fondo y la parte posterior del suelo con diferente presión de fondo. Se ha encontrado que el aumento de la densidad del suelo reduce tanto el desplazamiento de la pendiente como la construcción de cimientos. El desplazamiento de la superficie del talud y la zapata aumentaron al aumentar el ancho de los cimientos y la ubicación de los cimientos cerca de la cresta del talud.

Isaida, F. García Tristá. González Haramboure. (2020). En la presente investigación, el análisis de estabilidad de la pendiente aguas arriba se realizó en una presa de tierra homogénea, de 22 m de altura de cortina durante la ocurrencia de un producto de descenso rápido a un período de sequía de noventa días, bajo condiciones parcialmente saturadas. Se utiliza SEEP/W y SLOPE/W del programa GeoStudio 2012, y se tiene tres casos con diferentes tipos de suelos arcillosos una base arenosa y un prisma de drenaje conformado por un suelo de grava de alta permeabilidad.

Wang, Z. y Lin, M. (2021), Este trabajo estudia la estabilidad de taludes rocosos con la acumulación de gravas en el suelo bajo el efecto de diferentes aceleraciones sísmicas. Mediante análisis de desplazamiento, zona plástica y factor de seguridad, se analiza la estabilidad de taludes de roca y suelo. Los resultados de la investigación muestran que los parámetros mecánicos de la pendiente rocosa no son claros, lo que provocará el cambio de posición y los resultados del análisis de tensión de la pendiente rocosa no son claros.

Ziwei Z, Guoxin L. Ge Z. Mengdie N.(2022) , Las construcciones de túneles construidas en áreas kársticas son propensas a la lixiviación de calcio, lo que puede conducir a CaCO_3 depósitos en las tuberías de drenaje del túnel y canaletas de agua, lo que resulta en el bloqueo de los sistemas de drenaje del túnel. Esta investigación analiza la influencia de los aceleradores líquidos sobre el hormigón proyectado en los túneles de la zona kárstica. Para lograr esto, el presente estudio investigó la influencia del tipo de acelerador y el ambiente de agua kárstica en los comportamientos de degradación del hormigón proyectado. Los resultados mostraron que la resistencia a la compresión del hormigón proyectado disminuyó significativamente en un entorno de agua kárstica, mientras que la masa de hormigón proyectado disminuyó significativamente en un entorno de agua corriente.

Bruce, Beaudet, Marc, Benoit (2022) hormigón proyectado se utiliza en una variedad de aplicaciones de reparación que por lo general resulta en concreto. El hormigón proyectado creará una contracción por secado diferencial. La contracción y el posible agrietamiento posterior dependen de las proporciones del material seleccionado y del régimen de curado. El enfoque triple de este estudio es investigar (i) la posibilidad de mejorar el rendimiento de contracción de la mezcla seca de hormigón proyectado optimizando el agregado grueso y el

contenido de cemento, (ii) la influencia del humo de sílice (SF) y una combinación de SF y cenizas volantes (FA), (iii) y la influencia del polímero, el aditivo reductor de la contracción (SRA) y la fisuración. aditivo reductor (CRA) sobre la resistencia a la contracción y al agrietamiento de la mezcla seca de hormigón proyectado usando una prueba de anillo de contracción restringida modificada.

2.3. Estructura teórica y científica que sustente el estudio.

2.3.1. Métodos utilizados para el estudio de estabilidad de taludes.

Las técnicas de mitigación de deslizamientos en taludes suelen agruparse según diferentes criterios, como la función que realizan, cómo se realizan, etc., pero a la vez una técnica puede realizar más de una función.

Por tanto, a continuación, se presenta una clasificación general de las técnicas según las funciones que realizan en el material utilizado, la que nos parece más adecuada. (Figura 2).

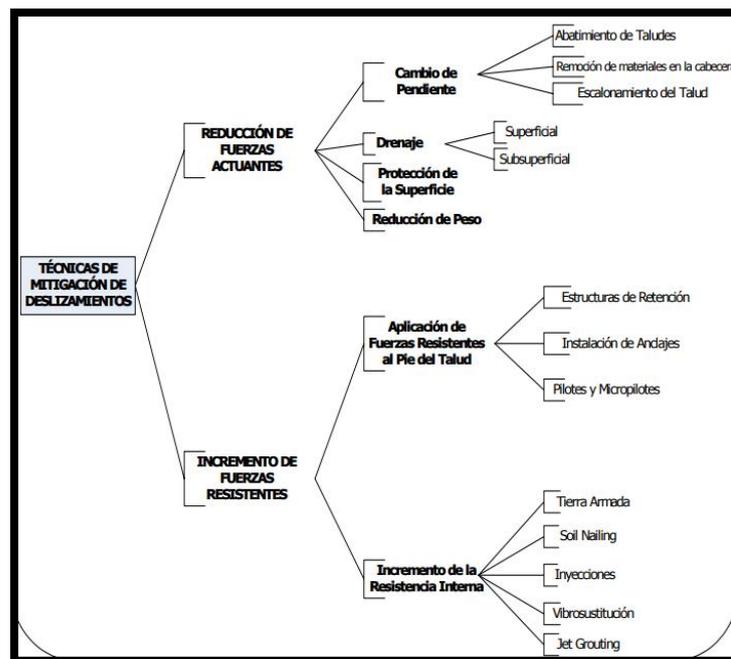


Figura 2: Clasificación de las técnicas de Mitigación

Fuente: Alberti, J. et al (2006)

2.3.2. Análisis de estabilidad de talud

El análisis matemático de estabilidad, tiene la finalidad de “analizar la condición de estabilidad de los taludes naturales, el factor de seguridad y funcionalidad del diseño en los taludes artificiales” (p. 127), en la figura se muestra el análisis matemático de estabilidad de taludes. A

continuación, se presenta los principales objetivos del análisis de estabilidad en la (figura 5), Suarez (2009):

- * Determinar la estabilidad del talud (si es estable o inestable y el margen de estabilidad).
- * Analizar la ocurrencia falla.
- * Definir la sensibilidad del talud ante diferentes efectos de activación (debido al incremento del nivel freático, sismos, etc.)
- * Comparar las diferentes opciones de estabilización para la estabilidad del talud. - plantear los diseños del talud de acuerdo a los términos de seguridad, confiabilidad y economía.

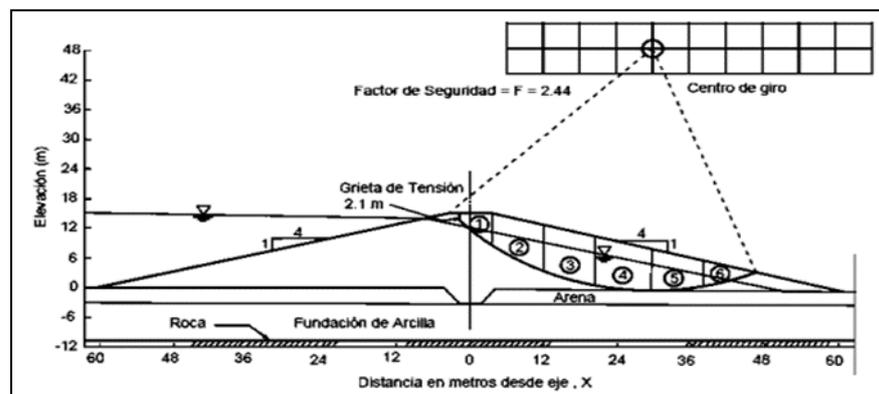


Figura 3: Análisis matemático de estabilidad del talud.
Fuente: U. S. Corps of Engineers, 2003.

2.3.3. Superficie de falla

En el análisis de estabilidad de taludes, el principal objetivo es determinar el factor de seguridad de del talud promedio (FS), ya que se asume igual para todos los puntos a lo largo de la superficie de falla, y se define:

$$FS = s / \tau \dots\dots\dots (1)$$

Donde s es la resistencia al corte al suelo, y τ el esfuerzo cortante sobre la superficie de falla. El factor de seguridad representa el factor por el que la resistencia al corte debe ser dividida para ser equivalente al esfuerzo que soporta la falla, generando una relación directa entre ambos parámetros. Esta resistencia al corte puede expresarse con la fórmula de Mohr-Coulomb, en términos de esfuerzos efectivos:

$$Tf = (c' + \delta \tan (\phi')) / FS \dots\dots\dots (2)$$

Cabe notar que, si el valor de FS es mayor al entero, se estaría cumpliendo el equilibrio (Duncan et al, 2014). Además, generalmente según las

normativas de diseño, se estable como mínimo aceptable un factor de seguridad mayores a 1 según la condición de análisis del diseño.

2.3.4. Criterio de Falla de Mohr – Coulomb

El criterio de falla de Mohr Coulomb establece que los esfuerzos de corte son los principales factores que harán fallar al material. Esto quiere decir que se genera una superficie de falla sobre la que se desliza el material cuando este pierde su capacidad de resistencia.

Define una combinación crítica de σ_n (esfuerzo normal) y S_0 (esfuerzo cortante) que causa fallas en múltiples puntos, dependiendo de la envolvente de falla lineal. Por tanto, la resistencia al corte del suelo o roca, es modelado a través del criterio de falla lineal, en el cual utiliza dos parámetros de resistencia que es la cohesión (c) y ángulo de fricción (ϕ) (F. Labuz & Zang, 2012).

$$S_0 = c' + (\sigma_n - \mu) \tan \phi' \dots\dots\dots (3)$$

$$S_0 = c + \sigma_n \tan \phi' \dots\dots\dots (4)$$

En la Ecuación 3 y Ecuación 4 se muestra el esfuerzo cortante, lo cual sería el criterio de falla, en condición efectiva y total. El plano de falla se representa en la Figura 4.

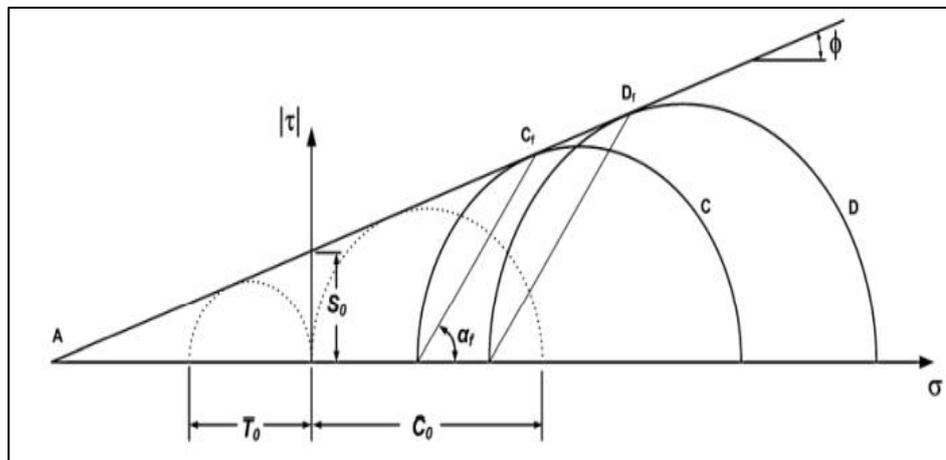


Figura 4: Criterio de falla lineal de Mohr Coulomb
Fuente: Labuz, F & Zang (2012)

2.4. Sistema de estabilización de soil nailing.

Es el principal sistema de mecanismo de refuerzo que tiene como objetivo de reforzar y contener cortes de suelo en obras viales o en excavaciones, así fortalecer el suelo existente mediante la instalación de barras de acero. los detalles de cada barra, se pueden observar en la Figura 7, con la finalidad de que los refuerzos de

las barras son de mejorar la estabilidad del suelo al actuar como una pared excavada reforzada. (Liu, 2014)

2.4.1. Método de FHWA

Según el manual del Federal Highway Administration de Estados Unidos para el Análisis sísmico en el Diseño de Estructuras Geotécnicas del Transporte, el coeficiente sísmico en el análisis pseudoestático puede ser determinado a través de dos factores. El primer factor se refiere a la máxima aceleración en el subsuelo debajo relleno o en la base del talud natural denominado PGA para un sitio determinado. Este es multiplicado por un segundo factor de sitio F_{pga} y representa el posible valor máximo del coeficiente sísmico K_{max} mostrado en la siguiente ecuación:

$$K_{max}=F_{pga}*PGA \dots\dots (5)$$

2.5. Componentes del sistema de estabilización soil nailing

2.5.1. Barras de acero de refuerzo.

Las barras de acero de refuerzo son componentes principales del sistema de Soil Nailing. Dichos elementos se instalan mediante perforaciones y luego son sellados en su lugar mediante una lechada de concreto. El esfuerzo de tracción se pone de forma pasiva a los nails en respuesta a los materiales retenidos durante la actividad de excavación.

2.5.2. Lechada.

Es una mezcla de cemento con agua cual llena el espacio entre barra de soil nailing y el suelo que lo rodea, también tienen como función de proteger la barra de agentes externos como de corrosión entre otros. Los cementos que se utilizan son de tipo I, II, III y IV según la norma del ASTM C150. La relación de agua/cemento están en dentro del rango de 0.4 y 0.5 en la lechada en algunos casos se emplean con slump de 30mm debido al tipo de suelo que se encuentra.

2.5.3. Cabeza de nails

Está integrado por tres elementos principales ellos son: la platina, tuerca y la roldana. La platina es fabricado de acero grado 36 de acuerdo ASTM A 36 y generalmente es cuadrada de 200 a 250mm de largo por 19mm de espesor, como función tiene de distribuir la fuerza que se ejerce durante el lanzamiento del concreto y resistir las fuerzas de talud. La platina tiene un

orificio central donde se colocan las barras de acero y luego se colocan las roldanas a la barra para asegurar la barra mediante el uso de una tuerca hexagonal, tal como se muestra (Ver Figura 5).

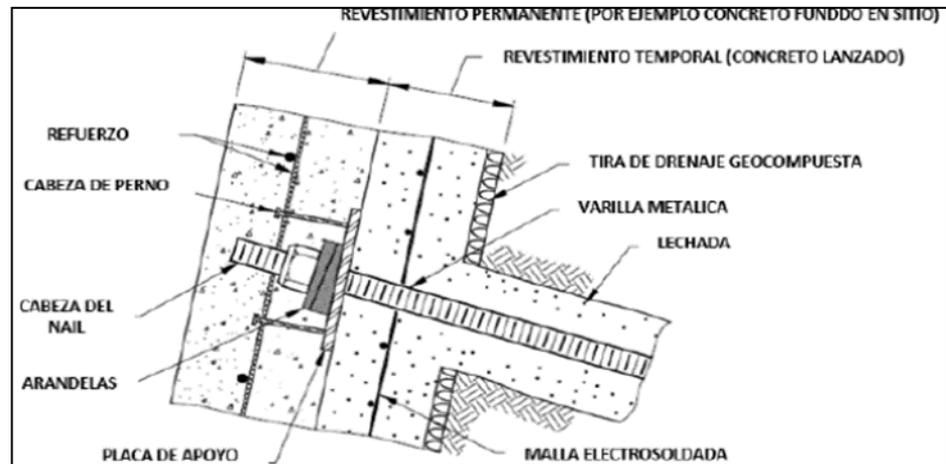


Figura 5: Sección de la cabeza del nail

Fuente: Soil Nailing Reference Manual.

2.5.4. Revestimiento temporal y permanente.

El revestimiento proporciona unir el estructural y el temporal tiene como función para soportar la placa de apoyo y resistir al suelo expuesto. Este revestimiento se coloca en la excavación sin soporte antes del avance de la siguiente excavación así mismo el revestimiento permanente se coloca una vez colocado el temporal después de realizar la instalación de soil nailing y haber ajustado la tuerca hexagonal. En la Figura 8 se muestra de manera ilustrativa esta etapa.

2.5.5. Franja de drenaje.

Esta franja se coloca antes de realizar el revestimiento temporal para permitir la recolección y conducción de agua filtrado que pueden dañar el revestimiento, tal como se muestra (Ver Figura 6)

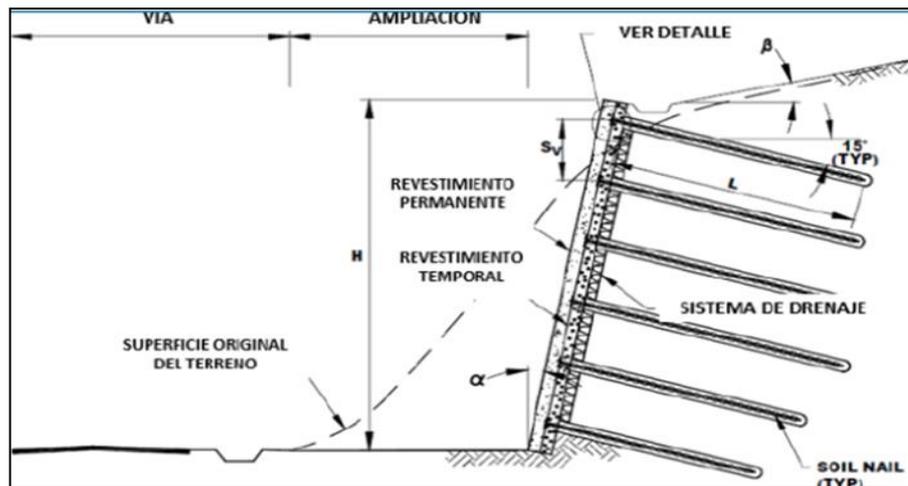


Figura 6: Componentes del sistema de estabilización Soil Nailing
Fuente: Soil Nailing Reference Manual

2.6. Proceso constructivo del sistema de estabilización soil nailing

2.6.1. Excavación

Antes de realizar cualquier tipo de excavación lo primero se deben de instalar los controles de agua superficial en la parte superior del talud evitando que filtre en la excavación, ya que esto afectaría negativamente la construcción y generando una inestabilidad del talud. La excavación inicial tiene una profundidad de 1 a 2m, también se debe tener en claro que el perfil de la cara excavada debe ser razonable y no demasiado irregular para poder minimizar la cantidad de concreto lanzado. Asimismo, se debe tener una plataforma moderado de 5 a 6 m para acomodar los equipos de perforación o la excavadora (Ver Figura 7).

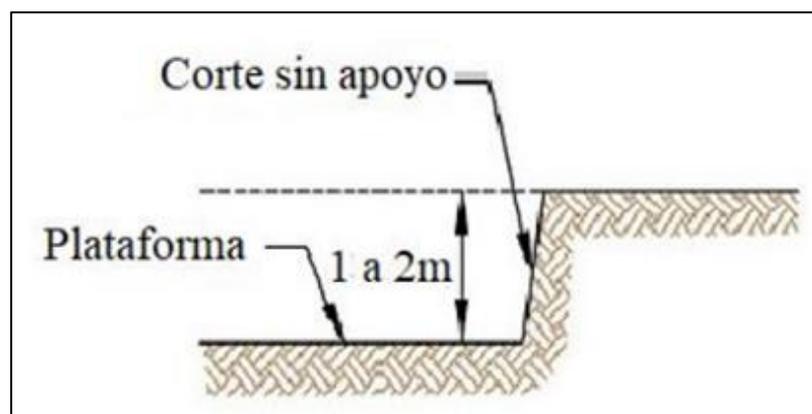


Figura 7: Excavación del primer nivel
Fuente: Soil Nailing Reference Manual.

En muchos casos, se presentan situaciones críticas relacionado a la estabilidad del terreno, esto se debe a que el corte realizado no tiene

soporte temporal; es decir, antes de colocar los nails y el concreto lanzado. En estos trabajos de excavación siempre es estar atento a los riesgos que se puedan presentar durante la construcción como; el desprendimiento y la deformación excesiva del suelo excavado.

2.6.2. Perforación de orificios para la colocación de nails

Para realizar la perforación de los orificios para nails existen varios métodos de perforación disponibles que incluyen perforaciones rotativas, percusión, sinfín y de percusión rotatoria, el uso de estos métodos dependerá en la disponibilidad del mercado. El método de perforación seleccionado no debe causar extracción excesiva del suelo. La perforación se debe realizar hasta el final de acuerdo con el diseño realizado así mismo debe haber un distanciamiento entre pernos para la comunidad del equipo (Ver Figura 8).

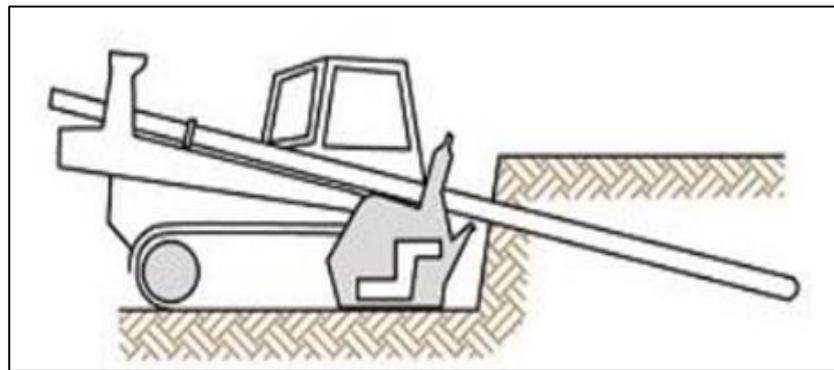


Figura 8: Etapa de perforación de orificios
Fuente: Soil Nailing Manual Reference Manual.

2.6.3. Instalación de nails y letrada.

Después de insertar el nails en el orificio perforado y se llena con lechada con un tubo hasta que llene el orificio con la finalidad que ocurra con adherencia entre el nails y el suelo permitiendo la transferencia de esfuerzo de tensión así mismo permite la protección de la barra de acero de agentes externos como la de corrosión. De misma manera el grado de perforación de los orificios es de suma importancia debido a que no obstruya el paso de la lechada. Así mismo, a medida que se colocan los nails y lechada, se construye un sistema de drenaje dentro de la malla que se ubica al pie del muro (Ver Figura 9)

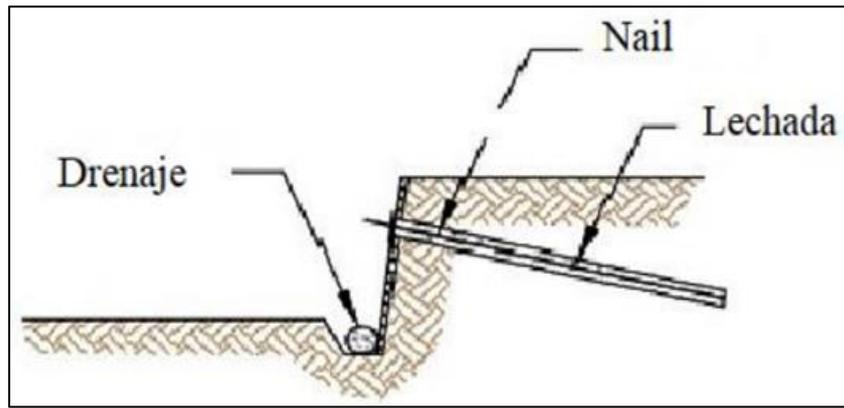


Figura 9: Etapa de instalación de lechada y nail.
Fuente: Soil Nailing Manual Reference Manual.

2.6.7. Especificaciones Técnicas

Tabla 1. Especificaciones técnicas de las barras de soil nailing

PERNOS - BARRA HUECA DE SOPORTE									
Barra autoperforante R32-280		Barra autoperforante R32-320		Barra autoperforante R32-360		Barra autoperforante R32-400		Barra autoperforante R38-400	
Diametro exterior nominal	32 mm	Diametro exterior nominal	38 mm						
Diametro exterior real	31.1 mm	Diametro exterior real	37.8 mm						
Diametro interior medio	18.5 mm	Diametro interior medio	16.5 mm	Diametro interior medio	15 mm	Diametro interior medio	12.5 mm	Diametro interior medio	19 mm
Sección nominal	410 mm ²	Sección nominal	470 mm ²	Sección nominal	510 mm ²	Sección nominal	560 mm ²	Sección nominal	750 mm ²
Peso nominal	3.2 kg/m	Peso nominal	3.7 kg/m	Peso nominal	4.0 kg/m	Peso nominal	4.4 kg/m	Peso nominal	5.8 kg/m
Fuerza en el límite de fluencia de 0,2%	220 KN	Fuerza en el límite de fluencia de 0,2%	250 KN	Fuerza en el límite de fluencia de 0,2%	280 KN	Fuerza en el límite de fluencia de 0,2%	330 KN	Fuerza en el límite de fluencia de 0,2%	400 KN
Fuerza maxima	280 KN	Fuerza maxima	320 KN	Fuerza maxima	360 KN	Fuerza maxima	400 KN	Fuerza maxima	500 KN
Resistencia en el límite de fluencia	540 N/mm ²	Resistencia en el límite de fluencia	530 N/mm ²	Resistencia en el límite de fluencia	550 N/mm ²	Resistencia en el límite de fluencia	590 N/mm ²	Resistencia en el límite de fluencia	630 N/mm ²
Resistencia a la tracción	680 N/mm ²	Resistencia a la tracción	680 N/mm ²	Resistencia a la tracción	705 N/mm ²	Resistencia a la tracción	710 N/mm ²	Resistencia a la tracción	670 N/mm ²
Alargamiento durante fuerza maxima	≥ 5.0 %	Alargamiento durante fuerza maxima	≥ 5.0 %	Alargamiento durante fuerza maxima	≥ 5.0 %	Alargamiento durante fuerza maxima	≥ 5.0 %	Alargamiento durante fuerza maxima	≥ 5.0 %

Fuente: Elaboración propia

2.7. Hidrosiembra

2.7.1. Técnica de hidrosiembra

Se considera como una de las herramientas más eficaces para controlar y prevenir la erosión y la meteorización de terraplenes, cortes de taludes y la restauración del paisaje. La hidrosiembra estabiliza el terreno sobre todo en superficies de elevada pendiente o terrenos pobres, es decir, con bajas concentraciones de materia orgánica y elementos nutritivos.

La hidrosiembra es un método donde se mezclan semillas, abono, estabilizante y celulosa (mulch); para luego ser colocadas directamente sobre el suelo por medio de un equipo mecánico (Hidrosembradora). Ver Figura 10 y 11.

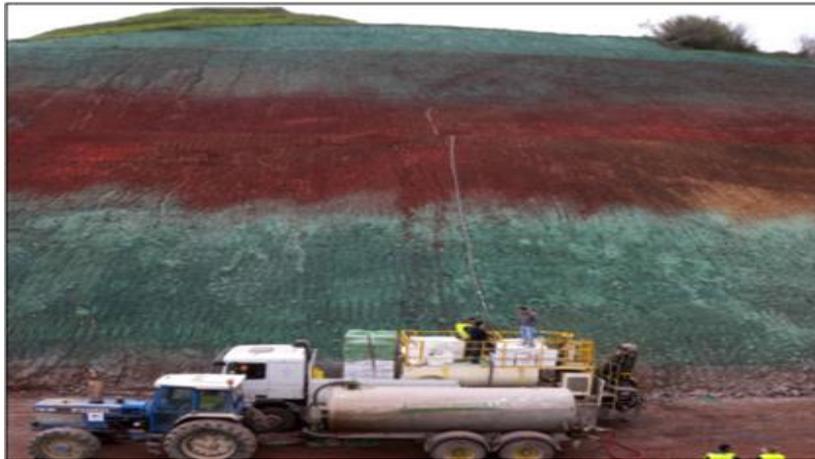


Figura 10: Aplicación de semillas
Fuente: Copello, V. (2015)



Figura 11: Aplicación de las semillas sin acceder al talud
Fuente: Copello, V. (2015)

De esta manera se siembra, se abona y se cubre el suelo. Con la mezcla arriba indicada se puede mantener la semilla en mejores condiciones de humedad, propiciando de esta manera su germinación. Este sistema de siembra consiste en la proyección de una mezcla homogénea mediante un equipo de bombeo. Es una técnica de siembra a distancia, ultra rápida que permite proyectar vía aspersión, una solución completa sobre el terreno natural, sea este plano o inclinado. La Fotografía 5.3 muestra que mediante la hidrosiembra se puede cubrir terrenos donde los accesos son muy complicados.



Figura 12: Remediación mediante la técnica de la hidrosiembra
Fuente: Copello, V. (2015)

Las ventajas de utilizar esta técnica son las siguientes:

- Eficiente control de erosión
- Mayor germinación y mejor cobertura
- Supervivencia más efectiva de las plantas
- Distribución uniforme de la semilla, de los fertilizantes y del mulch (agregado orgánico que protege y nutre la semilla)
- El mulch se convierte en humus y pasa a ser una parte integral de los suelos. Las fibras de mulch retienen hasta 10 veces su peso en agua, por lo que las semillas se mantienen húmedas para una más rápida y efectiva germinación.
- Versatilidad: más fácil de sembrar en áreas complicadas tales como terrenos irregulares, terrenos en pendiente o bermas, zanjas y franjas angostas
- Tiene pocas exigencias de suelo, clima y mantenimiento
- Mayor flexibilidad y capacidad para llegar a áreas que otros equipos no pueden alcanzar pendiente críticas.

2.7.2. Insumos para hidrosiembra.

- Semilla de césped

Teniendo en cuenta que el área en estudio se encuentra en la franja costera de Lima las semillas a sembrar deberán estar preparadas para afrontar el microclima de la Costa Verde. Por otro lado, deben tener las siguientes características:

- Permitido para la hidrosiembra
- Resistencia tanto al frío como al calor
- Resistente al suelo seco
- Resistencia a la salinidad
- Poco mantenimiento.

Debido a que hay una gran variedad de césped que cumplen con las características antes mencionadas, en esta tesis de investigación nombraremos las más utilizadas en proyectos de remediación y/o estabilidad de talud.

Cynodon dactylon “Gramma de la costa”

Cynodon dactylon, llamada comúnmente grama común o césped es una gramínea perenne de la familia Poaceae nativa del norte de África y sur de Europa.

Las hojas son verde grisáceas (sin estrés hídrico recuperan un verde intenso), cortas, de 4 a 15 cm de longitud con bordes fuertes membranosos; vainas de 1.5 a 7 cm de largo, generalmente más cortas que los entrenudos, vilosas en el ápice, las inferiores quilladas, lígulas membranosas, cilioladas, de 0.2 a 0.3 mm de largo, a veces vilosas en el dorso, láminas de 0.5 a 6.5 cm de largo por 1 a 3.5 mm de ancho, aplanadas, en ocasiones dobladas, escabriúsculas (poco ásperas), generalmente vilosas detrás de la lígula y en los márgenes inferiores, ocasionalmente en ambas superficies.

Los tallos erectos o decumbentes, pueden crecer de 1 a 30 cm de altura. Los tallos son ligeramente achatados, a veces con pintas púrpuras. Tiene un sistema radicular muy profundo; en sequía con perfil de suelo penetrable, las raíces pueden crecer a más de 2 m de profundidad, aunque la mayoría de la masa radicular está a menos de 60 cm bajo la superficie. Los tallos reptan por el suelo, y de los nódulos salen nuevas raíces, formando densas matas.

Esta especie se reproduce por semillas, estolones y rizomas. El rebrote y crecimiento comienzan a temperaturas por encima de 15°C, la óptima se sitúa entre 24 a 37°C; en invierno el pasto seco completamente la parte aérea, entrando en dormancia y se torna beige pardo. La Fotografía 5.4 muestra la planta en mención.



Figura 13: *Cynodon dactylon* “Gramma de la costa”

Fuente: Copello, V. (2015)

Festuca arundinacea “Festuca alta”

Festuca arundinacea es una especie de la familia de las gramíneas Poaceae. Es nativa de Europa y del norte de África.

Tiene lígula membranosa; aurícula pequeña; las hojas fuertemente surcadas, nervadura central pronunciada; las hojas están enrolladas en el nudo. Las láminas de las hojas son de 3 a 12 mm de ancho y de 1 a 60 cm de longitud. Son prominentemente rugosas en la cara superior y brillante en el envés. Las hojas son más angostas en la punta, y los márgenes son irregulares y cortantes al tacto. Las vainas de la hoja son suaves, divididas y rojizas en la base.

De hábito cespitoso ya que presenta rizomas cortos; la inflorescencia es una panoja hasta de 50 cm, normalmente de 1 a 30 cm. Las panojas o panículas varían de abiertas y ramificadas sin orden a muy angostas. Las ramificaciones cortas tienen varias espiguillas. Las espiguillas son desde elípticas a oblongas, de 1 a 2 cm. Cada espiguilla tiene de 3 a 10 flósculos. Sin embargo, aproximadamente solo la mitad de los flósculos produce semilla. Los flósculos dentro de las espiguillas están interconectados por el eje central o raquilla. Segmentos de la raquilla se encuentran en cada flósculo maduro (semilla).

Los tallos florales son huecos, compuestos de nudos y entrenudos y se denomina comúnmente "cañas". Las cañas usualmente son erectas, fuertes, suaves y hasta de 30 cm. La Figura 14 muestra la planta en mención.



Figura 14: *Festuca arundinacea* “*Festuca alta*”

Fuente: Copello, V. (2015)

Pennisetum clandestinum “kikuyo”

Pennisetum clandestinum es una especie perenne tropical de Poaceae con varios nombres comunes, Kikuyo, grama gruesa, pasto africano, la cual proviene de la región de África, hogar de la nación Kikuyo. Posee rápido crecimiento y agresividad, por lo que se lo categoriza como una maleza en algunas regiones (estando prohibida su presencia en áreas de EE. UU). Sin embargo, es también un pasto popular de céspedes en Australia y en Sudáfrica debido a su baratura y tolerancia a sequía. Además, es muy usada como pastura de ganadería, con calidad baja, pero muy rica en proteína.

Fue introducida a través de África, Asia, Australia, América, y el Pacífico. Tiene alta potencia invasiva debido a sus agresivos rizomas y estolones, con los que penetra la tierra, formando rápidamente densas matas, y suprimiendo a otras especies. Posee matas de hojas laminares, bien angostas y de 11 a 15 cm de longitud; alcanzando como planta 10 a 130 cm de altura. Es nativa del trópico de baja elevación en Kenia y alrededores, creciendo en calor húmedo, como ocurren en nuestras áreas costeras húmedas. La Figura 15 muestra la planta en mención.



Figura 15: *Pennisetum clandestinum* “Kikuyo”

Fuente: Copello, V. (2015)

Mulch Wood Fiber

Wood fiber es un tipo de producto hecho a base de fibra de madera 100% sana y virgen, totalmente exenta de sustancias contaminantes. Debido a la longitud de sus fibras que se entrelazan entre sí, forman una cobertura que protege a las semillas de la erosión hídrica y eólica. La Tabla 1 muestra las características del producto.

Tabla 2. Composición del producto

Materia prima	95%Fibra de madera/5% Turba	
Granulometría (mm)	0 - 10 mm	
Pesos	25 kg	
Absorción de agua por Litro	215g/10min	
Densidad	280 g/L	
pH-No Saturada	5.2 - 5.6	
pH-Saturada	4.8 - 5.2	

Fuente: Copello, V. (2015)

Estabilización Stable Plus

Estabilizante orgánico (a base de endospermo de semillas puras no tóxicas, naturales), que, en solución acuosa con otros materiales, aplicadas sobre el suelo penetran en él y al desecarse, adhiere la mezcla entre las partículas terrosas dándole consistencia y permeabilidad. El producto viene en sacos de 25 Kg.

Ligante para la hidrosiembra, control de erosión, restauración del paisaje y proyectos de revegetación de taludes. A base de hidrocoloides vegetales

naturales de alta calidad que actúan como pegamento natural, que fija el mulch, la semilla y los aditivos, a la vez que estabiliza la capa superficial del suelo. Mantiene la siembra, envuelve el suelo y lo mantiene en su sitio mientras que germinan y crecen las plantas. Reduce el impacto de la lluvia, del viento y evita que se desplace el material sembrado. Incrementa la infiltración del agua y reduce las pérdidas. Estos hidrocoloides vegetales ofrecen un perfecto microclima para proporcionar rápidamente la germinación de las semillas. La Figura 16 muestra el producto.



Figura 16: Stable Plus
Fuente: P Copello, V. (2015)

Abono mineral 15-15-15

El Abono 15-15-15 es un fertilizante muy completo que permite tener una fuente óptima de los tres macro nutrientes primarios N-P-K, mejorando la calidad de algunas hortalizas de hoja y ornamentales. El producto viene en sacos de 25 kg y está compuesto de 15% de nitrógeno Total (N): 6.5% nitrógeno nítrico y 8.5% nitrógeno amoniacal. Tiene un 15% de anhídrido fosfórico (P₂ O₅) soluble en citrato de amonio neutro y en agua. Además, tiene un 15% de óxido potásico (K₂O) soluble en agua. La Figura 17 muestra el producto.



Figura 17: Abono Mineral 15-15-15

Fuente: P Copello, V. (2015)

Ácidos Húmicos Fúlvicos

Los ácidos húmicos y fúlvicos mejoran las características del suelo favoreciendo la absorción y asimilación de nutrientes, la retención y el drenaje del agua, aportando materia orgánica y estimulando la acción del sistema radicular. El producto viene en presentación de 20 L. La Tabla 2 muestra la composición del producto.

Tabla 3. Composición de HUMI-Pro

Materia de origen vegetal-	20%	
Leonardita		
Extracto húmico total	16% p/p	
Ácidos húmicos	10% p/p	
Ácidos fúlvicos	6% p/p	
Densidad	1.26 g/l	
pH	13	
Color	Negro	

Fuente: P Copello, V. (2015)

Colorante Green Seed

Colorante hidrosoluble de color verde para añadir a mulches no tintados. Este colorante se degrada y desaparece a las pocas semanas de su aplicación. Con este colorante se facilita el control de los trabajos de hidrosiembra mejorando la homogeneidad de aplicación y ayudando a evitar que queden zonas sin tratar. La Figura 18 muestra el producto.



Figura 18: Colorante Greenseed

Fuente: P Copello, V. (2015)

2.7.3. Hidrosembradora

A continuación, se muestran dos modelos de hidrosembradoras con las capacidades mínimas admisibles para desarrollar de los trabajos en el acantilado de la Costa Verde.

HIDROSEMBRADORA T90

La Hidrosembradora T90 es un equipo avanzado para la realización de siembra mediante proyección. La Hidrosembradora permite la proyección de distintos tipos de productos: semilla, fertilizantes, mulches y mejorantes, en una única aplicación y en un solo paso. La Hidrosembradora T90 usa sistemas independientes para la agitación mecánica y la recirculación de líquidos con una velocidad variable de 0 -130 rpm. El diseño hidráulico confiere mayor capacidad de mezclado y proyección de sólidos, mientras se minimizan los costos de mantenimiento teniendo un alcance de sembrado de hasta 55 m desde la manguera. Tiene un tanque de 3,558 litros con capacidad de trabajo de 3,028 litros. Las dimensiones del equipo son: largo = 3.35 m, ancho = 2.03 m y alto = 2.57m. La Figura 19 muestra la Hidrosembradora T90.



Figura 19: Hidrosembradora T90

Fuente: P Copello, V. (2015)

HIDROSEMBRADORA T120

La Hidrosembradora T120, similar al equipo T90, también, está preparado para la siembra mediante proyección, pero diseñado para almacenar mayor volumen. La Hidrosembradora T120 permite la proyección de distintos tipos de productos: semilla, fertilizantes, mulches y mejorantes, en solo una aplicación. La Hidrosembradora T120 usa sistemas independientes para la agitación mecánica y la recirculación de líquidos con una velocidad variable de 0 -130 rpm. El diseño hidráulico confiere mayor capacidad de mezclado y proyección de sólidos, mientras se minimizan los costos de mantenimiento teniendo un alcance de sembrado de hasta 55 m desde la manguera. Tiene un tanque de 4,468 litros con capacidad de trabajo de 3,785 litros. Las dimensiones del equipo son: Largo = 3.91 m, Ancho = 2.03 m y Alto = 2.57m. La Figura 5.2 muestra la Hidrosembradora T120.



Figura 20: Hidrosembradora T120

Fuente: P Copello, V. (2015)

2.7.4. Composición de la mezcla de siembra

Después de haber escogido las semillas adecuadas para el área en estudio y los productos recomendados para la hidrosiembra se podrán verter dentro del tanque cisterna que mezclará e impulsará hacia el terreno por medio de bombas hidráulicas. A continuación, describiremos la dosis de los productos para lograr la hidrosiembra:

Primera fase: Siembra

- 100 g/m² de mulch
- 10 g/m² de estabilizante
- 40 g/m² de abono mineral 15 – 15 – 15
- 10 cc/m² de ácidos húmicos
- 30 g/m² de mezcla de semillas de césped
- 70 % césped *Cynodon dactylon* “Gramma de la costa”
- 15 % césped *Festuca arundinacea* “Festuca alta”
- 15 % césped *Pennisetum clandestinum* “Kikuyo”

Segunda fase: Tapado

- 100 g/m² de mulch
- 10 g/m² de estabilizante

2.7.5. Aplicación de la técnica de hidrosiembra.

La situación actual del talud de la Costa Verde en el tramo en estudio, como se puede observar el talud es pronunciada lo cual genera el desprendimiento del suelo y las piedras afectadas por la meteorización del entorno. Como propuesta de remediación y mejora ambiental del acantilado más visitado en la capital del Perú la presente tesis ha desarrollado a lo largo de sus capítulos anteriores el procedimiento para aplicar la hidrosiembra.

2.8. Estabilización del talud con hormigón lanzado y malla electro soldada

El concreto lanzado se entiende como una mezcla de cemento, agregados grueso y agregado fino, agua y un aditivo el cual es conducido neumáticamente por una máquina impulsora a través de una manguera a altas velocidades siendo proyectado sobre una superficie a proteger. La mezcla puede estar acompañada de refuerzo o no dependiendo de la carga a la que se le solicite y las características de la superficie a proteger, los refuerzos más comunes son la malla electrosoldada como en la Figura 21. López L. (2019)



Figura 21: Talud reforzado con concreto lanzado y malla electrosoldada
Fuente: López L. (2019)

2.8.1. Métodos de aplicación del concreto lanzado

Método de concreto lanzado vía seca

La aplicación del concreto lanzado vía seca, es una mezcla de cemento, agregados secos (humedad natural del 3 al 6%), fibras metálicas y aditivos en polvo (microsílice, etc.), se unen hasta obtener una mezcla homogénea. El hormigón se carga en la máquina lanzadora, en ese instante se pueden adicionar los aditivos acelerantes para obtener resistencias iniciales altas y disminuir el rebote. El hormigón es trasladado mediante aire comprimido a gran velocidad hacia la boquilla. En este paso se agrega agua a presión en conjunto con el aditivo, mezclados los demás ingredientes. López L. (2019)

Método de concreto lanzado vía húmeda

El concreto lanzado se entiende como una mezcla de cemento, agregados grueso y agregado fino, agua y un aditivo el cual es conducido neumáticamente por una máquina impulsora a través de una manguera a altas velocidades siendo proyectado sobre una superficie a proteger. La mezcla puede estar acompañada de refuerzo o no dependiendo de la carga a la que se le solicite y las características de la superficie a proteger, los refuerzos más comunes son la malla electrosoldada como en la (Figura 21). López L. (2019)

Colocación de malla electrosoldada

La colocación de la malla electrosoldada (Figura 22) se hace en forma tal que quede en contacto el concreto lanzado previamente aplicado; el refuerzo se instala cumpliendo con los espacios de recubriendo mínimos. López L. (2019)



Figura 22: Colocación de malla electrosoldada
Fuente: López L. (2019)

2.9. Geosintéticos

Son elementos flexibles que se acoplan a la superficie del terreno, esquivando el agua y el viento entren directamente en roce con el suelo y se provoquen erosiones. La función secundaria de estas intervenciones es la de promover la integración del talud al medio adyacente, reconstituyendo, cuando sea posible la vegetación local. En el caso de taludes formados por rocas inestables, estos revestimientos deben fijar las rocas sueltas, evitando que estas se desprendan y caigan.



Figura 23: Talud estabilizado utilizando Geosintéticos
Fuente: Projar (2021)

Cabe destacar que estas obras, además de preservar bienes y vidas humanas, proporcionan, principalmente en centros habitados y obras viales, una gran economía con la eliminación de las operaciones de mantenimiento y limpieza del talud.

Muchas veces en los taludes también se encuentran brotes de agua. Es importante por lo tanto no crear barreras impermeables para evitar la acumulación de agua y la consiguiente desestabilización del macizo.

Por otra parte, es un hecho que el aspecto de los taludes debe ser lo más natural e integrado posible con el medio circundante, por lo que los revestimientos deben favorecer el crecimiento de la vegetación, principalmente cuando la superficie del talud sea poco fértil.

2.9.1. Biomantas

En muchos casos son requeridas soluciones que no solamente permitan el desarrollo de la vegetación, sino que desaparezcan después de que la superficie del talud se haya estabilizado. En estos casos es recomendado utilizar biomantas, que son revestimientos totalmente biodegradables, producidos con fibra de coco u otras fibras naturales, pero con vida útil suficiente para desarrollar esta función. Su función principal es la de servir de protección y abono para las especies vegetales que serán sembradas en el talud de la misma. Después de pocos meses de su aplicación, la biomanta desaparece por completo y la protección contra la erosión es proporcionada por la vegetación que se habrá desarrollado en el propio talud.



Figura 24: Utilización de la biomanta
Fuente: Projar (2021)

Existen algunas variedades de biomantas que se adecuan a las condiciones de escorrentía, pendientes, precipitación y tendencia erosiva del suelo.



Figura 25: Fabricada de una combinación de fibra de coco y paja
Fuente: Projar (2021)

La biomanta es apoyada directamente sobre el talud conformado y se sujeta a este con pequeñas estacas de madera. Cuando la inclinación del talud es muy acentuada, el agua de lluvia puede dejar la biomanta muy pesada e inestabilizarlo, en estos casos debe ser utilizada una red en malla hexagonal de doble torsión para mantenerla estable.

Un ejemplo de biomanta que se utiliza y se encuentra disponible en el mercado es la BIOMAC, distribuida por Maccaferri. A continuación, se describen los pasos para su instalación.

Proceso de instalación de la biomanta:

La manta BIOMAC se recomienda que sea desenrollada y sujeta utilizando grapas de acero galvanizado o estacas de madera, dependiendo del tipo de suelo del talud o de la longitud a cubrir, y separadas entre si según se establece.

Proceso constructivo:

- 1.- Rectifique el área de manera que quede en forma plana y pareja, debiendo remover las piedras grandes. Aplique una cubierta superficial.
- 2.- Use rastrillo ligero para la colocación de las semillas.
- 3.- Desenrolle la biomanta BIOMAC y coloque los anclajes. Si la pendiente del talud es 2:1 es necesario colocar un ancla cada 1m² dispuestas en tresbolillo.
- 4.- Los traslapes deben realizarse cuidando la dirección de escurrimiento de agua o la dirección predominante del viento. En las zonas de traslape las anclas deben ser colocadas cada metro.

5.- Deben colocarse dos canaletas en la parte superior o inferior del talud, las cuales deberán ser llenados posteriormente a la colocación de las anclas de la biomanta con el mismo material.

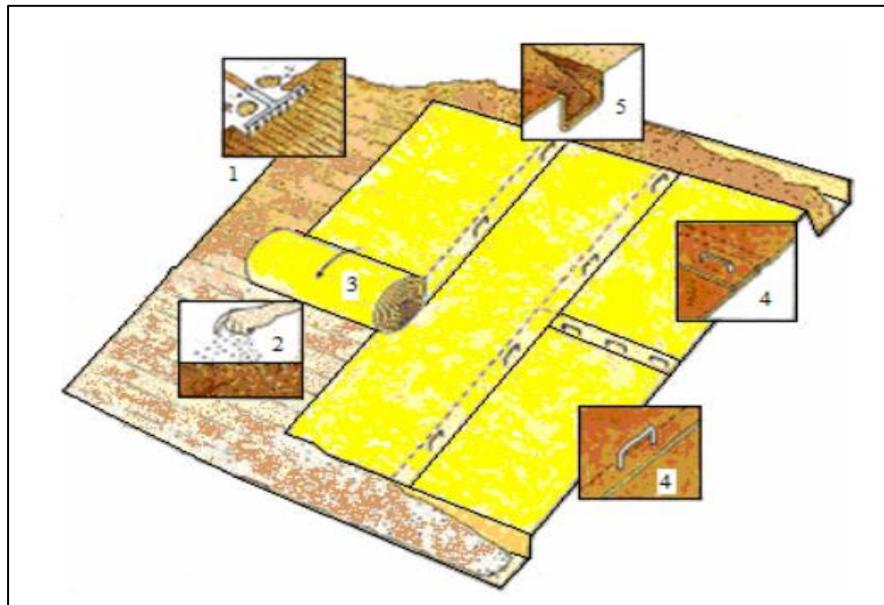


Figura 26: Esquematación del proceso de instalación de biomantas
Fuente: Projar (2021)

Especificaciones Técnicas Biomanta

Tabla 4. Especificaciones técnicas de Biomantas "Biomac CC 400"

BIOMANTA "BIOMAC CC 400"	
Resistencia a la tracción- longitudinal	3,79kN/m
Elongación-longitudinal	20%
Resistencia a la tracción- transversal	2,55kN/m
Elongación-transversal	20%
Absorción de agua	199%

Fuente: Elaboración propia

2.9.2. Geomantas

En el caso de taludes en suelos finos sin cohesión e inclinación suave, la mejor opción de revestimiento es una geomanta producida con filamentos de nylon. Esta se aplica directamente sobre el talud ya conformado y es anclada a este mediante grapas metálicas; posteriormente es sembrado y cubierto con tierra vegetal.

Su función es la de confinar las partículas con las cuales es colmatado, facilitando el crecimiento de la vegetación y garantizando la buena interacción suelo-material a través del anclaje de las raíces. En casos particulares puede ser necesario recurrir al hidrosembado para acelerar el crecimiento de la vegetación.



Figura 27: Esparcimiento de tierra sobre una geomanta
Fuente: Projar (2021)

Proceso para la instalación de la geomanta.

El proceso de instalación de las geomantas es similar al que se utiliza para la colocación de biomantas, por lo que se recomienda seguir los mismos pasos. En el caso de taludes con gran inclinación (mayores a 45°), estériles de granulometría fina y por lo tanto muy susceptibles a la erosión, el revestimiento ideal estará compuesto por una red en malla hexagonal de doble torsión envuelta por una geomanta. En este caso el revestimiento vegetal deberá ser creado a través de hidrosembado.



Figura 28: Colocación de la geomanta, esparcimiento de semillas y cubierta de tierra
Fuente: Projar (2021)

Especificaciones Técnicas de Geomantas

Tabla 5. Especificaciones técnicas Geomanta "MacMat R3 004"

GEOMANTA ANTIEROSIVA REFORZADA "MacMat R3 004"	
Resistencia a la tracción longitudinal	≥ 4 kN/m
Elongación a la rotura longitudinal	$\leq 30\%$
Resistencia a la tracción transversal	≥ 3 kN/m
Elongación a la rotura transversal	$\leq 30\%$
Resistencia al rasgado longitudinal	5 ± 2 Kgf
Resistencia al rasgado transversal	5 ± 2 Kgf

Fuente: Elaboración propia.

2.9.3. Geoceldas o Geocelulas

Son formadas por células yuxtapuestas producidas por costura o soldadura de tiras de materiales sintéticos con una altura próxima a 100 mm, formando una estructura de colmena o similar.

La principal función de las geocelulas es la contención del terreno o de otros materiales sueltos en ellas colocados. También son utilizadas para evitar el deslizamiento superficial en pendientes suaves y pronunciadas.



Figura 29: Geoceldas o geocelulas

Fuente: Projar (2021)

Aplicaciones

El suelo que forma un talud en ocasiones tiene una composición árida (debido a la escasez de material orgánico); esto ocurre, por ejemplo, cuando se corta

la roca y en algunos casos taludes áridos durante caminos en construcción. Bajo estas condiciones, es necesario asegurarse que se disponga de un adecuado espesor de suelo superficial que permita el crecimiento de vegetación. Ya que este suelo tiene propiedades mecánicas pobres, puede fácilmente deslizarse del talud y deslavarse de la superficie por efecto de las lluvias antes del crecimiento de vegetación.

Las geoceldas permiten la estabilización del suelo superficial en pendientes muy pronunciadas, asegurando el confinamiento lateral del talud mismo.

Una vez se abren las geoceldas en su máxima extensión y se llenan con suelo superficial ligeramente compactado, se forma una estructura estable para ser vegetada. La superficie de esta cara puede ser protegida contra la erosión superficial mediante el uso de geomantas y biomantas.



Figura 30: Geoceldas cubiertas con una geomalla
Fuente: Projar (2021)

Especificaciones Técnicas de Geoceldas

Tabla 6. Especificaciones técnicas Geoceldas "MacWeb P 3915.3"

SISTEMA DE CONFINAMIENTO CELULAR - GEOCELDA	
"MacWeb P 3915.3"	
Densidad	$\geq 0,94 \text{ g/cm}^3$
Espesor antes de la textura	1,1 mm
Espesor después de la textura	1,5mm
Espaciamiento entre la soldadura	711 mm
Profundidad de la celda	150 mm
Dimension de la celda	508*475mm

Fuente: Elaboración propia

2.10. Definición de términos básicos

Factor de Seguridad (F.S)

Según (Suarez, 1998), el factor de seguridad es empleado por los ingenieros para calcular el factor de amenaza de un talud que falle en sus peores condiciones de comportamiento para el cual se diseña. Asimismo, Fellenius en 1922, presentó el factor de seguridad como la relación entre la resistencia al corte real, calculada del material en el talud y los esfuerzos de corte críticos que tratan de producir la falla, a lo largo de una superficie supuesta de posible falla

Cohesión

La cohesión es una característica propia de los materiales que presentan resistencia al corte bajo un esfuerzo normal nulo (un término equivalente en mecánica de rocas es resistencia intrínseca al corte), que puede estimarse como la mitad de la resistencia a la compresión simple (Norma ASTM D2166).

Angulo de fricción

La fricción interna de un suelo, está definida por el ángulo cuya tangente es la relación entre la fuerza que resiste el deslizamiento, a lo largo de un plano, y la fuerza normal "p" aplicada a dicho plano.

Peso unitario

El peso unitario es definido como la masa de una masa por unidad de volumen. El peso unitario del suelo varía de acuerdo al contenido de agua que tenga el suelo, que son: húmedo (no saturado), saturado y seco. El peso unitario húmedo, es definido como el peso de la masa de suelo en estado no saturado por unidad de volumen, donde los vacíos del suelo contienen tanto agua como aire

Presupuesto

En el marco del Sector Construcción, (Ramírez de Arellano, 2006) define como la estimación del coste esperado para una construcción futura.

Niveles de Presupuestos

Presupuesto de Ejecución Material o Costo Directo: Este representa al costo esperado de la ejecución de una obra. Por lo que incluye una estimación de todos los costos de las partidas generados durante el proceso de construcción.

Presupuesto de Contrata antes de Impuestos: Se refiere al resultado de agregar los costos externos al Costo Directo tales como el costo de los Gastos

Generales y la Utilidad, por lo que representa el costo total de la obra sin incluir los Impuestos Generales de Venta (IGV).

Presupuesto de Contrata después de Impuestos: Es el resultado de agregar el IGV al Presupuesto de Contrata antes de Impuesto., por lo que representa una estimación del costo que deberá cobrar el contratista por realizar la obra.

Suelos:

Estos pueden ser de dos tipos, atendiendo a su condición granulométrica:

- Tierra o suelo
- Residuales, derruidos o detritos.

Se denomina con el nombre de residuales, derruidos o detritos a los suelos de composición granulométrica gruesa, es decir, constituidos predominantemente por gravas y bloques. Se considera que si el porcentaje en peso del material mayor a 2 milímetros de diámetro equivalente se encuentra entre el 20 y 80% es considerado como residual o derruido.

Materiales de relleno

Se tiene a los depósitos artificiales en un solo grupo. Estos demandan ciertas actividades como: construcción de obras civiles (terraplenes, presas de tierra, vertederos, etc.) o también acumulación de materiales de desecho, sobrantes, estériles, etc. (Alberti, Canales y Sandoval, 2006, págs. 65-68)

Deslizamientos

Con el término genérico de deslizamientos se conoce a una amplia variedad de movimientos cuesta debajo de suelos y rocas generadas por acción de la gravedad en terrenos inclinados. Los desplazamientos de las rocas o suelos dependen en gran parte del buzamiento o inclinación de los estratos, si se trata de rocas sedimentarias o metamórficas estratificadas o de las fracturas o diaclasas (sistemas de fracturas). A mayor inclinación de éstas a favor de la pendiente se acrecienta el peligro. Mamani A. (2019)

Talud

Se comprende por talud que es una superficie inclinada y tiene una forma difícil de analizar debido a los problemas con la mecánica de rocas y de suelos, sin dejar a un costado la geología aplicada. Mamani A. (2019)

Estabilidad

Se entiende por estabilidad a un movimiento o a la masa de tierra contra la falla. Mamani A. (2019)

Concreto lanzado

El ACI (American Concrete Institute) define el concreto lanzado como un mortero o concreto transportado a través de una manguera y proyectado neumáticamente a alta velocidad sobre una superficie. Si la mezcla que se va a lanzar cuenta sólo con agregados finos, se le llama mortero lanzado, y si los agregados son gruesos se le denomina concreto lanzado. Por otra parte, el concreto con agregado fino es conocido como gunita, y cuando incluye agregado grueso, como shotcrete, aunque también se llama gunita al concreto lanzado por la vía seca, y shotcrete al concreto lanzado por la vía húmeda.

Soil nailing

El Soil Nailing es una técnica de contención y refuerzo del suelo diseñada tanto para trabajos permanentes como provisionales. Se realiza a medida que avanza la excavación, de arriba abajo.

Utiliza elementos inyectados de acero resistentes a la tensión (bulones) para reforzar suelos in situ y crear un muro de contención por gravedad con el objeto de soportar una excavación temporal o permanente.

Hidrosiembra

La hidrosiembra es un método de siembra mecanizada, a través de la cual se proyecta una mezcla de insumos y semilla por medio de una maquina hidrosembradora sobre las superficies, permitiendo una revegetación rápida y efectiva de las áreas.

Geosintéticos

Se refiere a un producto que está hecho de materiales poliméricos, sintéticos diseñados para su aplicación en la construcción. Sus aplicaciones son elementos clave en una estructura o sistema para propósitos de ingeniería civil. Los geosintéticos pueden sustituir soluciones y materiales tradicionales para la construcción, como el cemento, la grava, la cal, la arena y la arcilla, entre otros. Y poseen grandes ventajas respecto a estos que varían de acuerdo con cada tipo de aplicación.

Biomanta

Biomantas son Geosintéticos fabricados con fibras naturales o sintéticas diseñadas para el control de erosión. Estos materiales se aseguran firmemente al terreno para que, desde el momento en que se instalen, controlen la erosión del suelo y eviten que la semilla sea arrastrada. Estas se conforman a la

superficie del suelo y tienen una alta capacidad para absorber y retener agua, lo que aumenta el control de erosión, la germinación de las semillas y el crecimiento de las plantas.

Geomanta

Sistemas de revestimiento de taludes, cuya matriz está fabricada con fibras sintéticas y estabilizada contra rayos UV. Su empleo es para aplicaciones permanentes, o en canales de flujo medio y alto.

Geoceldas

Las Geoceldas son geosintéticos formado por una estructura tridimensional semirrígida en forma de panal de abeja que es rellena de tierra vegetal, grava, arena, cemento, concreto u hormigón, entre otros materiales. Las Geoceldas están formadas por tiras de polietileno de alta densidad estabilizadas contra la radiación ultravioleta y unidas mediante soldaduras por ultrasonido, que aportan una resistencia estructural no comparable con otros sistemas.

Malla Electrosoldada

El refuerzo está constituido por elementos de alta resistencia, laminados en caliente y estirados en frío, con una resistencia garantizada a la rotura en ensayos de tracción de 525 MPa, el espaciamiento entre varillas y el diámetro de estas corresponden con los especificados comercialmente corrugadas o similares.

Es una red metálica que se utiliza para el refuerzo del concreto lanzado. Está formada por una trama cuadrada de alambres soldados en su intersección. Para sujetarlas es necesario emplear anclas cortas y/o clavos de impacto. Las mallas electrosoldadas que se pueden utilizar tienen las siguientes características: 10 x 10 x 0,5 cm; 15 x 15 x 0,5 cm, y 15 x 15 x 0,6 cm. Debe tener una resistencia a la tensión de 5250 kg/cm². López I. (2019)

Anclaje

Consiste en pernos anclaje de $f_y=4200 \text{ Kg/cm}^2$, introducidos en toda su extensión dentro del agujero con resina epóxica o mortero. La longitud es variable y se fija para cada caso particular de acuerdo al diseño y planos para construcción. Está diseñado como un soporte definitivo para que trabaje a fricción o a tensión de acuerdo a su diseño.

En el extremo libre del ancla se debe colocar una placa de acero, de dimensiones preestablecidas, la cual se fija contra el terreno con una tuerca apretada con el torque especificado. López I. (2019)

Capítulo III: SISTEMA DE HIPÓTESIS

3.1. Hipótesis:

3.1.1. Hipótesis Principal.

Al determinar el factor de seguridad se optimizará la estabilización con el sistema soil nailing del talud en el acantilado de la costa verde en el distrito de San Miguel.

3.1.2. Hipótesis Específico.

a) Al determinar la resistencia del anclaje se evaluará con el manual del sistema soil nailing la potencia necesaria

b) Al determinar el revestimiento óptimo se evaluará la estabilidad del talud en conjunto con el sistema soil nailing.

c) Al determinar el presupuesto del sistema de soil nailing y sus revestimientos se ejecutará el proyecto de estabilización del talud.

3.2. Sistema de variables:

En la siguiente investigación se presentan las variables:

Variable dependiente: Estabilización de taludes (factor de seguridad)

Variable independiente: Soil nailing (Anclaje, revestimiento)

Variable interviniente: Sismos

3.2.1. Definición conceptual

a) Estabilización de taludes: Tema de investigación de la mecánica de suelos para analizar posibles causas de los factores que puedan ocasionar deslizamientos o derrumbes.

b) Método con Soil nailing: Método de estabilización de taludes para evitar posibles deslizamientos y derrumbes.

3.2.2. Definición operacional

En la tabla 7 vemos la operacionalización de las variables en donde veremos a detalle la variable dependiente e independiente, los indicadores e instrumentos.

Tabla 7. Operacionalización de variables

Variables	Dimensiones	Indicadores	Ítems	Herramienta
Estabilidad de taludes	Métodos aproximados	Método Soil nailing	¿Cuál es el factor de seguridad de este método?	Softwares geotécnicos, Normas técnica ce.020 “Estabilización de suelos y taludes”, E 050 “Suelos y Cimentaciones”
	Métodos de solución	Estudio de Suelos	¿Cómo determinar los parámetros del suelo desde un estudio geofísico?	
Soil nailing	Anclaje	Anclaje pasivo	Características del anclaje pasivo	
	Revestimiento	<ul style="list-style-type: none"> - Geoceldas - Geomanta - Biomanta - Concreto lanzado - Hidrosiembra 	¿Cómo escoger el mejor revestimiento?	

Fuente: Elaboración propia

Capítulo IV: ASPECTOS METODOLÓGICOS

4.1. Metodología

El método de la investigación empleado por Corzo y Palomino (2022) es de método deductivo, porque parte de la observación de múltiples problemas en los taludes como deslizamientos y derrumbes, propone el análisis de estabilidad de taludes como solución al problema de la investigación con un sistema de estabilización soil nailing y un recubrimiento óptimo.

La orientación es aplicada para resolver los problemas más comunes de los taludes y así poder detener las consecuencias que está afectando a los habitantes que circulan en la zona.

El enfoque es cuantitativo ya que mejora la estabilidad de los taludes a partir de métodos de técnicas de mitigación unidas. También es retro lectivo ya que hay información existente como investigaciones, artículos, tesis nacionales e internacionales.

4.2. Tipo de la investigación

El presente proyecto de investigación es de tipo descriptivo, correlacional y explicativo.

Es descriptivo ya que investiga la zona de estudio en la costa verde en el distrito de San Miguel.

Es correlacional porque se pretende estabilizar un talud con el sistema soil nailing.

Es de tipo a explicativo porque se requiere detener los derrumbes y deslizamientos de los taludes y dar una posible solución de estabilización con el sistema soil nailing y los revestimientos.

4.3. Nivel de investigación

La investigación es de nivel descriptivo ya que consiste en el análisis de las propiedades geofísicas, recopilación de datos y estudios para tener la estabilización de un talud del acantilado de la Costa Verde.

4.4. Diseño de la investigación

Las investigaciones que realizaron los autores de las fuentes consultadas son descriptivas, cuantitativas y correlacional, por ende, según nuestro propósito de estudio es observacional, debido a que no haremos manipulación de variables, según el número de mediciones es transversal ya que recolectamos los datos de las

personas afectadas por los posibles derrumbes o deslizamiento. Según la cronología de las observaciones es retrospectivo.

4.5. Población y muestra.

4.5.1. Población

El presente estudio tiene como población el extenso talud de la Costa Verde que abarca una extensión de 23 kilómetros aproximadamente; parte desde el distrito de Chorrillos hasta la Provincia Constitucional del Callao, encontramos 7 distritos dentro de toda esta extensión.

Lo cautivador del área de San Miguel es el complejo panamericano del deporte, siendo visitada por deportistas. También se encuentra malecones y parques, como el parque belén ideales para un paseo.



Figura 31: Costa verde San Miguel – Lima, Peru.

Fuente: Elaboracion propia

4.5.2. Muestra

La muestra tiene una extensión de 500 m del acantilado de la Costa Verde ubicado en el distrito de San Miguel, frente a la zona del Complejo Panamericano, en este tramo se recopilieron datos geológicos, geofísicos, geotécnicos y topográficos para poder realizar el análisis del tramo seleccionado. Los parámetros obtenidos en este estudio pueden ser aplicables al resto del acantilado que se encuentre en el distrito de San Miguel, con diferencia de la topografía.

4.6. Técnicas e instrumentación de recolección de datos.

4.6.1. Instrumentos de recolección de datos

Los instrumentos de recolección que se emplearán serán: ensayos, libros, programas (Slide) y archivos relacionados con el tema de investigación.

4.6.2 Métodos y técnicas

Las técnicas que se usan en la presente tesis son de recolección de datos ya que usaran datos de fuentes secundarias. Se usaron instrumentos cuantitativos donde se recopilan y sintetizan los datos para comparar los métodos empleados, tales como refracción sísmica, MASW y corte directo, este obtenido mediante otros autores y con estos se obtuvieron los parámetros geotécnicos.

4.7. Descripción de procedimiento de análisis

Recolección y estudio de información para mapeos geológicos, información de Google Earth Pro, Instituto Geofísico del Perú, INGEMMET, cálculos de los parámetros geotécnicos a través de los parámetros geofísicos y ser analizados en el programa Slide para la estabilización del talud.

Análisis con el programa Edesign Maccaferri para hallar los factores de seguridad de los revestimientos en conjunto con sus especificaciones técnicas.

Elaboración de los análisis de precios unitarios de todas las técnicas de mitigación que describimos para obtener el más económico.

CAPITULO V: PRESENTACION Y ANALISIS DE RESULTADOS

5.1. Ubicación geográfica

El distrito de San Miguel tiene una superficie de 11 kilómetros aproximadamente.

El distrito se encuentra limitado por los siguientes distritos:

Norte: Con los distritos de Bellavista, Cercado de Lima.

Este: Con los distritos de Pueblo Libre, Magdalena del Mar.

Sur: Océano Pacífico.

Oeste: Con el distrito de La Perla.

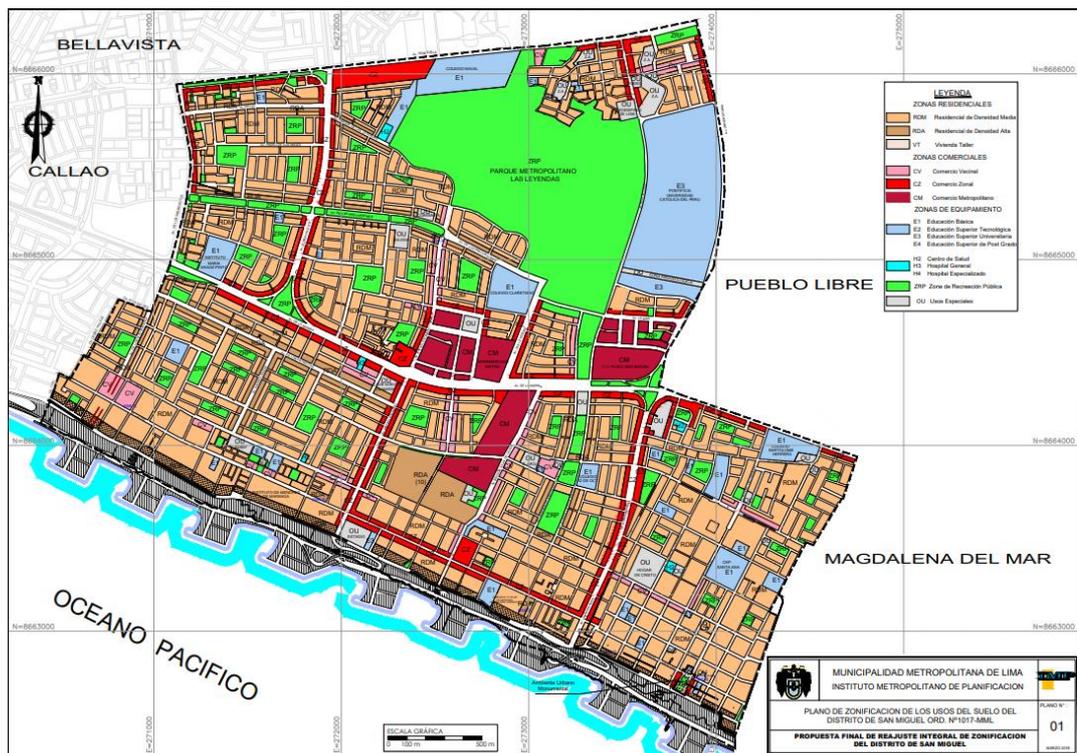


Figura 32: Plano de catastro del Distrito de San Miguel

Fuente: Municipalidad Metropolitana de Lima

5.2. Ubicación del área de estudio

Posee una extensión de 500 m de largo con las respectivas coordenadas geográficas de la tabla. El área se encuentra ubicada cerca al Acantilado Bertolotto y frente al Complejo Panamericano Costa Verde. Pertenece al distrito de San Miguel, provincia y departamento de Lima.

Tabla 8. Cuadro de Coordenadas Geográficas

PUNTO	COORDENADAS GEOGRAFICAS	
	Latitud	Longitud
A	12°5'25.82°S	77°4'58.47°O
B	12°5'34.63°S	77°4'41.78°O
C	12°5'37.75°S	77°5'4.73°O
D	12°5'46.51°S	77°4'47.49°O

Fuente: Elaboración propia



Figura 33: Delimitación del área de estudio

Fuente: Imagen obtenida por Google Earth Pro



Figura 34: Vista del esquema plasmado de los ensayos destructivos

Fuente: Imagen obtenida por Google Earth Pro

5.3. Topografía del área de estudio

En la zona de estudio se hizo un levantamiento topográfico el cual se usó una estación total en donde obtiene el plano con sus curvas de nivel y también los perfiles que serán utilizados con el software Slide 6.0 para el análisis de estabilidad de taludes.



Figura 35: Topografía del estudio

Fuente: Elaboración propia

5.4. Aspectos climáticos

En la zona de estudio, la temperatura media anual de la costa del Litoral es de 18°C , presentando bastante nubosidad en los meses de junio a setiembre.

En la siguiente figura podemos ver las temperaturas mínimas y máximas de este distrito.

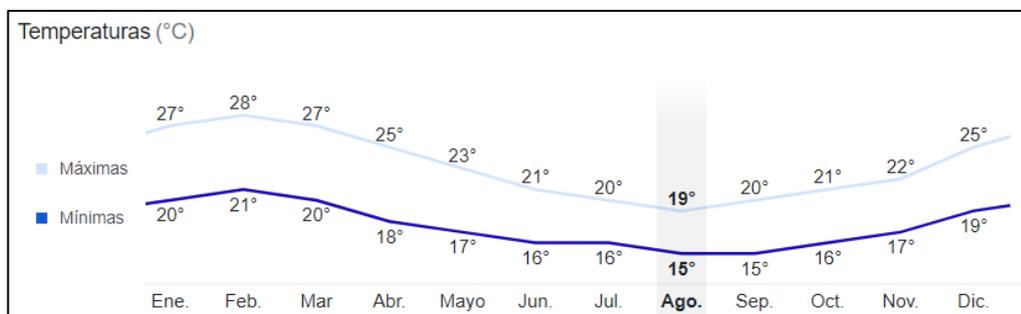


Figura 36: Temperaturas

Fuente: Elaboración propia

5.3. Accesibilidad y uso territorial

La accesibilidad al área de estudio es por el distrito de Miraflores por el circuito de playas unos kilómetros más adelante, cerca al Complejo Panamericano Costa Verde. Para llegar a la parte superior del talud se accede por el Acceso Universitaria hacia la Av. Bertolotto.

5.4. Ejecución de ensayos de campo

Para el ingreso de los parámetros se ha realizado una extensiva revisión de la literatura técnica de estudios geotécnicos del acantilado para determinar su valor. En la Tabla 09 se muestra una recopilación de algunos ensayos geotécnicos realizados a los acantilados para su caracterización y posterior análisis de estabilidad.

Tabla 9. Estudios geotécnicos realizados en los taludes de la Costa Verde

Documento	Ubicación	Ensayo	Resultados
Tesis de Mariela Cañari y Alva Hurtado (2001)	Costa Verde-Miraflores	Corte directo a gran escala in-situ	Conglomerado: -c':0.55 kg/cm ² -φ':40°
Tesis de Javier Diaz (2006)	Costa Verde Magdalena	Triaxiales CU y UU	Lentes Finos (Ensayo UU) -c':1.10 kg/cm ² -φ':0° Lentes Finos (Ensayo CU) -c':0.84 kg/cm ² -φ':22°
Campaña de exploración Larcomar, Jorge Alva Ingenieros (2009)	Costa Verde-Miraflores	Ensayos de corte directo a gran escala in-situ	Material al pie del talud -c':10kPa -φ':35° Material sobre el talud -c':20kPa -φ':40°
Evaluación dinámica de la Costa Verde en Lima-Conferencia (2016)	Costa Verde-San Miguel	Ensayos Corte Directo convencionales y de gran escala	Lentes finos -c':5kPa -φ':26° Conglomerado -c':25kPa -φ':44°
Análisis de estabilidad de un talud crítico de la Costa Verde en el distrito de San Miguel (2021)	Costa Verde - San Miguel	Parametros de resistencia al corte	Conglomerado -c':25 kPa -φ':44° - y=21kN/m ³ Lentes finos -c':5kPa - φ':26° -y=17kN/m ³ Relleno -c':0kPa - φ':28° -y=16kN/m ³

Fuente: Elaboración propia

5.4.1. Caracterización Geotécnica del Suelo

En esta zona se han excavado tres calicatas C-1, C-2, C-3, se realizaron tres pruebas de Penetración Dinámica Superpesado (DPSH). La excavación de la calicata C-1 cruza dos estratos de suelos finos, la primera que se le ubica superficialmente compuesto por la arcilla arenosa (CL) y la segunda capa

subyacente compuesta por limo arenoso (ML), medio denso, ubicado a 4.90 m de profundidad.

La resistencia al corte del limo arenoso ensayadas, resulta $\phi=22.3$ grados y $C=0.9tn/m^2$. Las excavaciones de las calicatas C-2 y C-3, cruzan un estrato de relleno conformado por la grava limosa (GM), suelta, la resistencia al corte directo es igual a $\phi=23^\circ$

Métodos sísmicos MAS y MAM

El ensayo de Análisis Multicanal de Ondas Superficiales (MASW) permite determinar la estratigrafía del subsuelo bajo un punto; es decir, conocer la velocidad de propagación de las ondas de corte V_s en el subsuelo a partir del análisis de la dispersión de ondas superficiales generadas por una fuente de energía impulsiva y registrada por arreglos lineales de estaciones sísmicas.

El ensayo de Análisis Multicanal de Microtremores (MAM) o sísmica de Microtremores (Louie, 2001), es otro método para conocer la estructura del subsuelo a partir de la velocidad de ondas de corte, pero en este caso se hace uso del registro de ruido sísmico (vibración generada por la actividad humana), cuya contribución es principalmente en bajas frecuencias, lo que permite investigar a mayores profundidades. La combinación de los métodos MASW y MAM permite obtener información de subsuelo a niveles superficiales y en profundidad.

Adquisición de datos

Para el registro de señales sísmicas con la técnica MASW y MAM se ha utilizado un equipo sísmico de uso multipropósito, modelo GEODE de Geometrics, 24 sensores o geófonos de baja frecuencia (4.5 Hz). Para la técnica MASW se usó como fuente de impacto y/o energía para generar las ondas sísmicas, un martillo de 20 lbs (Figura). Los parámetros de registro, la geometría del tendido y el espaciamiento entre geófonos fueron variables, ya que dependió de la geomorfología y accesibilidad a la zona de estudio. La frecuencia de muestreo fue de 4000 Hz (0.25 ms) para una longitud de registro de 2 segundos.



Figura 37: Equipos utilizados en la toma de datos por el método de MASW
Fuente: Instituto Geofísico del Perú

Tabla 10. Línea sísmica – Coordenadas UTM

LINEA SISMICA	COORDENADAS UTM-WGS84		Cota (m.s.n.m)	Espaciamiento entre geófonos (m)	Longitud total (m)
	Este(m)	Norte(m)			
MASW Y MAM					
LS01-SM	273263	8662408	44	4	92
LS02-SM	273657	8662211	51	5	115
LS03-SM	273556	8662287	51	3	69

Fuente: Elaboración propia

5.5. Presentación de resultados

Los datos sísmicos recolectados fueron procesados con el programa SeisImager y se aplicó la Transformada Rápida de Fourier (FFT) para obtener la curva de dispersión que relaciona la velocidad de fase de las ondas superficiales con la frecuencia (Reynolds, 2011). Seguidamente, cada curva de dispersión perteneciente a un mismo arreglo (MASW y MAM), fue sometida a un proceso de inversión a fin de obtener los perfiles de velocidad V_s en una dimensión (1D) para el punto central de la línea

Para el análisis de los resultados obtenidos, se considera la clasificación de suelos propuesta por la Norma de Diseño Sismorresistente (2018). En este caso, el rango de velocidad de los perfiles de suelo S1 y S2 se subdividen, a fin de analizar con

mayor detalle las velocidades de ondas que caracterizan a los suelos identificados en la zona de estudio, tal como se muestra.

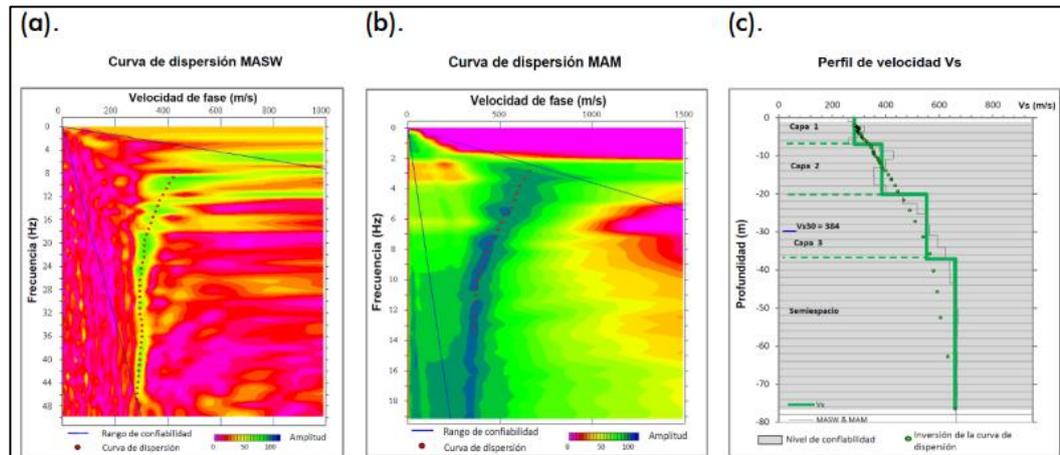


Figura 38: Curvas de dispersión obtenidas a partir de las técnicas MASW, MAM y el perfil de velocidad

Fuente: Instituto Geofísico del Perú (2021)

Tabla 11. Clasificación del tipo de suelo

Clasificación de los perfiles de Suelo					
N°	Vs(m/s)	Norma E.030		Descripción	
1	< 180	S3	Suelo blando	Material aluvial suelto	
2	180 a 350	S2	Suelo medianamente rígido	Material aluvial suelto a medianamente compacto	
3	350 a 500			Material aluvial medianamente compacto	
4	500 a 800	S1	Roca o suelo muy rígido	Material aluvial compacto	
5	800 a 1500			Material aluvial muy compacto	
6	> 1500	S0	Roca dura	Roca	

Fuente: Norma de Diseño Sismorresistente (2018)

5.5.1. Parámetros de resistencia del suelo

Por medio de la tesis Jurado, Pérez (2019) nos muestran las fórmulas para el cálculo de los parámetros de resistencia a partir de datos geofísicos

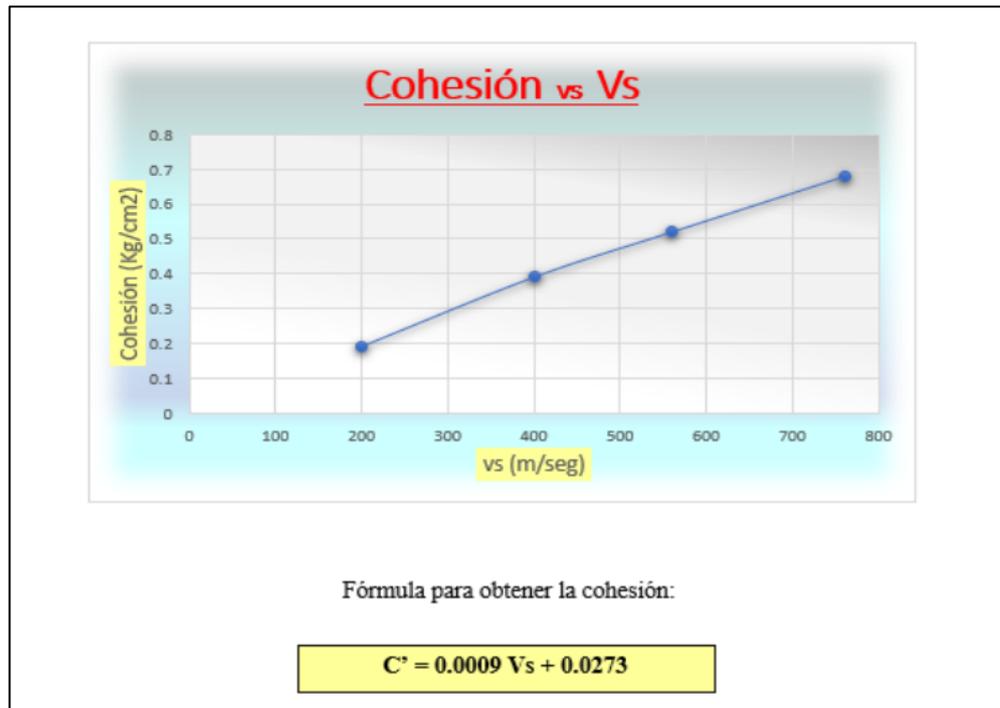


Figura 39: Curva de correlación para la cohesión ajustado a ensayos de corte directo

Fuente: Sotelo & Asociados (2019)



Figura 40: Curva de correlación para el ángulo de fricción ajustado a ensayos de corte directo

Fuente: Sotelo & Asociados (2019)

5.5.2. Parámetros sísmicos

Los mapas de isoaceleraciones de 50 y 100 años respectivamente, nos muestran los valores de las aceleraciones máximas del terreno (PGA).

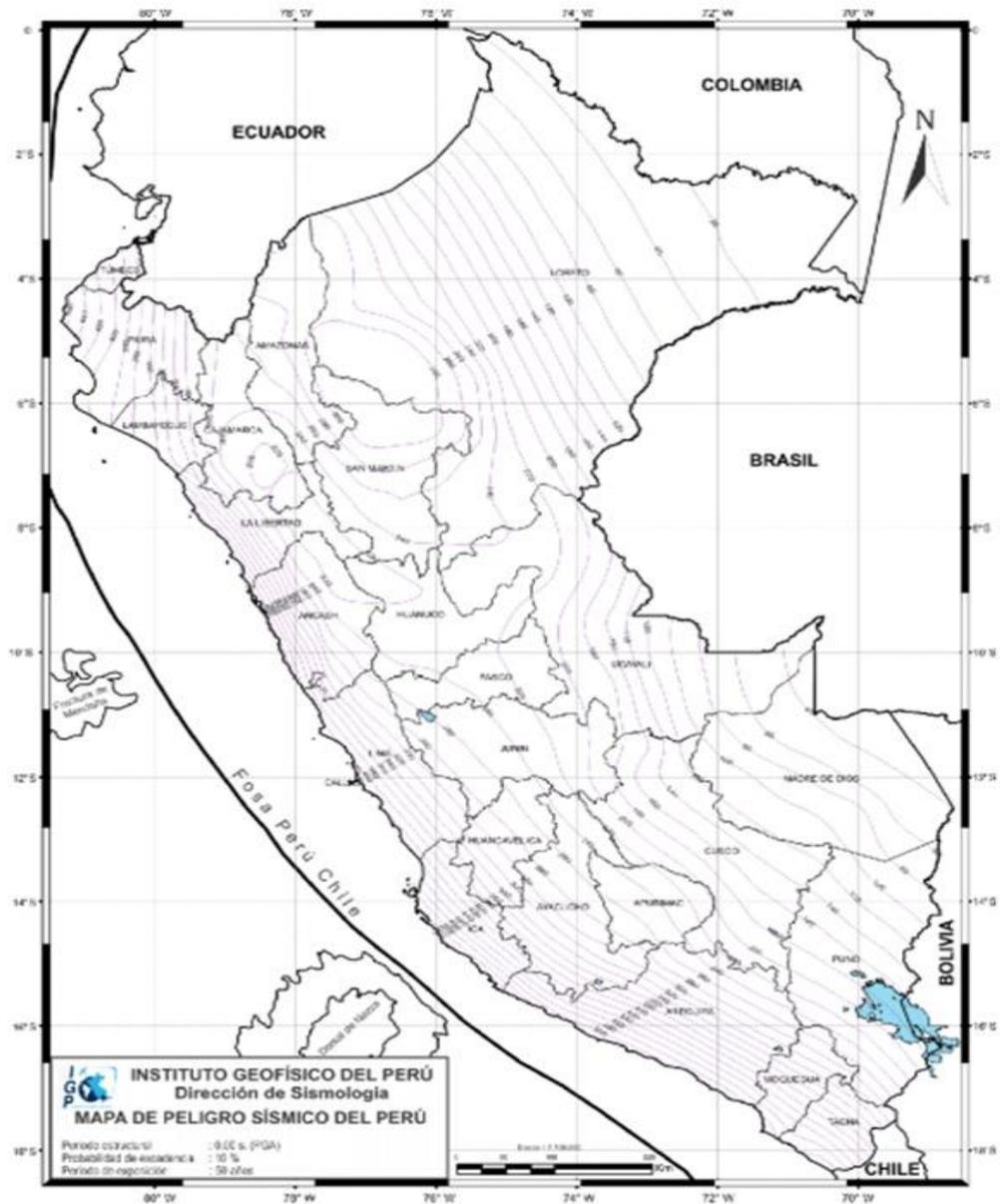


Figura 41: Mapa de Peligro Sísmico del Perú para un periodo de retorno de 50 años con el 10% de Excedencia

Fuente: Instituto Geofísico del Perú (2014)



Figura 42: Mapa de Peligro Sísmico del Perú para un periodo de retorno de 100 años con el 10% de Excedencia

Fuente: Instituto Geofísico del Perú (2014)

Con nuestros Mapas de Peligros Sísmicos obtenemos que la aceleración máxima horizontal para un periodo de 50 y 100 años es de 0.41 g. y 0.51 g. respectivamente.

En la Norma Técnica E .050 Suelos y Cimentaciones, se menciona que la estabilidad global de las estructuras de sostenimiento, temporal o permanente,

contempla un F.S. mínimo de 1.50 en condición estática y 1.25 en condición pseudo-dinámica; en ambos casos respecto al estado límite del suelo.

5.5.3. Parametros de densidad

El perfil sugiere que el subsuelo está conformado por tres capas:

- La primera presenta una densidad de 1.6 gr/cm³ con espesores que varían de 2 a 7 metros.
- La segunda capa presenta una densidad de 1.9 gr/cm³, y espesores que varían de 5 a 10 metros, siendo mayor en el parque Bertolotto y menor hacia la calle. San Martín.
- La tercera capa tiene una densidad de 2.2 gr/cm³ y espesores de hasta 8 metros.

Finalmente, el perfil sugiere la presencia de una capa de espesor indeterminable con valores de densidad mayores a 2.5 gr/cm³.

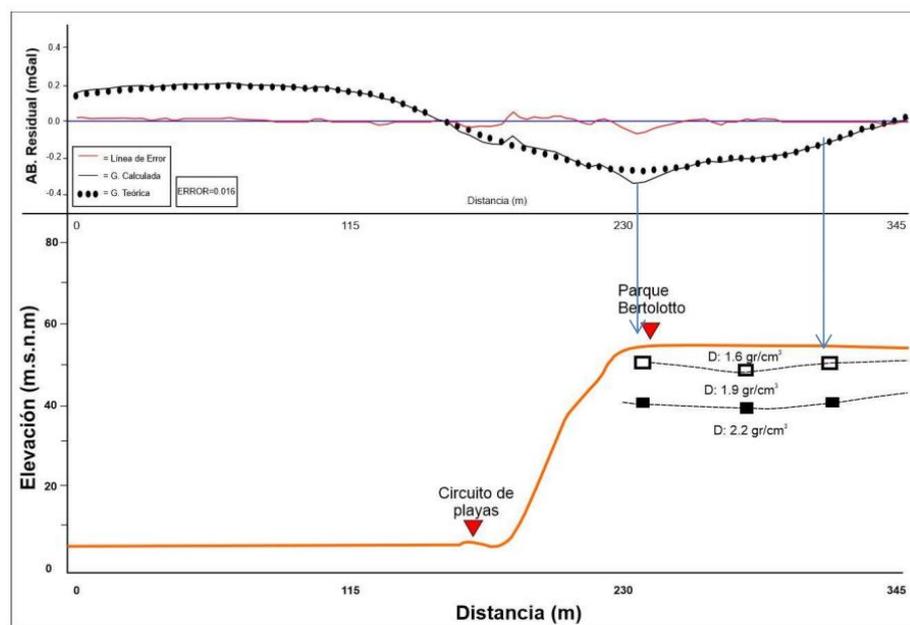


Figura 43: Sección gravimétrica, orientada de suroeste-noreste. En el extremo inferior se muestra el perfil gravimétrico propuesto.

Fuente: Instituto Geofísico del Perú (2021)

5.6. Análisis de resultados

Línea sísmica LS01-SM: Realizada en el Centro Cultural Rey Juan Carlos, siendo la profundidad de resolución promedio del perfil de 80 metros. En este perfil se identifica la presencia de tres (3) capas sísmicas: La primera de 9 metros de espesor y velocidades V_s de 246 m/s compuesta por material aluvial suelto a medianamente compacto y la segunda, con un espesor de 19 metros y V_s de 417 m/s conformada por material aluvial medianamente compacto. La tercera capa con un espesor de 19

metros y velocidades V_s de 783, correspondería a material aluvial compacto. El semiespacio con velocidades $V_s > 1025$ m/s, correspondería a material aluvial muy compacto.

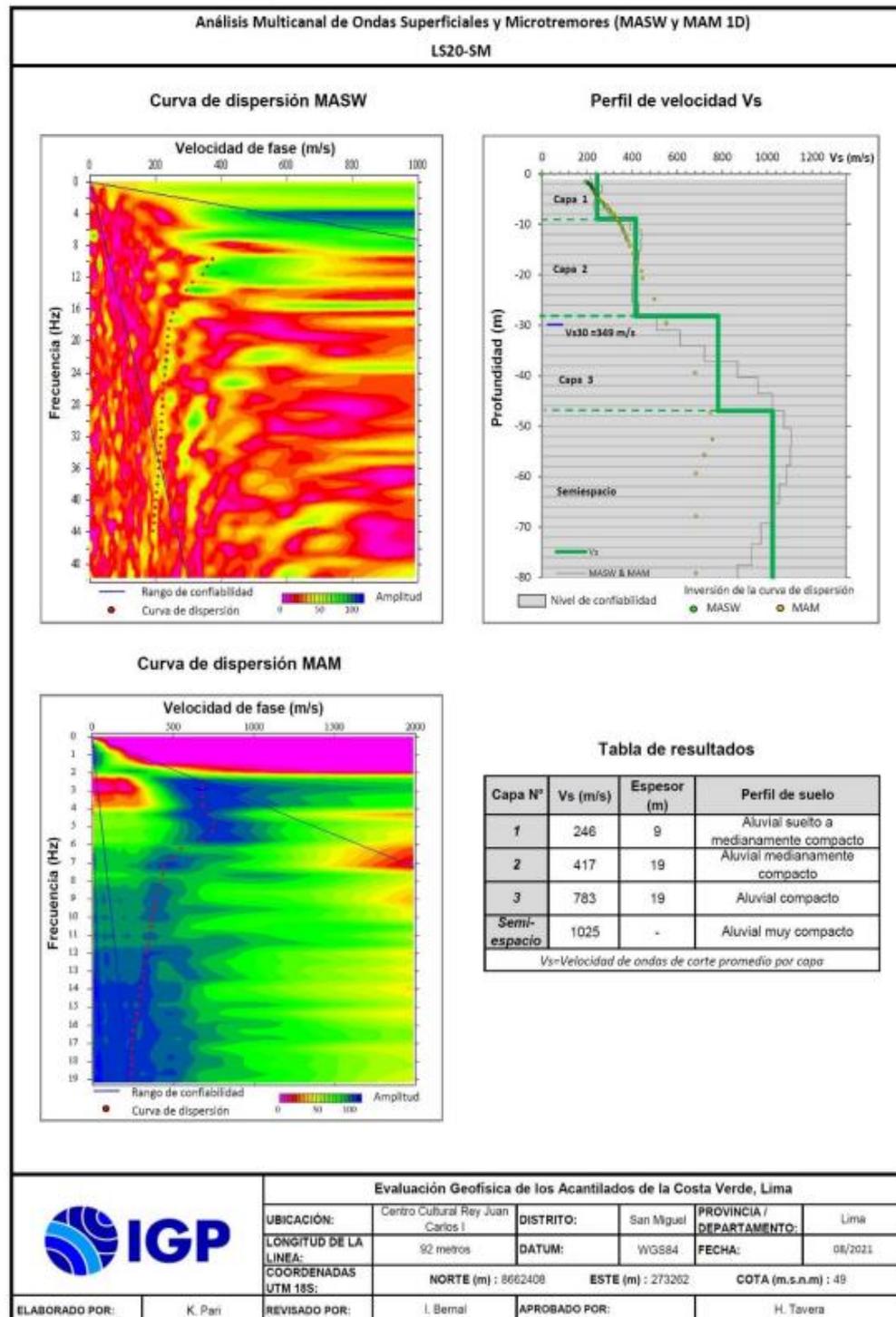


Figura 44: Evaluación Geofísica de los Acantilados de la Costa Verde, Lima
Fuente: Instituto Geofísico del Perú (2021)

Tabla 12. Datos geofísicos y datos geotécnicos de la Línea Sísmica LS01

CAPA	$V_s - V_p$	$c' = 0.0009 * V_s + 0.0273$	$\sigma = 0.0185 * V_s + 31.977$	D=kg/m3	C	σ	D	Clasificación de suelo
9mt	V_s 246m/s	0.2487	36.528	1600	24.3891386	36.53	15.6906174	S2 Material aluvial suelto a medianamente compacto
19 mt	V_s 417m/s	0.4026	39.6915	1900	39.4815729	39.7	18.6326082	S2 Material aluvial medianamente compacto
19mt	V_s 783m/s	0.7247	46.4625	2200	71.0687926	46.46	21.574599	S1 Material aluvial compacto

Fuente: Elaboración propia

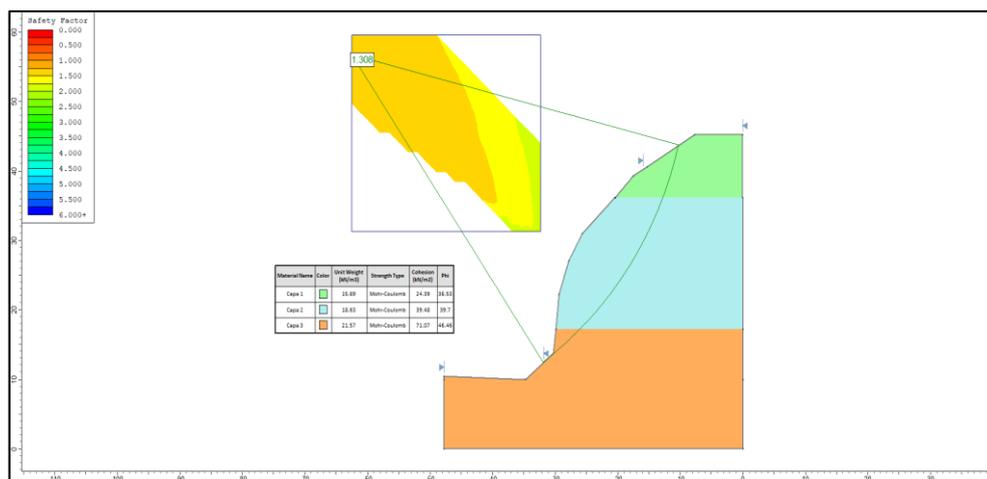


Figura 45: Perfil en condición estática

Fuente: Elaboración propia

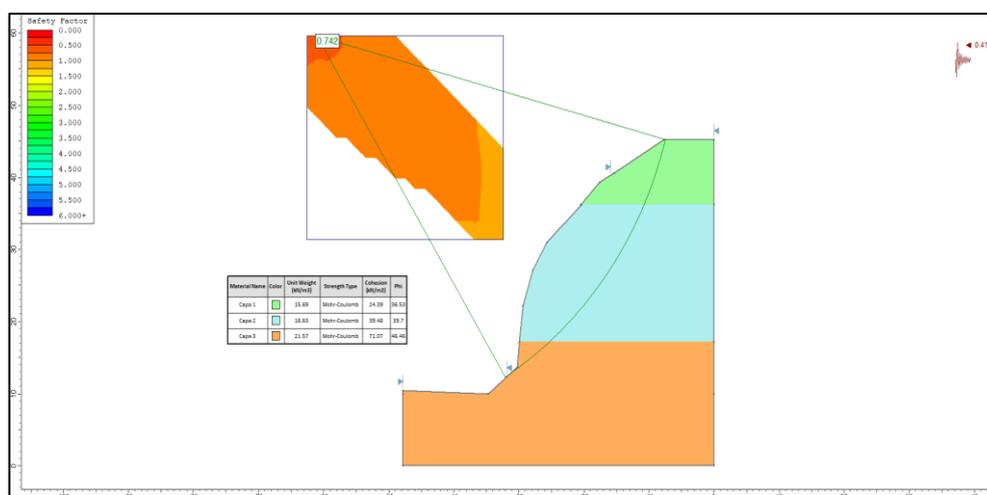


Figura 46: Perfil en condición pseudodinámica para 50 años

Fuente: Elaboración propia

Tabla 13. Factores de seguridad de perfil condición pseudoestática en 50 años

FELLENIOUS	0.742
BISHOP	0.803
JANBU SIMPLIFICADO	0.701
JANBU CORREGIDO	0.731
SPENCER	1.485
CORP OF ENGINEERS #1	0.770
CORP OF ENGINEERS #2	0.941
LOWE-KARAFIATH	0.754
MORGENSTERN-PRICE	0.872

Fuente: Elaboración propia

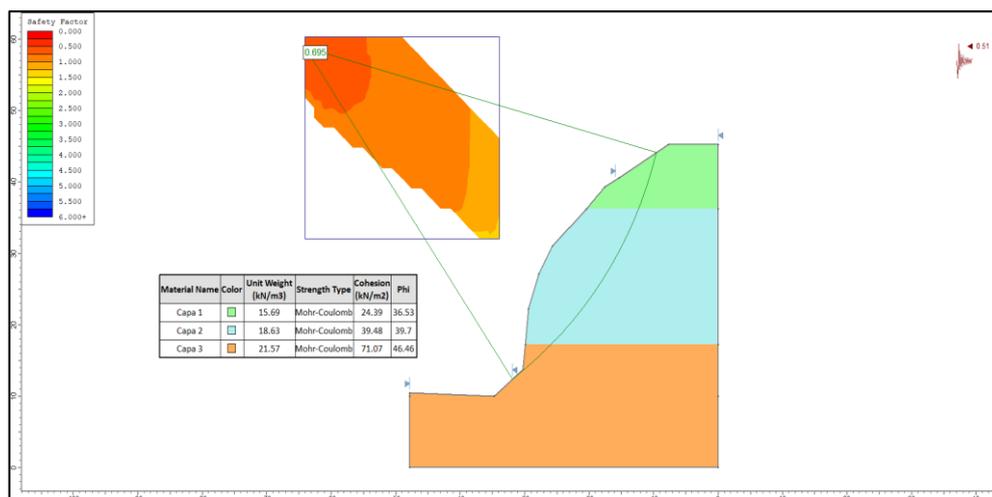


Figura 47: Perfil en condición pseudodinámica para 100 años.

Fuente: Elaboración propia

Tabla 14. Factores de seguridad de perfil condición pseudoestática en 100 años

FELLENIUS	0.637
BISHOP	0.695
JANBU SIMPLIFICADO	0.599
JANBU CORREGIDO	0.624
SPENCER	0.834
CORP OF ENGINEERS #1	0.666
CORP OF ENGINEERS #2	0.830
LOWE-KARAFIATH	0.653
MORGENSTERN-PRICE	0.790

Fuente: Elaboración propia

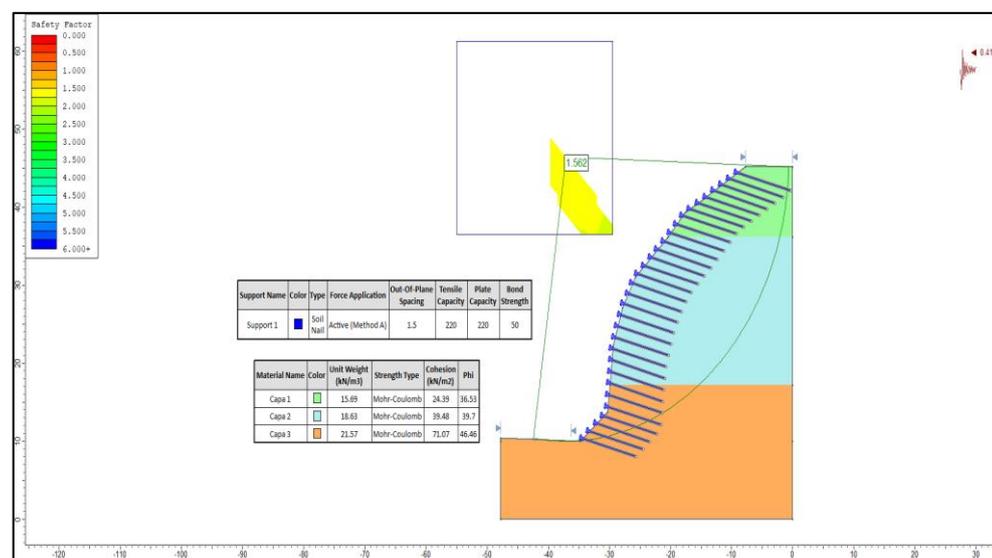


Figura 48: Perfil en condición pseudodinámica con el sistema soil nailing $L=9m$

Fuente: Elaboración propia

Tabla 15. Factores de seguridad de perfil en condición pseudoestática con el sistema soil nailing

FELLENIOUS	1.217
BISHOP	1.467
JANBU SIMPLIFICADO	1.061
JANBU CORREGIDO	1.141
SPENCER	1.850
CORP OF ENGINEERS #1	1.421
CORP OF ENGINEERS #2	2.384
LOWE-KARAFIATH	1.296
MORGENSTERN-PRICE	1.562

Fuente: Elaboración propia

a) Características del talud

Tabla 16. Parámetros del talud

Parámetros del talud		
Altura de talud (m)	H	45.217
Inclinación de talud posterior (°) (Con respecto a la horizontal)	α	61
Inclinación cara de talud (°) (Con respecto a la vertical)	θ	40

Fuente: Elaboración propia

b) Características del suelo

Tabla 17. Características del suelo

Parámetros del suelo para diseño ingenieril		
Cohesion (Kn/m ²)	Cu	44.98
Angulo (°)	ϕ_u	40.9
Peso unitario (Kn/m ³)	y	18.63
Esfuerzo ultimo de unión (Kn/m ²)		60

Fuente: Elaboración propia

Tabla 18. Esfuerzo ultimo de unión de suelos granulares

Construction method	Soil Type	Unit Ultimate Bond Stress kN/m ² (psi)
Open hole	Non-plastic silt	20-30 (3.0-4.5)
	Medium dense sand and silty sand/sandy silt.	50-75(7.0-11.0)

Dense silty sand and gravel	80-100(11.5-14.5)
Very dense silty sand and gravel	120-240(17.5-34.5)
Loess	25-75(3.5-11.0)

Fuente: Manual de diseño de muros Soil Nailing de la FHWA

c) Características de la pantalla de concreto

Tabla 19. Pantalla de concreto

Pantalla de concreto		
Espaciamiento horizontal de pernos (m)	Sh	1.5
Espaciamiento vertical de pernos (m)	Sv	1.5
Espesor de pantalla de concreto(mm)	hc	150
Resistencia a la compresión de concreto (Kn/cm2) (A/C=0.45)	f'c	2.35
Módulo de fluencia	Kn/cm ²	54

Fuente: Elaboración propia

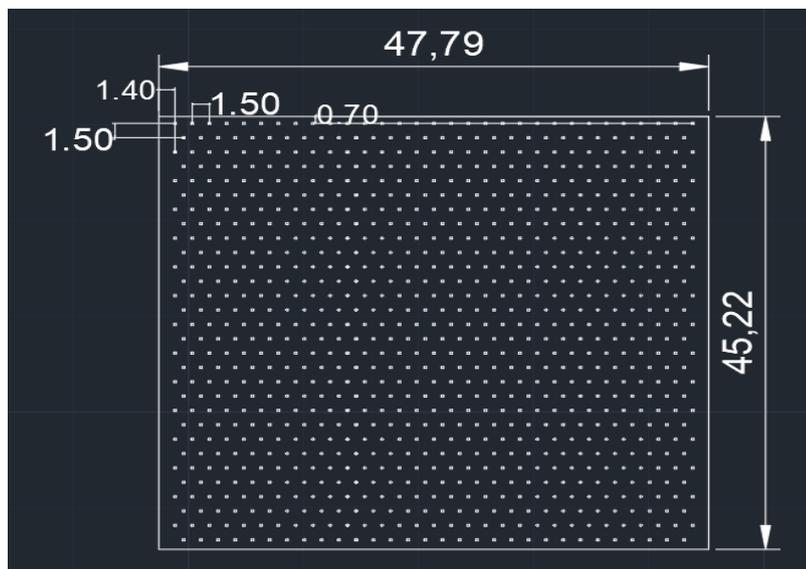


Figura 49: Espaciamiento de anclajes soil nailing

Fuente: Elaboración propia

d) Características de los pernos de anclaje

Tabla 20. Detalle de anclajes

Detalle de anclajes		
Longitud de pernos (m)	L	9
Varilla #	ASTM	#9
Diametro de perforacion (mm)	Dgc	76
Modulo de Fluencia	Kn/cm ²	54
Resistencia a la tracción	N/mm ²	680

Fuente: Elaboración propia

e) Características de la placa de acero A36

Tabla 21. Detalle de la placa metálica

Detalle de la placa metálica		
Ancho de la placa (mm)	bPL	200
Espesor de la placa (mm)	tPL	6
Modulo de fluencia	Kn/cm ²	54

Fuente: Elaboración propia

f) Revisión de diseño preliminar del muro en el talud

Factor de seguridad F 0.87

Cohesión (Cu)

$$C_d = C_u / (F * y * H)$$

$$C_d = 0.06$$

Angulo de fricción (ϕ_u)

$$\phi_d = \tan^{-1}(\tan(\phi_u) / F)$$

$$\phi_d = 47.01$$

$$\tan(\phi_d) = 1.07$$

La siguiente figura representa el nomograma para un talud detrás del muro de 0° y ángulos de inclinación de la pantalla 0° y 10° con respecto al eje vertical.

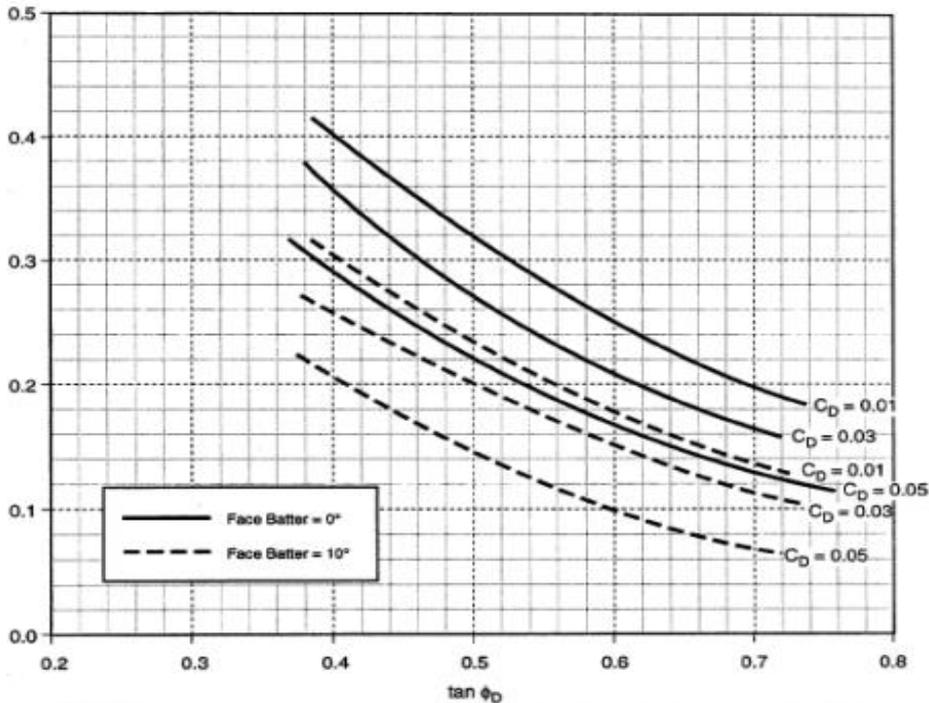


Figura 50: Nomograma para un talud detrás del muro de 0° y ángulos de inclinación de la pantalla 0° y 10° con respecto al eje vertical.

Fuente: Manual de diseño de muros Soil Nailing de la FHWA

Tension TD (adimensional)

Del grafico del manual de diseño Td 0.16

g) Determinación de área de varilla necesaria

$$Td = \alpha n T_{nn} / (yHSvSh) \dots\dots\dots > \quad T_{nn} = yHSvShTd / \alpha n$$

Tabla 22. Factores de resistencia

Elemento	Factor de resistencia (Condición estática)
Resistencia de cabeza de anclaje	$\alpha f = 0.67$
Resistencia a la tensión de la varilla de anclaje	$\alpha f = 0.55$
Resistencia a la extracción de interfase suelo-lechada	$\alpha f = 0.50$
Suelo	F=1.35

Fuente: Manual de diseño de muros Soil Nailing de la FHWA

Factor de resistencia de la barra αn 0.55
 Tensión nominal requerida (Tnn) 551.37 kN
 Para determinar el área de acero se utilizará la sgte formula $(Ab) = T_{nn} / F_y$
 Área de acero transversal mínimo (Ab, min) 10.21 cm²

h) Determinación de la longitud de anclaje necesaria

Tabla 23. Factores de resistencia

Elemento	Factor de resistencia (Condición estática)
Resistencia de cabeza de anclaje	$\alpha f = 0.67$
Resistencia a la tensión de la varilla de anclaje	$\alpha f = 0.55$
Resistencia a la extracción de interfase suelo-lechada	$\alpha f = 0.50$
Suelo	F=1.35

Fuente: Manual de diseño de muros Soil Nailing de la FHWA

Factor de resistencia de extracción αq 0.5

$$Q_u = 0.076 * 60 * \pi = 14.33$$

Esfuerzo ultimo de arrancamiento(kN/m)	Qu	14.33
Resistencia al arrancamiento (adimensional)	Qd	0.17
Relación para lectura de grafico	Td/Qd	1
Relación L/H	L/H	1.32

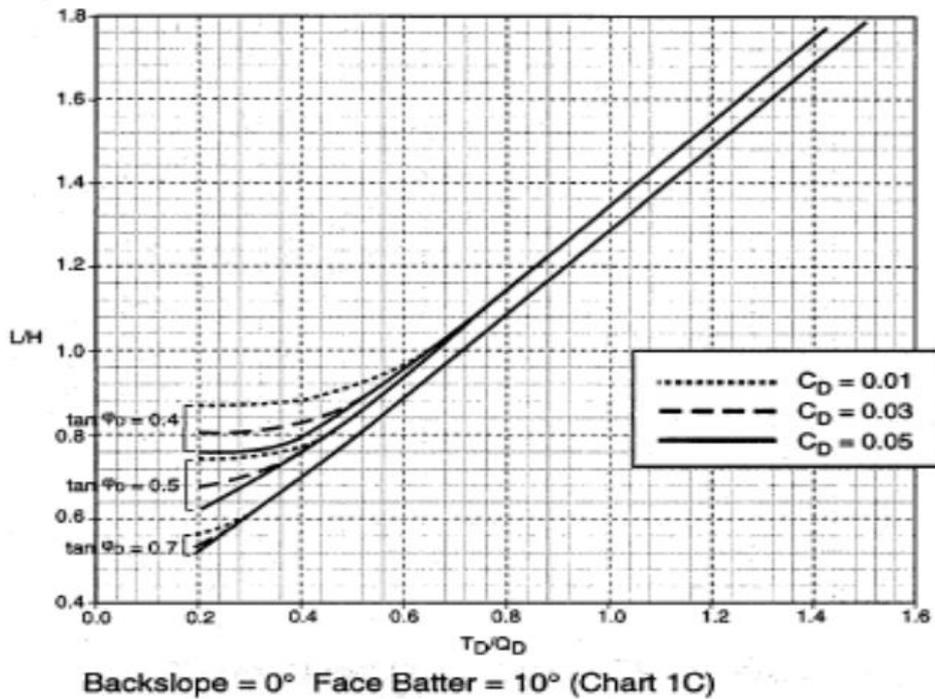


Figura 51: Nomograma para un talud detrás del muro de 0° y ángulos de inclinación de la pantalla de 0° y 10° con respecto al eje vertical
Fuente: Manual de diseño de muros Soil Nailing de la FHWA

Verificación de propuesta de longitud de anclaje OK

Por lo tanto, se colocarán anclajes con longitud (m) 9 m

i) Revisión de resistencia en la pantalla de concreto

$$m_v = \frac{A_s \cdot F_y \cdot \gamma}{b} \left(d - \frac{A_s \cdot F_y}{1.7 \cdot f'c \cdot b} \right)$$

Resistencia nominal en flexión en la cabeza del anclaje (Tfn)

$$T_{fn} = C_f (M_v, \text{neg} + M_v, \text{pos}) * (8S_h / S_v)$$

$$T_{fn} = 55 \text{ kN} \quad C_f = 1$$

Tabla 24. Coeficiente de Flexión en la cara del muro

Nominal Facing Thickness (mm)	Temporary Facings		Permanent Facings	
	Flexure pressure Factor Cf	Shear pressure factor Cs	Flexure Pressure Factor Cf	Shear pressure Factor Cs
100	2.0	2.5	1.0	1.0
150	1.5	2.0	1.0	1.0
200	1.0	1.0	1.0	1.0

Fuente: Manual de diseño de muros Soil Nailing de la FHWA

j) Resistencia al punzonamiento V_n

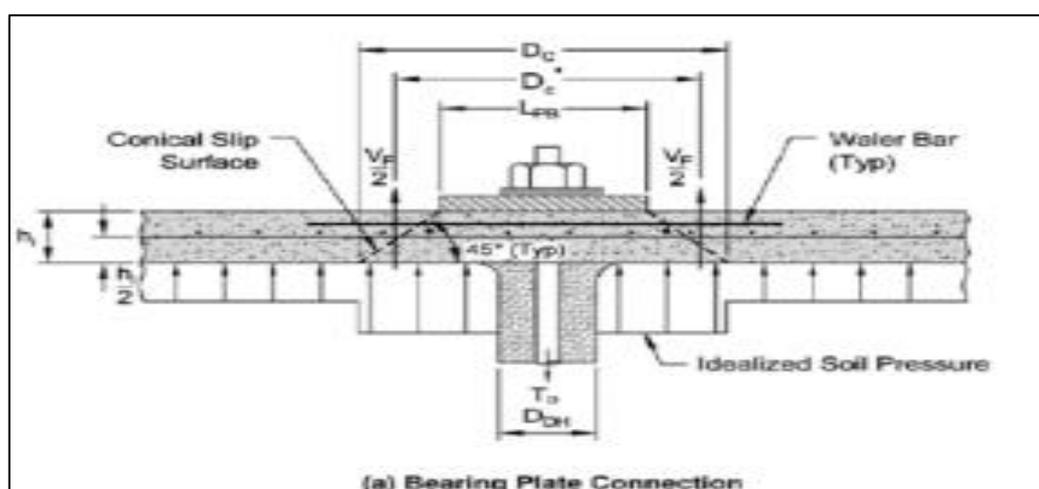


Figura 52: Soporte de la placa de conexión

Fuente: Manual de diseño Soil Nailing de la FHWA

$$D'c = b_{PL} + hc \quad D'c = 403 \text{ mm}$$

$$D'c = D_c - hc \quad D'c = 606 \text{ mm}$$

$$V_n = 0.33 \sqrt{f'c} \pi D'c hc$$

$$V_n = 440 \text{ kN}$$

k) Resistencia nominal al punzonamiento de cabeza de anclaje (T_{fn})

Tabla 25. Coeficiente de Flexión en la cara del muro

Nominal Facing Thickness (mm)	Temporary Facings		Permanent Facings	
	Flexure pressure Factor Cf	Shear pressure factor Cs	Flexure Pressure Factor Cf	Shear pressure Factor Cs
100	2.0	2.5	1.0	1.0
150	1.5	2.0	1.0	1.0
200	1.0	1.0	1.0	1.0

Fuente: Manual de diseño de muros Soil Nailing de la FHWA

Áreas de superficie de falla:

$A_c=288426.48 \text{ mm}^2$

$A_{gc}=4536.46 \text{ mm}^2$

$T_{fn}=35209 \text{ kN}$

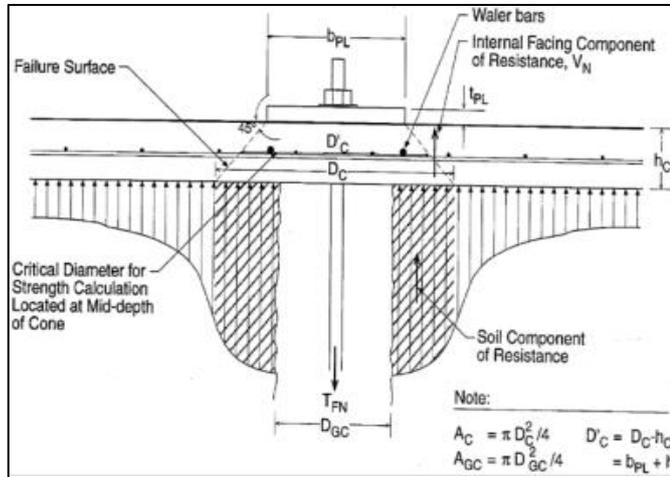


Figura 53: Distribución de presiones por el esfuerzo de punzonamiento

Fuente: Manual de diseño Soil Nailing de la FHWA

1) Resistencias actuantes en la cara del muro

Tabla 26. Tabla de resistencia

	Resistencia Nominal T_{fn} (kN)	Factor α_f	Resistencia admisible T_f (kN)
Resistencia por flexion	55	0.67	36.85
Resistencia por punzonamiento	352.09	0.67	235.9

Fuente: Elaboración propia

Tabla 27. Factores de resistencia

Elemento	Factor de resistencia (Condición estática)
Resistencia de cabeza de anclaje	$\alpha_f=0.67$
Resistencia a la tensión de la varilla de anclaje	$\alpha_f=0.55$

Resistencia a la extracción de interfase suelo-lechada	$\alpha_f=0.50$
Suelo	F=1.35

Fuente: Manual de diseño de muros Soil Nailing de la FHWA

Resistencia máxima de diseño en la cara $T_f=37 \text{ kN}$

m) Diagrama de esfuerzos en la longitud de los anclajes

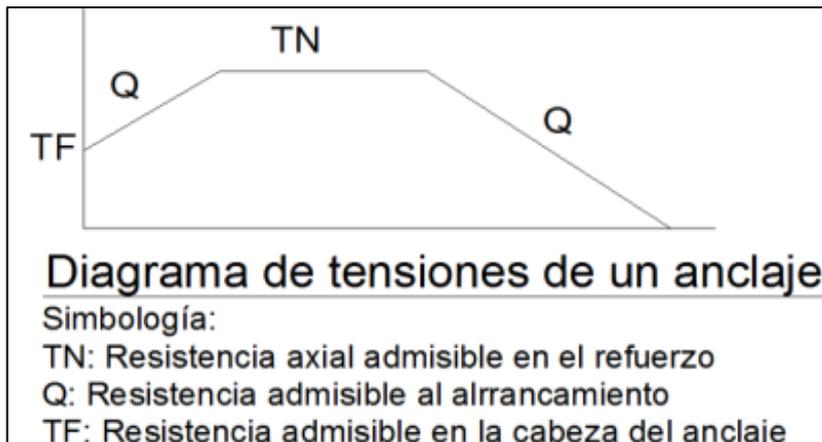


Figura 54: Diagrama de tensiones de un anclaje

Fuente: Manual de diseño de muros Soil Nailing de la FHWA

Resistencia al arrancamiento Q_d

$$Q_d = \alpha_q \cdot Q_u \quad Q_d = 7.17 \text{ kN/m}$$

Resistencia axial admisible en el refuerzo (T_n)

$$T_n = \alpha_n \cdot T_{nn} \quad T_n = 303.25 \text{ kN}$$

Resistencia admisible en la cabeza del anclaje T_f

$$T_f = 36.9 \text{ kN}$$

Datos a graficar. Estimación de longitud donde actúan las resistencias en el perno.

Tabla 28. Resistencia de anclaje

	Longitud (m)	Resistencia (kN)
Resistencia en la cara del muro	0	0.00
Resistencia máxima de diseño	0	36.90
Resistencia axial en el refuerzo	1	303.25
Resistencia axial en el refuerzo	3	303.25
Intersección con plano de falla	9	0.00

Fuente: Elaboración propia

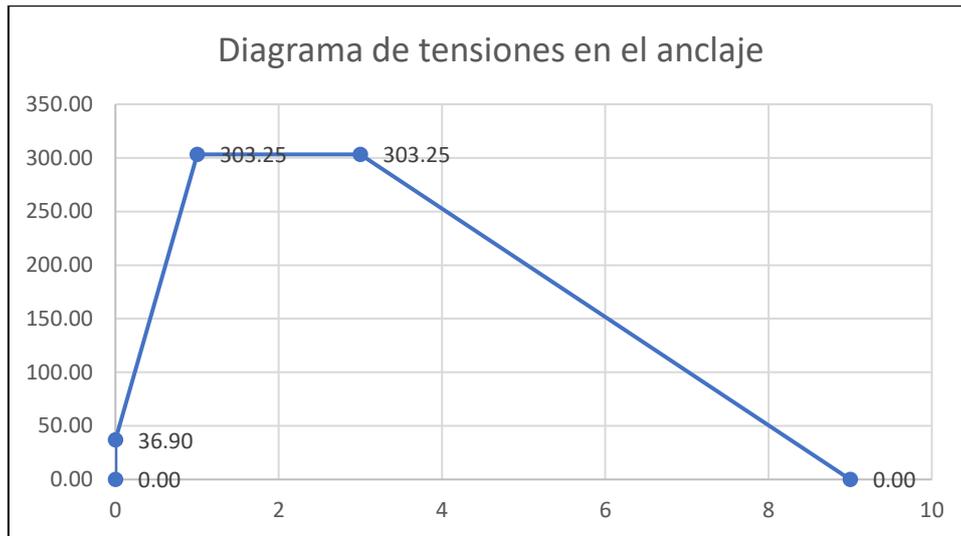


Figura 55: Diagrama de tensiones en el anclaje

Fuente: Elaboración propia

Línea Sísmica 01 con revestimiento de MacMat en el programa Edesign Maccaferri

Nombre del proyecto	TESIS
Nombre del calculo	LINEA SISMICA 01
Nombre del cliente	Corzo - Palomino
Tipo de ambiente	High Aggressive (C4)
	Coating requirement according to EN 10223-3'2013 (E)
	Zng5%/Al5% Class A: Assumed working life of 10 years
Recubrimiento	Zng0%/Al10% Class A: Assumed working life of 25 years
	Polymeric coating Assumed working life of 120 years
Tipo de malla	MacMat HS30 8127GN

Tabla 29. Geometría

Geometría			
Descripción	Símbolo	Valor	Unidad
Altura del talud	H	45.22	m
Angulo del talud	β	61.00	deg
Longitud del talud	L	51.70	m
Espesor inestable del suelo	S	5.00	m
Grieta de tracción	Z	0.00	m

Fuente: Elaboración propia

Tabla 30. Parámetros Geotécnicos.

Parámetros geotécnicos			
Descripción	Símbolo	Valor	Unidad
Altura de fricción del suelo	ϕ	40.90	deg
Cohesión efectiva	C'	44.98	kpa
Peso unitario	γ	18.63	KN/m ²
Peso unitario saturado	γ_{sat}	8.82	KN/m ³
Tipo de suelo	-	silt/clay	
Densidad del suelo	-	loose/soft	

Fuente: Elaboración propia

Tabla 31. Nivel freático

Nivel freático			
Descripción	Símbolo	Valor	Unidad
Profundidad del nivel freático	d_w	0.00	m
Flujo en coronación	H_w	10.30	m

Fuente: Elaboración propia

Tabla 32. Coeficientes sísmicos

Coeficientes sísmicos			
Descripción	Símbolo	Valor	Unidad
Coeficiente sísmico vertical	K_v	0.00	-
Coeficiente sísmico horizontal	K_h	0.41	-

Fuente: Elaboración propia

Tabla 33. Factores parciales de seguridad.

Factores parciales de seguridad para los parámetros del suelo (γ_m)			
Descripción	Símbolo	Valor	Unidad
Factor parcial para una cohesión efectiva	$\gamma_{c'}$	0.00	-
Factor parcial en el Angulo de fricción del suelo	$\gamma_{\tan\phi'}$	0.41	-

Fuente: Elaboración propia

Tabla 34. Resultado del preanálisis

Resultado del preanálisis	
F_{so}	0.89
Profundidad de fisura por tensión (m)	0.00

Fuente: Elaboración propia

Tabla 35. Análisis de resultado

Parámetros de los anclajes			
Descripción	Símbolo	Valor	Unidad
Cuadrícula de bulones	-	Cuadrado	-
Espaciado entre anclajes	L	15	mm
Díámetro externo de la barra	ϕ_e	32	mm

Diámetro interno de la barra	ϕ_i	18.5	mm
Diámetro de perforación	d	64	mm
Corona de corrosión	c	5	mm
Adherencia lechada-suelo	Tb	50	MPa
Tensión de rendimiento del acero	f_y	4750	MPa
Factor parcial de adherencia	γ_b	1	-
Factor parcial en la fuerza de extracción	γ_F	1	-
Factor parcial en el acero	γ_s	1	-
Área transversal	A _s	111.33	mm ²
Diámetro - Espesor de la barra	t	6.75	mm
Factor de amplificación como para Bustamante Dolx	α	1	-

Fuente: Elaboración propia

Tabla 36. Análisis del anclaje

Análisis	
Verificación de malla	Verificado
Factor de seguridad	1.5
Max trabajo de la mala (%)	5.54
Max Nd (KN)	43.18
Md (KN m)	3.41
Nyd (KN)	528.82
Myd (KN m)	3.42
M-N control	Verificado
Profundidad de fisura por tensión (m)	0.00

Fuente: Elaboración propia

Tabla 37. Cálculo de anclajes

Cálculo de anclajes	
Longitud efectiva (m)	0.0
Longitud total efectiva (m)	6.5
Pull-out control	Verificado
Comprobación a cizallamiento	Verificado

Fuente: Elaboración propia

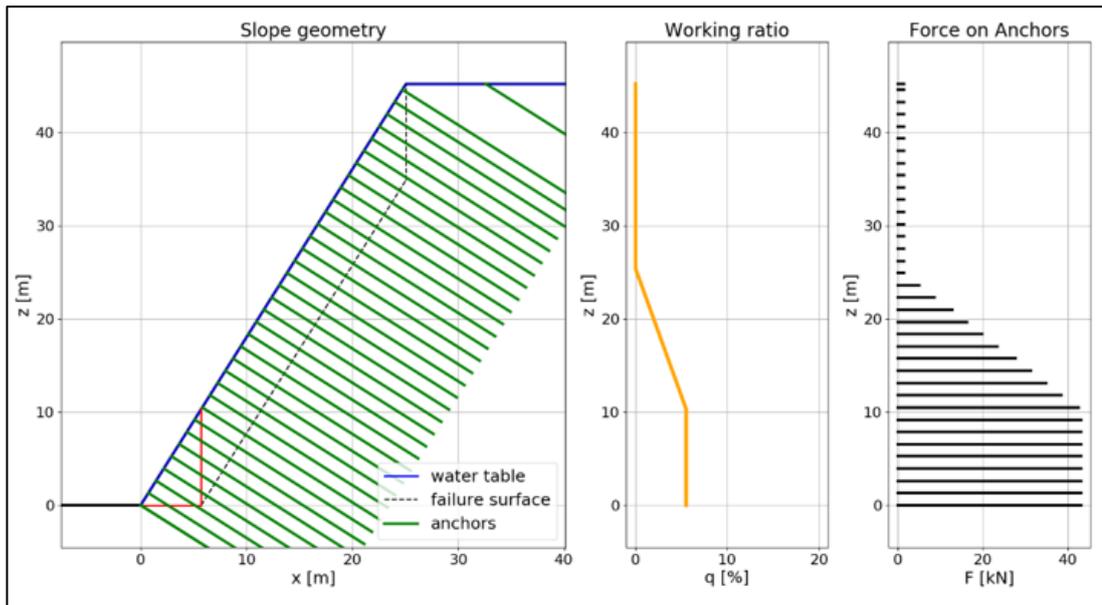


Figura 56: Pendiente geométrica

Fuente: Elaboración propia

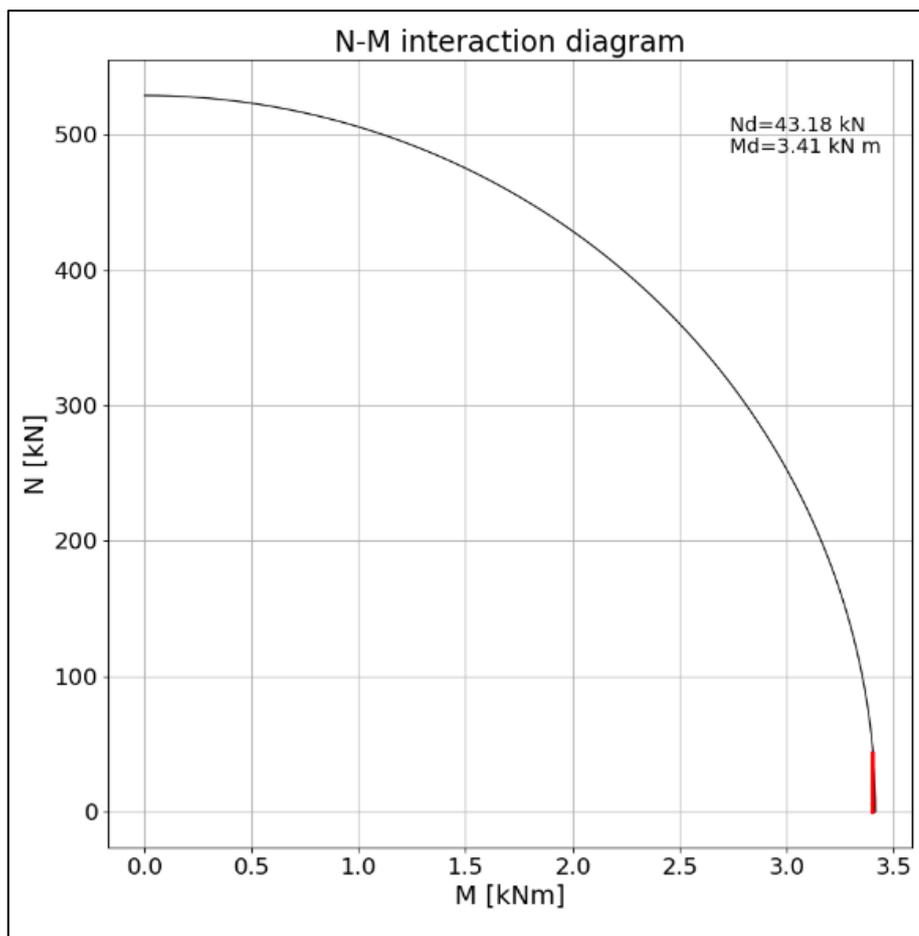


Figura 57: Diagrama de interacción

Fuente: Elaboración propia

Tabla 38. Verificación de los anclajes

Elevación vertical del anclaje (m)	Carga de anclaje (KN)
45.22	1.44
44.61	1.44
43.29	1.44
41.98	1.44
40.67	1.44
39.36	1.44
38.05	1.44
36.73	1.44
35.42	1.44
35.42	1.44
34.11	1.44
32.80	1.44
31.49	1.44
30.17	1.44
28.86	1.44
27.55	1.44
26.24	1.44
24.93	1.44
23.61	5.01
22.3	8.59
20.99	12.77
19.68	16.35
18.37	19.92
17.06	23.5
15.74	27.68
14.43	31.26
13.12	34.84
11.81	38.41
10.50	42.59
9.18	43.18
7.87	43.18
6.56	43.18
5.25	43.18
3.94	43.18
2.62	43.18
1.31	43.18
0.00	43.18

Fuente: Elaboración propia

Línea sísmica LS02-SM: Realizada en el parque Bertolotto, siendo la profundidad de resolución promedio del perfil de 78 metros. Este perfil permite identificar la existencia de cuatro (4) capas sísmicas: La primera de 4 metros de espesor y velocidades V_s de 266 m/s compuesta por material aluvial suelto a medianamente compacto y la segunda de 9 metros de espesor y velocidades V_s de 395 m/s compuesta por material aluvial medianamente compacto. La tercera capa con 27 metros de espesor y velocidades V_s de 537 m/s; y la cuarta con 21 metros de espesor y velocidades V_s de 745 m/s, ambas compuestas por materiales aluviales compactos. En el semiespacio, se tiene velocidades $V_s > 864$ m/s y corresponderían a materiales aluviales muy compactos. (Ver Anexo 2)

Tabla 39. Datos geofísicos y datos geotécnicos de la línea sísmica LS02

CAPA	Vs - Vp	$c' = 0.0009 * V_s + 0.0273$	$\sigma = 0.0185 * V_s + 31.977$	D=kg/m3	C	σ	D	Clasificación de suelo
4mt	Vs 266m/s	0.2667	36.898	1600	26.1543356	36.9	15.6906174	S2 Material aluvial suelto a medianamente compacto
9 mt	Vs 395m/s	0.3828	39.2845	1900	37.5398562	39.28	18.6326082	S2 Material aluvial medianamente compacto
27mt	Vs 537 m/s	0.5033	41.9115	2200	49.3568695	41.91	21.574599	S1 Material aluvial compacto
21 mt	Vs 745m/s	0.6905	45.7595	2500	67.7149183	45.76	24.5165898	S1 Material aluvial compacto

Fuente: Elaboración propia

Tabla 40. Factores de seguridad de Línea Sísmica LS-02 con aceleración 0.41

FELLENIOUS	1.229
BISHOP	1.328
JANBU SIMPLIFICADO	1.187
JANBU CORREGIDO	1.253
SPENCER	1.354
CORP OF ENGINEERS #1	1.266
CORP OF ENGINEERS #2	1.305
LOWE-KARAFIATH	1.247
MORGENSTERN-PRICE	1.349

Fuente: Elaboración propia

Tabla 41. Factores de seguridad de Línea Sísmica LS-02 con aceleración 0.51

FELLENIOUS	1.068
BISHOP	1.166
JANBU SIMPLIFICADO	1.029
JANBU CORREGIDO	1.087
SPENCER	1.204
CORP OF ENGINEERS #1	1.106
CORP OF ENGINEERS #2	1.174
LOWE-KARAFIATH	1.087
MORGENSTERN-PRICE	1.194

Fuente: Elaboración propia

Tabla 42. Factores de seguridad en condición pseudoestática con el sistema soil nailing y aceleración 0.41

FELLENIOUS	1.284
BISHOP	1.393
JANBU SIMPLIFICADO	1.238
JANBU CORREGIDO	1.315
SPENCER	1.428
CORP OF ENGINEERS #1	1.326
CORP OF ENGINEERS #2	1.352
LOWE-KARAFIATH	1.305
MORGENSTERN-PRICE	1.412

Fuente: Elaboración propia

a) Características del talud

Tabla 43. Parámetros del talud

Parámetros del talud		
Altura de talud (m)	H	45.46
Inclinación de talud posterior (°) (Con respecto a la horizontal)	α	29
Inclinación cara de talud (°) (Con respecto a la vertical)	θ	50

Fuente: Elaboración propia

b) Características del suelo

Tabla 44. Características del suelo

Parámetros del suelo para diseño ingenieril		
Cohesión (Kn/m ²)	Cu	40.74
Angulo (°)	ϕ_u	40
Peso unitario (Kn/m ³)	y	19.1
Esfuerzo ultimo de unión (Kn/m ²)		60

Fuente: Elaboración propia

Tabla 45. Esfuerzo ultimo de unión de suelos granulares

Nominal Facing Thickness (mm)	Temporary Facings		Permanent Facings	
	Flexure pressure Factor Cf	Shear pressure factor Cs	Flexure Pressure Factor Cf	Shear pressure Factor Cs
100	2.0	2.5	1.0	1.0
150	1.5	2.0	1.0	1.0
200	1.0	1.0	1.0	1.0

Fuente: Manual de diseño de muros Soil Nailing de la FHWA

c) Características de la pantalla de concreto

Tabla 46. Pantalla de concreto

Pantalla de concreto		
Espaciamiento horizontal de pernos (m)	Sh	1.5
Espaciamiento vertical de pernos (m)	Sv	1.5
Espesor de pantalla de concreto(mm)	hc	150
Resistencia a la compresión de concreto (Kn/cm ²)(A/C=0.45)	f'c	2.35
Módulo de fluencia	Kn/cm ²)	54

Fuente: Elaboración propia

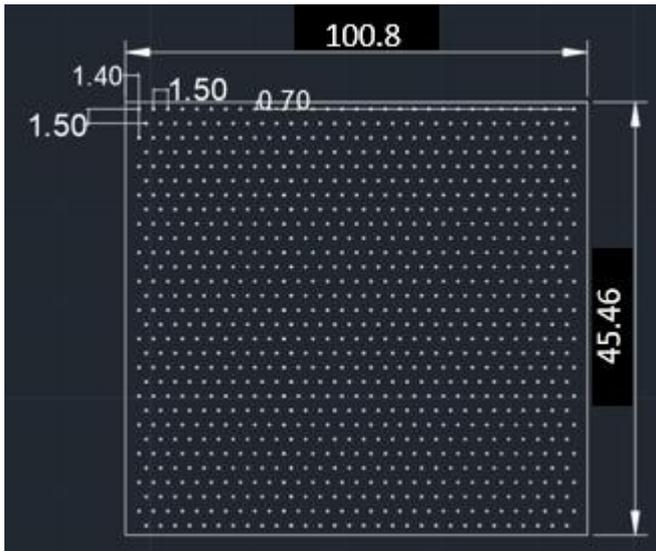


Figura 58: Espaciamiento de anclajes soil nailing

Fuente: Elaboración propia

d) Características de los pernos de anclaje

Tabla 47. Detalle de anclajes

Detalle de anclajes		
Longitud de pernos (m)	L	9
Varilla #	ASTM	#9
Diametro de perforacion (mm)	Dgc	76
Modulo de Fluencia	Kn/cm ²	54
Resistencia a la tracción	N/mm ²	680

Fuente: Elaboración propia

e) Características de la placa de acero A36

Tabla 48. Detalle de la placa metálica

Detalle de la placa metálica		
Ancho de la placa (mm)	bPL	200
Espesor de la placa (mm)	tPL	6
Modulo de fluencia	Kn/cm ²	54

Fuente: Elaboración propia

f) Revisión de diseño preliminar del muro en el talud

Factor de seguridad F 1.35

Cohesión (Cu)

$$Cd = Cu / (F * \gamma * H)$$

$$Cd = 0.03$$

Angulo de fricción(ϕ_u)

$$\phi_d = \tan^{-1}(\tan(\phi_u)/F)$$

$$\phi_d = 29.63$$

$$\tan(\phi_d) = 0.57$$

La siguiente figura representa el nomograma para un talud detrás del muro de 0° y ángulos de inclinación de la pantalla 0° y 10° con respecto al eje vertical.

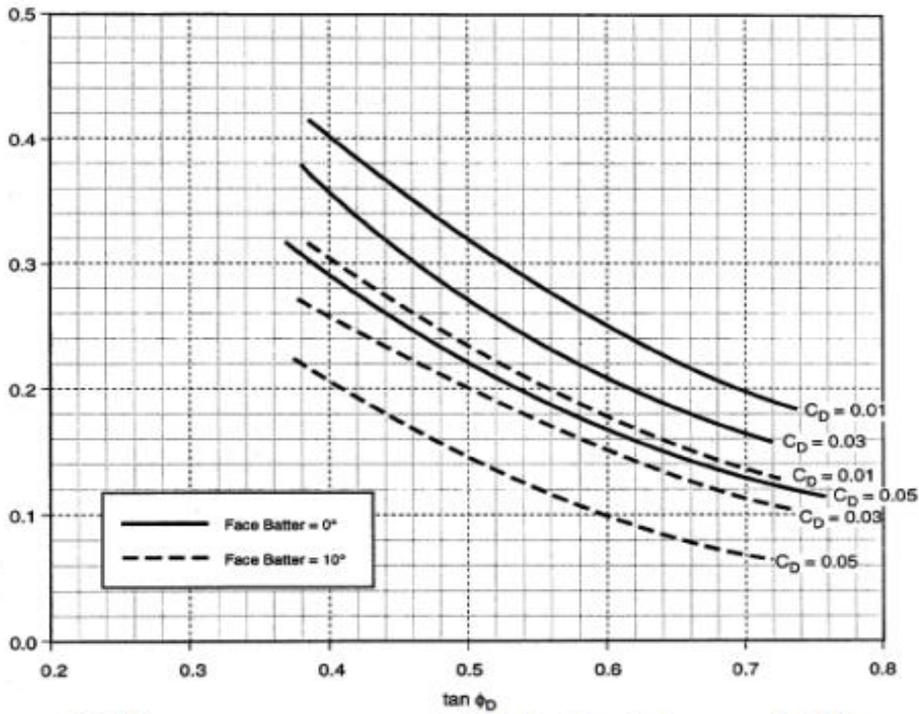


Tabla 49. Nomograma para un talud detrás del muro de 0° y ángulos de inclinación de la pantalla 0° y 10° con respecto al eje vertical

Fuente: Manual de diseño de muros Soil Nailing de la FHWA

Tensión TD (adimensional)

Del grafico del manual de diseño $T_d=0.24$

g) Determinación de área de varilla necesaria

$$T_d = \alpha n T_{nn} / (y H S_v S_h) \quad \dots \dots \dots > \quad T_{nn} = y H S_v S_h T_d / \alpha n$$

Elemento	Factor de resistencia (Condición estática)
Resistencia de cabeza de anclaje	$\alpha_f = 0.67$
Resistencia a la tensión de la varilla de anclaje	$\alpha_f = 0.55$
	$\alpha_f = 0.50$

Resistencia a la extracción de interfase suelo-lechada		
Suelo		F=1.35

Tabla 50. Factores de resistencia

Fuente: Manual de diseño de muros Soil Nailing de la FHWA

Factor de resistencia de la barra	α_n	0.55
Tensión nominal requerida (Tnn)		852.5 kN
Para determinar el área de acero se utilizará la sgte. formula		$(A_b) = T_{nn} / F_y$
Área de acero transversal mínimo (Ab, min)		15.79 cm ²

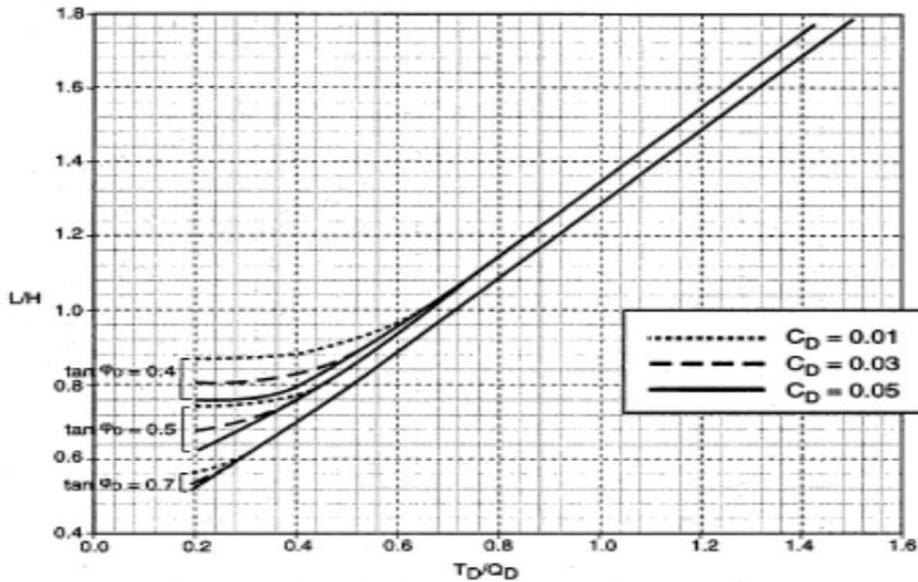
h) Determinación de la longitud de anclaje necesaria

Tabla 51. Factores de resistencia

Elemento	Factor de resistencia (Condición estática)
Resistencia de cabeza de anclaje	$\alpha_f = 0.67$
Resistencia a la tensión de la varilla de anclaje	$\alpha_f = 0.55$
Resistencia a la extracción de interfase suelo-lechada	$\alpha_f = 0.50$
Suelo	F=1.35

Fuente: Manual de diseño de muros Soil Nailing de la FHWA

Factor de resistencia de extracción	α_q	0.5
$Q_u = 0.076 * 60 * \pi = 14.33$		
Esfuerzo último de arrancamiento (kN/m)	Q_u	14.33
Resistencia al arrancamiento (adimensional)	Q_d	0.17
Relación para lectura de gráfico	T_d / Q_d	1.41
Relación L/H	L/H	1.64



Backslope = 0° Face Batter = 10° (Chart 1C)

Figura 59: Nomograma para un talud detrás del muro de 0° y ángulos de inclinación de la pantalla de 0° y 10° con respecto al eje vertical

Fuente: Manual de diseño de muros Soil Nailing de la FHWA

Verificación de propuesta de longitud de anclaje OK

Por lo tanto, se colocarán anclajes con longitud (m)=9m

i) Revisión de resistencia en la pantalla de concreto

$$m_v = \frac{A_s \cdot F_y \cdot \gamma}{b} \left(d - \frac{A_s \cdot F_y}{1.7 \cdot f'c \cdot b} \right)$$

Resistencia nominal en flexión en la cabeza del anclaje (T_{fn})

$$T_{fn} = C_f (M_v, \text{neg} + M_v, \text{pos}) \cdot (8S_h / S_v)$$

$$T_{fn} = 60 \text{ kN}$$

$$C_f = 1$$

Tabla 52. Coeficiente de Flexión en la cara del muro

Nominal Facing Thickness (mm)	Temporary Facings		Permanent Facings	
	Flexure pressure Factor C _f	Shear pressure factor C _s	Flexure Pressure Factor C _f	Shear pressure Factor C _s
100	2.0	2.5	1.0	1.0
150	1.5	2.0	1.0	1.0
200	1.0	1.0	1.0	1.0

Fuente: Manual de diseño de muros Soil Nailing de la FHWA

j) Resistencia al punzonamiento V_n

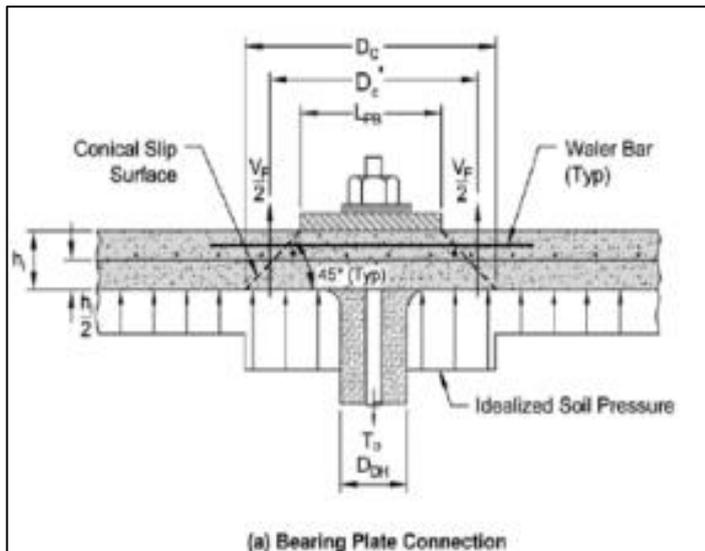


Figura 60: Soporte de la placa de conexión

Fuente: Manual de diseño de muros Soil Nailing de la FHWA

$$D'c = b_{PL} + hc \quad D'c = 403 \text{ mm}$$

$$D'c = D_c - hc \quad D'c = 606 \text{ mm}$$

$$V_n = 0.33 \sqrt{f'_c} \pi D'c hc$$

$$V_n = 440 \text{ kN}$$

k) Resistencia nominal al punzonamiento de cabeza de anclaje (T_{fn})

Tabla 53. Coeficiente de Flexión en la cara del muro

Nominal Facing Thickness (mm)	Temporary Facings		Permanent Facings	
	Flexure pressure Factor C_f	Shear pressure factor C_s	Flexure Pressure Factor C_f	Shear pressure Factor C_s
100	2.0	2.5	1.0	1.0
150	1.5	2.0	1.0	1.0
200	1.0	1.0	1.0	1.0

Fuente: Manual de diseño de muros Soil Nailing de la FHWA

Áreas de superficie de falla:

$$A_c = 288426.48 \text{ mm}^2$$

$$A_{gc} = 4536.46 \text{ mm}^2$$

$$T_{fn} = 35209 \text{ kN}$$

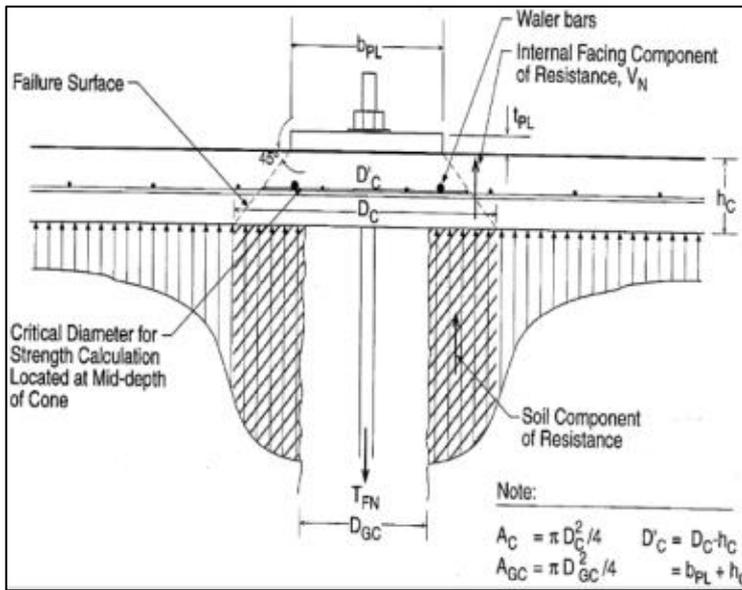


Figura 61: Distribución de presiones por el esfuerzo de punzonamiento

Fuente: Manual de diseño de muros Soil Nailing de la FHWA

1) Resistencias actuantes en la cara del muro

Tabla 54. Tabla de resistencia

	Resistencia Nominal T _{fn} (kN)	Factor α_f	Resistencia admisible T _f (kN)
Resistencia por flexion	60	0.67	40.2
Resistencia por punzonamiento	352.09	0.67	235.9

Fuente: Elaboración propia

Tabla 55. Factores de resistencia

Elemento	Factor de resistencia (Condición estática)
Resistencia de cabeza de anclaje	$\alpha_f=0.67$
Resistencia a la tensión de la varilla de anclaje	$\alpha_f=0.55$
Resistencia a la extracción de interfase suelo-lechada	$\alpha_f=0.50$

Suelo

F=1.35

Fuente: Manual de diseño de muros Soil Nailing de la FHWA

Resistencia máxima de diseño en la cara Tf=40.2 kN

m) Diagrama de esfuerzos en la longitud de los anclajes

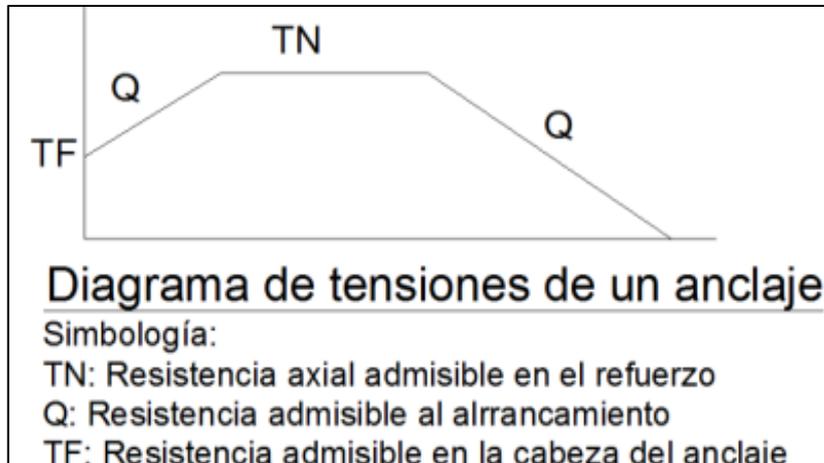


Figura 62: Diagrama de tensiones de un anclaje

Fuente: Manual de diseño de muros Soil Nailing de la FHWA

Resistencia al arrancamiento Qd

$$Qd = \alpha_q \cdot Q_u \quad 7.17 \text{ kN/m}$$

Resistencia axial admisible en el refuerzo (TN)

$$T_n = \alpha_n \cdot T_{nn} \quad 468.88 \text{ Kn}$$

Resistencia admisible en la cabeza del anclaje Tf

$$T_f = 40.2 \text{ Kn}$$

Datos a graficar. Estimación de longitud donde actúan las resistencias en el perno.

Tabla 56. Resistencia de anclaje

	Longitud (m)	Resistencia (kN)
Resistencia en la cara del muro	0	0.00
Resistencia máxima de diseño	0	40.20
Resistencia axial en el refuerzo	1	468.88
Resistencia axial en el refuerzo	3	468.88
Intersección con plano de falla	9	0.00

Fuente: Elaboración propia

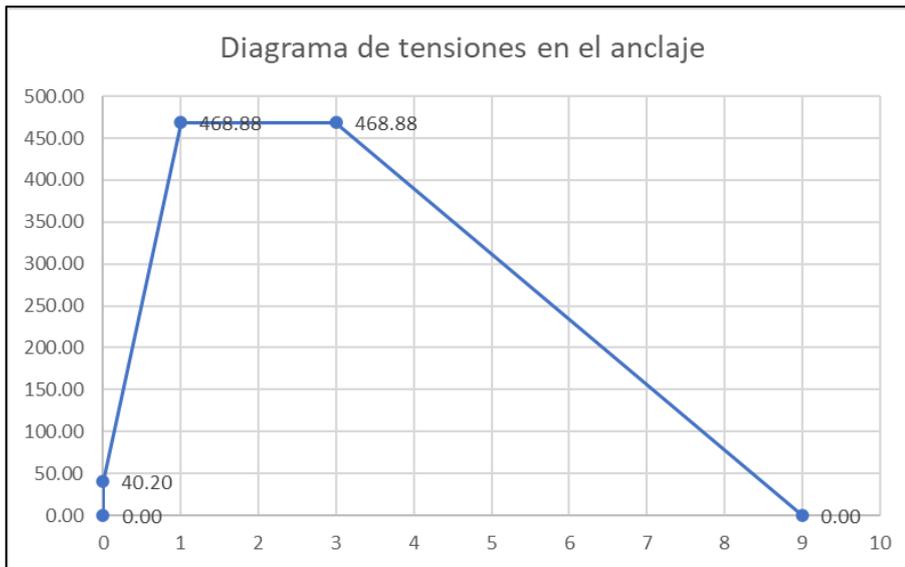


Figura 63: Diagrama de tensiones en el anclaje

Fuente: Manual de diseño de muros Soil Nailing de la FHWA

Línea Sísmica 02 con revestimiento de MacMat en el programa Edesign Maccaferri

Nombre del proyecto	TESIS
Nombre del calculo	LINEA SISMICA 02
Nombre del cliente	Corzo - Palomino
Tipo de ambiente	High Aggressive (C4)
Recubrimiento	Coating requirement according to EN 10223-3'2013 (E) Zng5%/Al5% Class A: Assumed working life of 10 years Zng0%/Al10% Class A: Assumed working life of 25 years Polymeric coating Assumed working life of 120 years
Tipo de malla	MacMat HS30 8127GN

Tabla 57. Geometría

Geometría			
Descripción	Símbolo	Valor	Unidad
Altura del talud	H	45.19	m
Angulo del talud	β	38.00	deg
Longitud del talud	L	73.40	m
Espesor inestable del suelo	S	5.00	m
Grieta de tracción	Z	0.00	m

Fuente: Elaboración propia

Tabla 58. Parámetros geotécnicos

Parámetros geotécnicos			
Descripción	Símbolo	Valor	Unidad
Altura de fricción del suelo	ϕ	40.96	deg
Cohesión efectiva	C'	45.19	kpa
Peso unitario	γ	20.10	KN/m ²
Peso unitario saturado	γ_{sat}	20.00	KN/m ³
Tipo de suelo	-	silt/clay	
Densidad del suelo	-	loose/soft	

Fuente: Elaboración propia

Tabla 59. Nivel freático

Nivel freático			
Descripción	Símbolo	Valor	Unidad
Profundidad del nivel freático	d_w	0.00	m
Flujo en coronación	H_w	6.30	m

Fuente: Elaboración propia

Tabla 60. Coeficientes sísmicos

Coeficientes sísmicos			
Descripción	Símbolo	Valor	Unidad
Coeficiente sísmico vertical	K_v	0.00	-
Coeficiente sísmico horizontal	K_h	0.41	-

Fuente: Elaboración propia

Tabla 61. Factores parciales de seguridad

Factores parciales de seguridad para los parámetros del suelo			
(γ_m)			
Descripción	Símbolo	Valor	Unidad
Factor parcial para una cohesión efectiva	$\gamma_{c'}$	1.00	-
Factor parcial en el Angulo de fricción del suelo	$\gamma_{\tan\phi'}$	1.00	-

Fuente: Elaboración propia

Tabla 62. Resultado del preanálisis

Resultado del preanálisis	
F_{so}	0.71
Profundidad de fisura por tensión (m)	0.00

Fuente: Elaboración propia

Tabla 63. Análisis resultados

Parámetros de los anclajes			
Descripción	Símbolo	Valor	Unidad
Cuadrícula de bulones	-	Cuadrado	-
Espaciado entre anclajes	L	15	mm
Diámetro externo de la barra	φ_e	32	mm
Diámetro interno de la barra	φ_i	18.5	mm
Diámetro de perforación	d	64	mm
Corona de corrosión	c	5	mm
Adherencia lechada-suelo	Tb	50	MPa
Tensión de rendimiento del acero	f_{yy}	4750	MPa
Factor parcial de adherencia	γ_b	1	-
Factor parcial en la fuerza de extracción	γ_F	1	-
Factor parcial en el acero	γ_s	1	-
Área transversal	As	111.33	mm ²
Diámetro - Espesor de la barra	t	6.75	mm
Factor de amplificación como para Bustamante Doix	α	1	-

Fuente: Elaboración propia

Tabla 64. Análisis

Análisis	
Verificación de malla	Verificado
Factor de seguridad	1.5
Max trabajo de la malla (%)	6.88
Max Nd (KN)	52.91
Md (KN m)	3.4
Nyd (KN)	528.82
Myd (KN m)	3.42
M-N control	Verificado
Profundidad de fisura por tensión (m)	0.00

Fuente: Elaboración propia

Tabla 65. Cálculo de anclajes

Cálculo de anclajes	
Longitud efectiva (m)	0.01
Longitud total efectiva (m)	8.00
Pull-out control	Verificado
Comprobación a cizallamiento	Verificado

Fuente: Elaboración propia

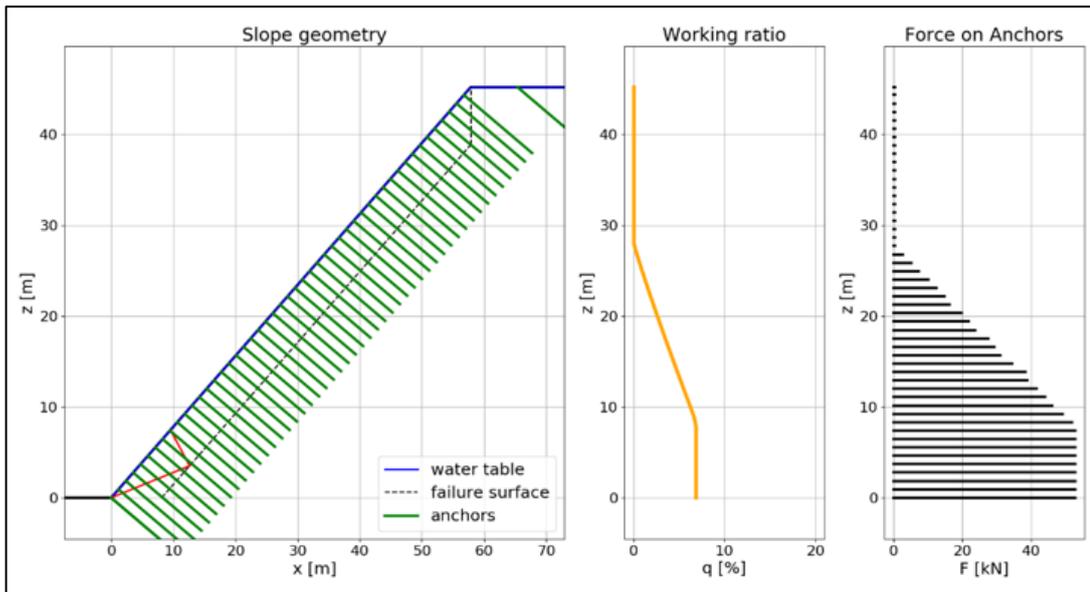


Figura 64: Pendiente geométrica
 Fuente: Elaboración propia

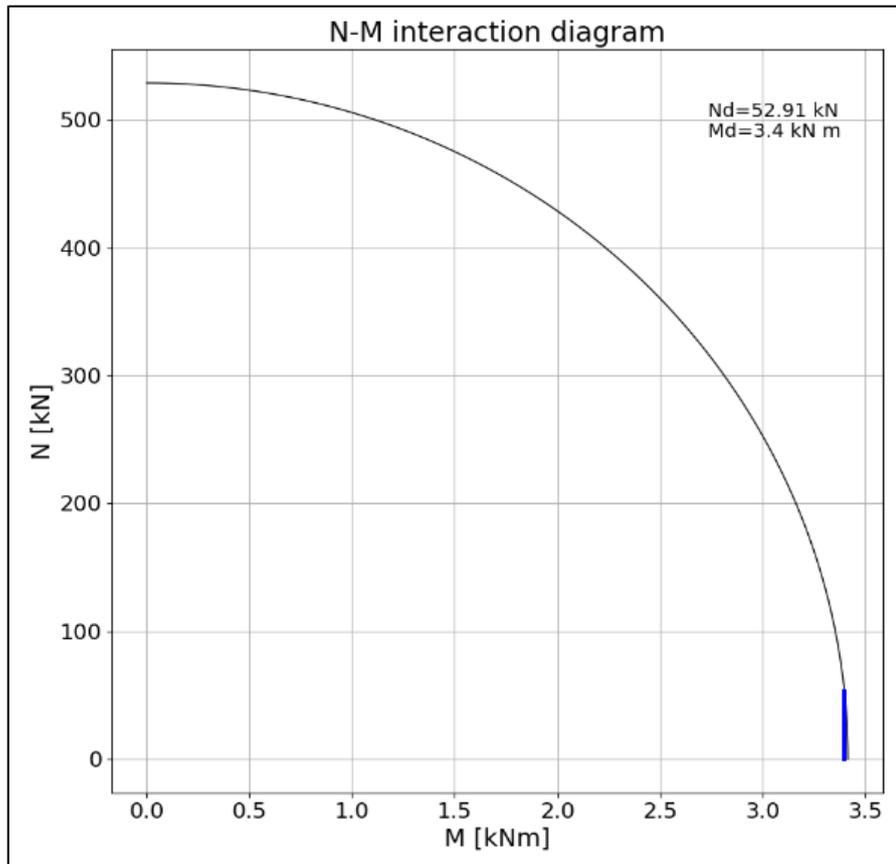


Figura 65: Diagrama de interacción
 Fuente: Elaboración propia

Tabla 66. Verificación de los anclajes

Elevación vertical del anclaje (m)	Carga de anclaje (KN)
------------------------------------	-----------------------

45.19	0.43
44.33	0.43
43.40	0.43
42.48	0.43
41.56	0.43
40.63	0.43
39.71	0.43
38.79	0.43
37.86	0.43
36.94	0.43
36.02	0.43
35.09	0.43
34.17	0.43
33.25	0.43
32.32	0.43
31.40	0.43
30.48	0.43
29.55	0.43
28.63	0.43
27.70	0.43
26.78	2.64
25.86	5.13
24.93	7.28
24.01	10.16
23.09	12.49
22.16	14.75
21.24	16.20
20.32	19.69
19.39	21.88
18.47	23.76
17.55	27.58
16.62	29.39
15.70	30.98
14.78	34.56
13.85	38.33
12.93	38.90
12.01	41.66
11.08	44.01
10.16	46.09
9.23	49.15
8.31	51.92
7.39	52.90
6.46	52.90
5.54	52.90
4.62	52.90
3.69	52.90
2.77	52.90
1.85	52.90
0.92	52.90
0.00	52.90

Fuente: Elaboración propia

Línea sísmica LS03-SM: Realizada en el parque Media Luna, siendo la profundidad de resolución promedio del perfil de 80 metros. En este perfil se identifica la presencia de cuatro (4) capas sísmicas: La primera de 5 metros de espesor y velocidades Vs de 240

m/s compuesta por material aluvial suelto a medianamente compacto, la segunda, con un espesor de 8 metros y V_s de 417 m/s conformada por material aluvial medianamente compacto. La tercera capa con un espesor de 21 metros y velocidades V_s de 566 m/s y la cuarta capa con un espesor de 20 metros y velocidades de 695, ambas corresponderían a material aluvial compacto. El semiespacio presenta velocidades $V_s > 904$ m/s y correspondería a material aluvial muy compacto. (Ver Anexo 6)

Tabla 67. Datos geofísicos y datos geotécnicos de la línea sísmica LS03

CAPA	Vs - Vp	$c' = 0.0009 * V_s + 0.0273$	$\sigma = 0.0185 * V_s + 31.977$	D=kg/m3	C	σ	D	Clasificación de suelo
5mt	Vs 240m/s	0.2433	36.417	1600	23.8595795	36.42	15.6906174	S2 Material aluvial suelto a medianamente compacto
8 mt	Vs 417m/s	0.4026	39.6915	1900	39.4815729	39.69	18.6326082	S2 Material aluvial medianamente compacto
21 mt	Vs 566 m/s	0.5294	42.448	2200	51.9164051	42.45	21.574599	S1 Material aluvial compacto
20 mt	Vs 695m/s	0.6455	44.8345	2500	63.3019258	44.83	24.5165898	S1 Material aluvial compacto

Fuente: Elaboración propia

Tabla 68. Factores de seguridad de Línea Sísmica LS-03 con aceleración 0.41

FELLENIOUS	1.030
BISHOP	1.165
JANBU SIMPLIFICADO	0.998
JANBU CORREGIDO	1.064
SPENCER	1.198
CORP OF ENGINEERS #1	1.134
CORP OF ENGINEERS #2	1.148
LOWE-KARAFIATH	1.094
MORGENSTERN-PRICE	1.186

Fuente: Elaboración propia

Tabla 69. Factores de seguridad de Línea Sísmica LS-03 con aceleración 0.51

FELLENIOUS	0.894
BISHOP	1.030
JANBU SIMPLIFICADO	0.868
JANBU CORREGIDO	0.926
SPENCER	1.073
CORP OF ENGINEERS #1	1.010
CORP OF ENGINEERS #2	1.013
LOWE-KARAFIATH	0.961
MORGENSTERN-PRICE	1.062

Fuente: Elaboración propia

Tabla 70. Factores de seguridad en condición pseudoestática con el sistema soil nailing y aceleración 0.41

FELLENIOUS	1.064
BISHOP	1.239
JANBU SIMPLIFICADO	1.027
JANBU CORREGIDO	1.097
SPENCER	1.274
CORP OF ENGINEERS #1	1.208
CORP OF ENGINEERS #2	1.278
LOWE-KARAFIATH	1.155
MORGENSTERN-PRICE	1.268

Fuente: Elaboración propia

a) Características del talud

Tabla 71. Parámetros del talud

Parámetros del talud		
Altura de talud (m)	H	47.54
Inclinación de talud posterior (°) (Con respecto a la horizontal)	α	40
Inclinación cara de talud (°) (Con respecto a la vertical)	θ	41

Fuente: Elaboración propia

b) Características del suelo

Tabla 72. Características del suelo

Parámetros del suelo para diseño ingenieril		
Cohesión (Kn/m ²)	C _u	40.32
Angulo (°)	ϕ_u	29.94
Peso unitario (Kn/m ³)	γ	19.12
Esfuerzo ultimo de unión (Kn/m ²)		60

Fuente: Elaboración propia

Tabla 73. Esfuerzo ultimo de unión de suelos granulares

Construction method	Soil Type	Unit Ultimate Bond Stress kN/m ² (psi)
Open hole	Non-plastic silt	20-30 (3.0-4.5)
	Medium dense sand and silty sand/sandy silt.	50-75(7.0-11.0)
	Dense silty sand and gravel	80-100(11.5-14.5)
	Very dense silty sand and gravel	120-240(17.5-34.5)
	Loess	25-75(3.5-11.0)

Fuente: Manual de diseño de muros Soil Nailing de la FHWA

c) Características de la pantalla de concreto

Tabla 74. Pantalla de concreto

Pantalla de concreto		
Espaciamiento horizontal de pernos (m)	Sh	1.5
Espaciamiento vertical de pernos (m)	Sv	1.5
Espesor de pantalla de concreto(mm)	hc	150
Resistencia a la compresión de concreto (Kn/cm ²) (A/C=0.45)	f'_c	2.35
Módulo de fluencia	Kn/cm ²)	54

Fuente: Elaboración propia

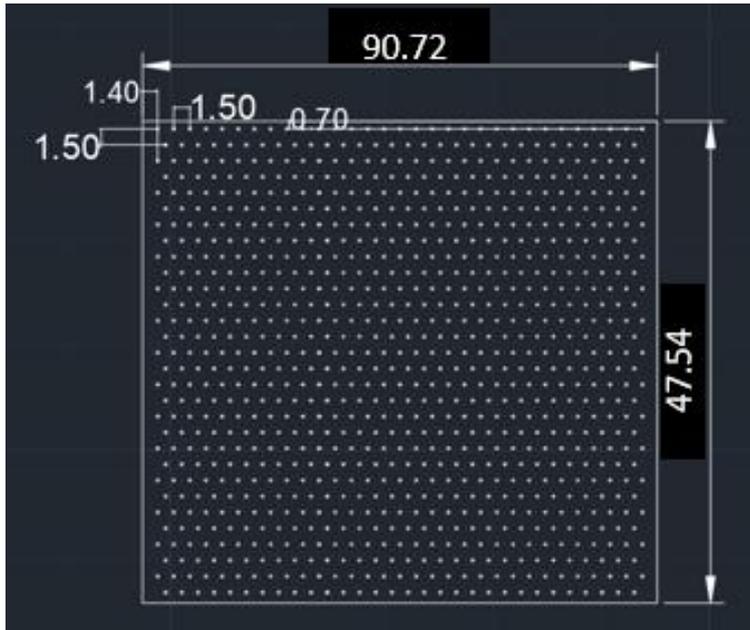


Figura 66: Espaciamiento de anclajes soil nailing

Fuente: Elaboración propia

d) Características de los pernos de anclaje

Tabla 75. Detalle de anclajes

Detalle de anclajes		
Longitud de pernos (m)	L	9
Varillas #	ASTM	#9
Diametro de perforacion (mm)	Dgc	76
Modulo de Fluencia	Kn/cm ²	54
Resistencia a la tracción	N/mm ²	680

Fuente: Elaboración propia

e) Características de la placa de acero A36

Tabla 76. Detalle de la placa metálica

Detalle de la placa metálica		
Ancho de la placa (mm)	bPL	200
Espesor de la placa (mm)	tPL	6
Modulo de fluencia	Kn/cm ²	54

Fuente: Elaboración propia

f) Revisión de diseño preliminar del muro en el talud

Factor de seguridad F 1.19

Cohesión (Cu)

$$Cd = Cu / (F * \gamma * H)$$

$$Cd = 0.04$$

Angulo de fricción(ϕ_u)

$$\phi_d = \tan^{-1}(\tan(\phi_u)/F)$$

$$\phi_d = 25.16$$

$$\tan(\phi_d) = 0.47$$

La siguiente figura representa el nomograma para un talud detrás del muro de 0° y ángulos de inclinación de la pantalla 0° y 10° con respecto al eje vertical.

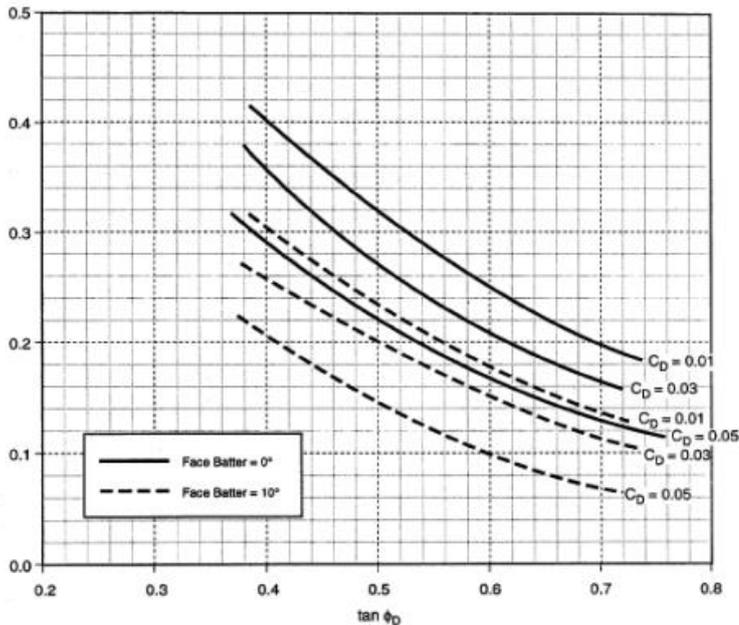


Figura 67: Nomograma para un talud detrás del muro de 0° y ángulos de inclinación de la pantalla 0° y 10° con respecto al eje vertical

Fuente: Manual de diseño de muros Soil Nailing de la FHWA

Tensión TD(adimensional)

Del grafico del manual de diseño $T_d=0.26$

g) Determinación de área de varilla necesaria

$$T_d = \alpha n T_{nn} / (y H S_v S_h) > T_{nn} = y H S_v S_h T_d / \alpha n$$

Tabla 77. Factores de resistencia

Elemento	Factor de resistencia (Condición estática)
Resistencia de cabeza de anclaje	$\alpha_f=0.67$
Resistencia a la tensión de la varilla de anclaje	$\alpha_f=0.55$
Resistencia a la extracción de interfase suelo-lechada	$\alpha_f=0.50$
Suelo	$F=1.35$

Fuente: Manual de diseño de muros Soil Nailing de la FHWA

Factor de resistencia de la barra	α_n	0.55	
Tensión nominal requerida	(Tnn)	966.81	kN
Para determinar el área de acero se utilizará la Sgte. formula		(Ab)=Tnn/Fy	
Área de acero transversal mínimo (Ab, min)		17.9	cm ²

h) Determinación de la longitud de anclaje necesaria

Tabla 78. Factores de resistencia

Elemento	Factor de resistencia (Condición estática)
Resistencia de cabeza de anclaje	$\alpha_f=0.67$
Resistencia a la tensión de la varilla de anclaje	$\alpha_f=0.55$
Resistencia a la extracción de interfase suelo-lechada	$\alpha_f=0.50$
Suelo	F=1.35

Fuente: Manual de diseño de muros Soil Nailing de la FHWA

Factor de resistencia de extracción	α_q	0.5
$Q_u=0.076*60*\pi=14.33$		
Esfuerzo ultimo de arrancamiento(kN/m)	Q_u	14.33
Resistencia al arrancamiento (adimensional)	Q_d	0.17
Relación para lectura de grafico	Td/Qd	1.53
Relación L/H	L/H	1.83

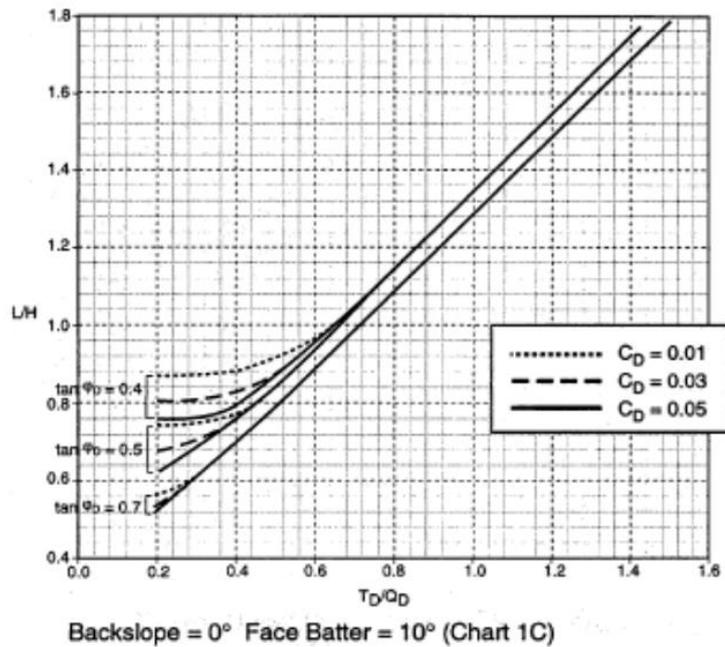


Figura 68: Nomograma para un talud detrás del muro de 0° y ángulos de inclinación de la pantalla de 0° y 10° con respecto al eje vertical

Fuente: Manual de diseño de muros Soil Nailing de la FHWA

Verificación de propuesta de longitud de anclaje OK

Por lo tanto, se colocarán anclajes con longitud (m)=9m

i) Revisión de resistencia en la pantalla de concreto

$$mv = \frac{As \cdot Fy \cdot \gamma}{b} (d - \frac{As \cdot Fy}{1.7 \cdot f'c \cdot b})$$

Resistencia nominal en flexión en la cabeza del anclaje (Tfn)

$$Tfn = Cf (Mv, \text{neg} + Mv, \text{pos}) * (8Sh/Sv)$$

$$Tfn = 65 \text{ kN}$$

$$CF = 1$$

Tabla 79. Coeficiente de Flexión en la cara del muro

Nominal Facing Thickness (mm)	Temporary Facings		Permanent Facings	
	Flexure pressure Factor Cf	Shear pressure factor Cs	Flexure Pressure Factor Cf	Shear pressure Factor Cs
100	2.0	2.5	1.0	1.0
150	1.5	2.0	1.0	1.0
200	1.0	1.0	1.0	1.0

Fuente: Manual de diseño de muros Soil Nailing de la FHWA

j) Resistencia al punzonamiento V_n

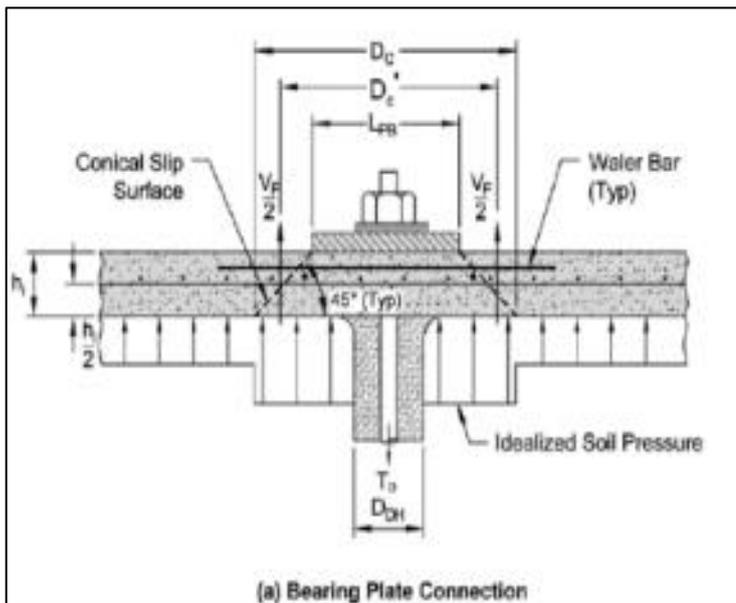


Figura 67: Soporte de la placa de conexión

Fuente: Manual de diseño de muros Soil Nailing de la FHWA

$$D'c = b_{PL} + hc \quad D'c = 403 \text{ mm}$$

$$D'c = D_c - hc \quad D'c = 606 \text{ mm}$$

$$V_n = 0.33 \sqrt{f'_c} \pi D'c hc$$

$$V_n = 440 \text{ kN}$$

k) Resistencia nominal al punzonamiento de cabeza de anclaje (T_{fn})

Tabla 80. Coeficiente de Flexión en la cara del muro

Nominal Facing Thickness (mm)	Temporary Facings		Permanent Facings	
	Flexure pressure Factor C_f	Shear pressure factor C_s	Flexure Pressure Factor C_f	Shear pressure Factor C_s
100	2.0	2.5	1.0	1.0
150	1.5	2.0	1.0	1.0
200	1.0	1.0	1.0	1.0

Fuente: Manual de diseño de muros Soil Nailing de la FHWA

Áreas de superficie de falla:

$$A_c = 288426.48 \text{ mm}^2$$

$$A_{gc} = 4536.46 \text{ mm}^2$$

$$T_{fn} = 35209 \text{ kN}$$

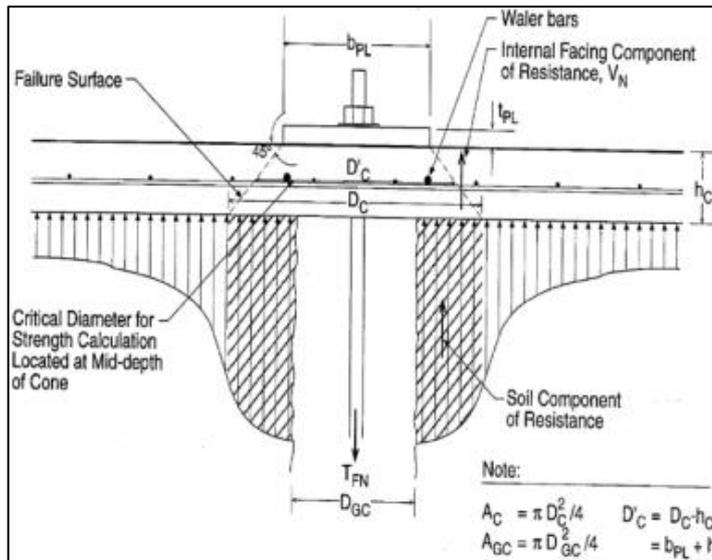


Figura 69: Distribución de presiones por el esfuerzo de punzonamiento
Fuente: Manual de diseño de muros Soil Nailing de la FHWA

1) Resistencias actuantes en la cara del muro

Tabla 81. Tabla de resistencia

	Resistencia Nominal T _{fn} (kN)	Factor α_f	Resistencia admisible T _f (kN)
Resistencia por flexion	65	0.67	43.55
Resistencia por punzonamiento	352.09	0.67	235.9

Fuente: Elaboración propia

Tabla 82. Factores de resistencia

Elemento	Factor de resistencia (Condición estática)
Resistencia de cabeza de anclaje	$\alpha_f=0.67$
Resistencia a la tensión de la varilla de anclaje	$\alpha_f=0.55$
Resistencia a la extracción de interfase suelo-lechada	$\alpha_f=0.50$
Suelo	F=1.35

Fuente: Manual de diseño de muros Soil Nailing de la FHWA

Resistencia máxima de diseño en la cara T_f=43.55 kN

m) Diagrama de esfuerzos en la longitud de los anclajes

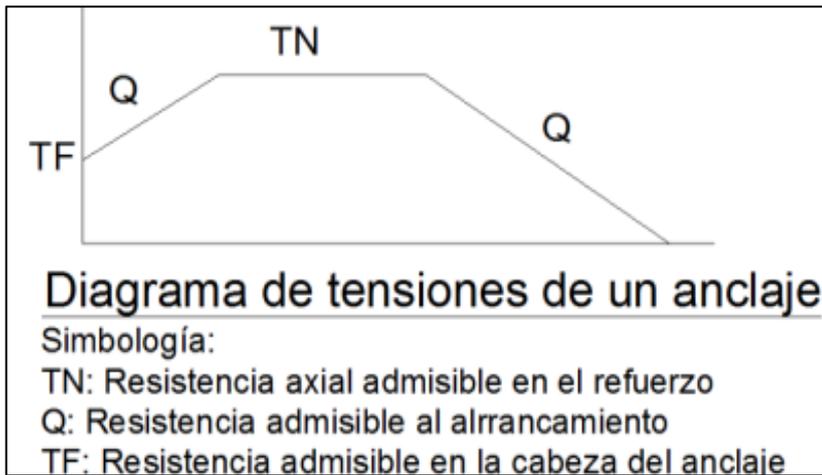


Figura 70: Diagrama de tensiones de un anclaje

Fuente: Manual de diseño de muros Soil Nailing de la FHWA

Resistencia al arrancamiento Q_d

$$Q_d = \alpha_q \cdot Q_u \quad 7.17 \text{ kN/m}$$

Resistencia axial admisible en el refuerzo (TN)

$$T_n = \alpha_n T_{nn} \quad 531.74 \text{ Kn}$$

Resistencia admisible en la cabeza del anclaje T_f

$$T_f = 43.55 \text{ Kn}$$

Datos a graficar. Estimación de longitud donde actúan las resistencias en el perno.

Tabla 83. Resistencia de anclaje

	Longitud (m)	Resistencia (kN)
Resistencia en la cara del muro	0	0.00
Resistencia máxima de diseño	0	43.55
Resistencia axial en el refuerzo	1	531.74
Resistencia axial en el refuerzo	3	531.74
Intersección con plano de falla	9	0.00

Fuente: Elaboración propia

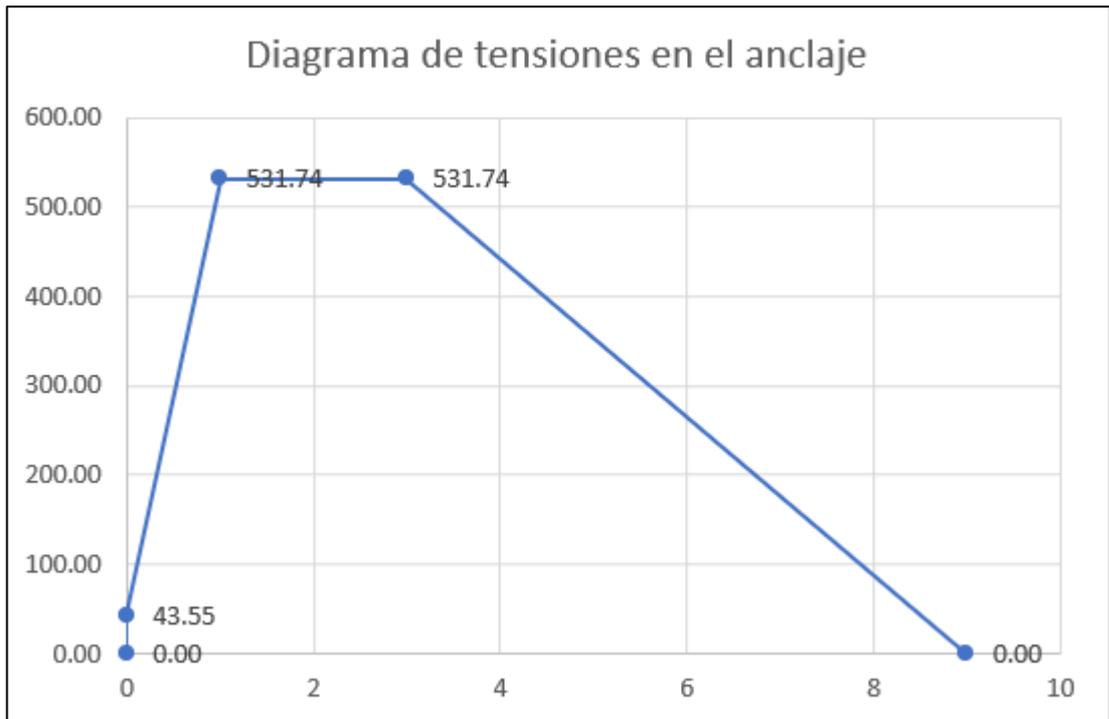


Figura 71: Diagrama de tensiones en el anclaje

Fuente: Elaboración propia

Línea Sísmica 03 con revestimiento de MacMat en el programa Edesign Maccaferri

Nombre del proyecto TESIS

Nombre del calculo LINEA SISMICA 03

Nombre del cliente Corzo - Palomino

Tipo de ambiente High Aggressive (C4)

Coating requirement according to EN 10223-3'2013 (E)

Recubrimiento Zng5%/Al5% Class A: Assumed working life of 10 years

Zng0%/Al10% Class A: Assumed working life of 25 years

Polymeric coating Assumed working life of 120 years

Tipo de malla MacMat HS30 8127GN

Tabla 84. Geometría

Geometría			
Descripción	Símbolo	Valor	Unidad
Altura del talud	H	47.54	m
Angulo del talud	β	47.00	deg
Longitud del talud	L	65.00	m
Espesor inestable del suelo	S	5.00	m
Grieta de tracción	Z	0.00	m

Fuente: Edesign Maccaferri

Tabla 85. Parámetros geotécnicos

Parámetros geotécnicos

Descripción	Símbolo	Valor	Unidad
Altura de fricción del suelo	ϕ	40.85	deg
Cohesión efectiva	C'	44.64	kpa
Peso unitario	γ	20.10	KN/m ²
Peso unitario saturado	γ_{sat}	20.00	KN/m ³
Tipo de suelo	-	silt/clay	
Densidad del suelo	-	loose/soft	

Fuente: Elaboración propia

Tabla 86. Nivel freático

Nivel freático			
Descripción	Símbolo	Valor	Unidad
Profundidad del nivel freático	dw	0.00	m
Flujo en coronación	Hw	7.30	m

Fuente: Elaboración propia

Tabla 87. Coeficientes sísmicos

Coeficientes sísmicos			
Descripción	Símbolo	Valor	Unidad
Coeficiente sísmico vertical	Kv	0.00	-
Coeficiente sísmico horizontal	Kh	0.41	-

Fuente: Elaboración propia

Tabla 88. Factores parciales de seguridad

Factores parciales de seguridad para los parámetros del suelo (γ_m)			
Descripción	Símbolo	Valor	Unidad
Factor parcial para una cohesión efectiva	$\gamma_{c'}$	1.00	-
Factor parcial en el Angulo de fricción del suelo	$\gamma_{\tan\phi'}$	1.00	-

Fuente: Elaboración propia

Tabla 89. Resultado del preanálisis

Resultado del preanálisis	
Fso	0.52
Profundidad de fisura por tensión (m)	0.00

Fuente: Elaboración propia

Tabla 90. Análisis resultados

Parámetros de los anclajes			
Descripción	Símbolo	Valor	Unidad
Cuadrícula de bulones	-	Cuadrado	-
Espaciado entre anclajes	L	15	mm
Diámetro externo de la barra	ϕ_e	32	mm
Diámetro interno de la barra	ϕ_i	18.5	mm
Diámetro de perforación	d	64	mm
Corona de corrosión	c	5	mm

Adherencia lechada-suelo	Tb	50	MPa
Tensión de rendimiento del acero	$f_{\gamma\gamma}$	4750	MPa
Factor parcial de adherencia	γ_b	1	-
Factor parcial en la fuerza de extracción	γ_F	1	-
Factor parcial en el acero	γ_s	1	-
Área transversal	As	111.33	mm ²
Diámetro - Espesor de la barra	t	6.75	mm
Factor de amplificación como para Bustamante Dolx	α	1	-

Fuente: Elaboración propia

Tabla 91. Análisis

Análisis	
Verificación de malla	Verificado
Factor de seguridad	1.5
Max trabajo de la malla (%)	15.36
Max Nd (KN)	116.2
Md (KN m)	3.33
Nyd (KN)	528.82
Myd (KN m)	3.42
M-N control	Verificado
Profundidad de fisura por tensión (m)	0.00

Fuente: Elaboración propia

Tabla 92. Cálculo de anclajes

Cálculo de anclajes	
Longitud efectiva (m)	0.01
Longitud total efectiva (m)	7.00
Pull-out control	Verificado
Comprobación a cizallamiento	Verificado

Fuente: Elaboración propia

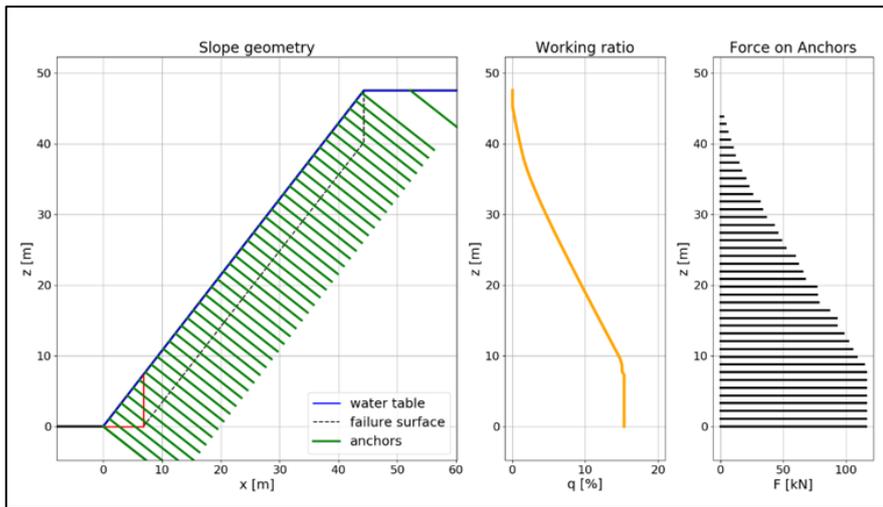


Figura 72: Pendiente geométrica
Fuente: Elaboración propia

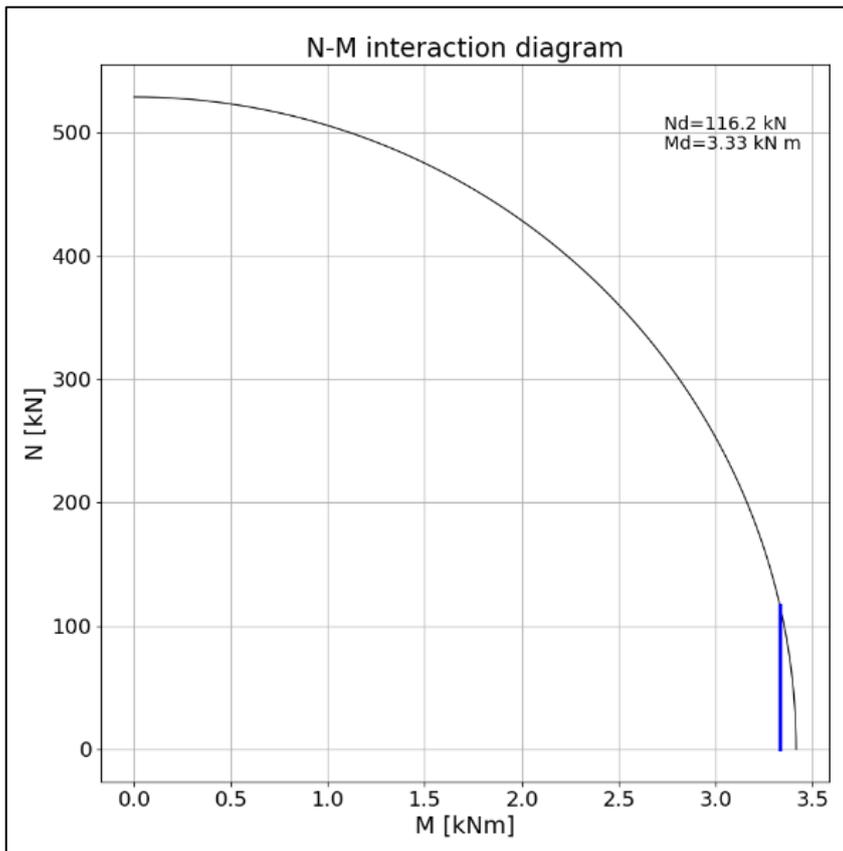


Figura 73: Diagrama de interacción
Fuente: Elaboración propia.

Tabla 93. Verificación de los anclajes

Verificación de los anclajes	
Elevación vertical del anclaje (m)	Carga de anclaje (KN)
47.54	0.24
47.17	0.24
46.08	0.24
44.98	0.24
43.88	2.27
42.78	3.85
41.69	5.51
40.59	7.75
39.49	9.55
38.4	11.43
37.3	14.33
36.20	16.29
35.1	19.91
34.01	22.54
32.91	25.41
31.81	31.03
30.72	33.06
29.62	36.01
28.52	42.66
27.43	45.28
26.33	48.23
25.23	51.98
24.13	59.18
23.04	61.90
21.94	65.24
20.84	67.50
19.75	76.51
18.65	77.15
17.55	78.16
16.46	86.61
15.36	92.71
14.26	92.71
13.16	98.06
12.07	101.98
10.97	105.10
9.87	108.68
8.78	114.35
7.68	116.20
6.58	116.20
5.49	116.20
4.39	116.20
3.29	116.20
2.19	116.20
1.1	116.20
0	116.20

Fuente: Elaboración propia

Tabla 94. Especificaciones Técnicas de Geosintéticos

SISTEMA DE CONFINAMIENTO CELULAR - GEOCELDA "MacWeb P 3915.3"		GEOMANTA ANTIEROSIVA REFORZADA "MacMat R3 004"		BIOMANTA "BIOMAC CC 400"		MALLA HEXAGONAL DE DOBLE TORSION CON REVESTIMIENTO GALMAC 4R Y POLIMERO "MAC.RO SYSTEM - MACMAT HS - GALMAC 4R Y POLIMERO"		HIDROSIEMBRA	
Densidad	≥0,94 g/cm ³	Resistencia a la tracción longitudinal	≥4 kN/m	Resistencia a la tracción-longitudinal	3,79kN/m	Tensión de rotura del cable de acero	1770 Mpa	Mulch de madera térmicamente tratada Eco fibra	100 g/m ²
Espesor antes de la textura	1,1 mm	Elongación a la rotura longitudinal	≤30%	Elongación-longitudinal	20%	Tensión de rotura de los alambres de la malla	380 A 500MPa - Clase A	Estabilizante orgánico Stable Plus	10 g/m ²
Espesor después de la textura	1,5mm	Resistencia a la tracción transversal	≥3 kN/m	Resistencia a la tracción-transversal	2,55kN/m	Elongación en la rotura de los alambres de la malla	13%-Clase A	Fertilizante de lenta liberación Azolon	20 g/m ²
Espaciamiento entre la soldadura	711 mm	Elongación a la rotura transversal	≤30%	Elongación-transversal	20%	Indice de vacios	>90%	Acidos humicos-fulvicos Humipro	10 cc/m ²
Profundidad de la celda	150 mm	Resistencia al rasgado longitudinal	5±2Kg f	Absorción de agua	199%	Peso específico del polimero	900 kg/m ³	Semillas de revegetación	25 g/m ²
Dimension de la celda	508*475m m	Resistencia al rasgado transversal	5±2Kg f	BIOMANTA		Dureza	50 a 60 ahora D	HIDROSIEMBRA	
GEOCELDA * Materiales sintéticos * Son colocadas en donde halla material suelto * Evitan deslizamientos en pendientes suaves y pronunciadas		GEOMANTA		* Revestimientos naturales		Resistencia a la tracción	20.6MPa	HIDROSIEMBRA *Controla y previene la erosión y meteorización de terraplenes *Estabiliza el terreno sobre todo en elevadas pendientes o terrenos	
		* Suelos finos sin cohesión		* A los pocos meses desaparece por completo		Modulo de Elasticidad	18.6MPa		
		* Producida con filamentos de nylon				CONCRETO LANZADO			
		* Confina partículas				* Resistencia a la compresión f'c=210 kg/cm ²			
* Se puede recurrir al hidrosembado						*Espesor			

*Taludes mayores a 45° y granulometría fina debe llevar una red de malla hexagonal de doble torsión

de 3 - 5 cms
conformados (arenas-limosas o limos-arenosos)
*Pueden ser de hasta 90°
*El talud debe estar geotécnicamente estables
*Capa exclusiva para evitar la erosión

*Taludes pobres
*Mezcla de semillas, abono, estabilizador y mulch
*Las fibras de mulch retienen hasta 10 veces su peso en agua
*Mayor capacidad para llegar a áreas con pendiente critica.

Fuente: Elaboración propia

Tabla 95. APU Sistema Soil Nailing

Rend.	10 m3	SOIL NAILING				
ITEM	DESCRIPCION	UND.	CUADRILLA	METRADO	PRECIO S/.	PARCIAL S/.
1.01	OBRAS PROVISIONALES					
01.01.01	OFICINAS, GUARDIANIA Y ALMACEN DE OBRA	m2		40.00	88.31	3,532.40
01.01.02	MOVILIZACION Y DESMOVILIZACION DE MATERIALES, EQUIPO Y HERRAMIENTAS	GLB		1.00	4,210.79	4,210.79
01.01.03	CARTEL DE IDENTIFICACION DE LA OBRA DE 3.60x2.40m	UND.		1.00	3,948.60	3,948.60
01.01.04	CERCO C/TRIPLAY DE 2.5m ALTURA PARA LIMITE DE SEGURIDAD DE OBRA	m		500.00	88.7	44,350.00
01.01.05	MANTENIMIENTO DE TRANSITO	est		1.00	4,521.30	4,521.30
1.02	TRABAJOS PRELIMINARES					
0.1.02.01	TRAZO, NIVELACION Y REPLANTEO	m2	0.08	23265.00	3.51	6,532.81
1.03	MOVIMIENTO DE TIERRAS					
01.03.01	EXCAVACION C/MAQUINARIA MATERIAL SUELTO	m3		0.8	11.89	9.51
01.03.02	ELIMINACION DE MATERIAL EXCEDENTE HASTA DM=1km	m3		0.8	21.49	17.19
1.04	SOIL NAILING					
01.04.01	SHOCRETE E=20cm	m3	0.8	1904.00	776.00	1,182,003.20
01.04.02	PERFORACION Y NAILS (Longitud L=9m)	m	0.8	9520.00	609.35	4,640,809.60
1.05	MANO DE OBRA					
01.05.01	OFICIAL	hh	6.00	4.8	26.83	772.70
01.05.02	PEON	hh	2.00	1.6	15.16	48.51
COSTO DIRECTO						5,890,756.62
GG + Utilidad (10%):						589,075.66
Subtotal S/. :						6,479,832.28
IGV (18%) S/. :						1,166,369.81
Total:						7,646,202.10

Fuente: Elaboración propia

Tabla 96. APU Hidrosiembra

Rend	10 m3	HIDROSEMBRADORA				
ITEM	DESCRIPCION	UND.	METRADO	CUADRILLA	PRECIO	PARCIAL
2.01	PERSONAL					
02.01.01	TOPOGRAFO	HH	0.8	1.00	22.10	17.68
02.01.02	PEON	HH	0.8	1.00	13.00	13.00
2.02	MATERIALES					
02.02.01	CAL HIDRATADA (30KG)	BL	0.3		30.00	9.00
2.03	EQUIPO					
02.03.01	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO				0.92
02.03.02	ESTACION TOTAL	HM	0.8	1.00	15.00	12.00
	EXCAVACION CON MATERIAL					
3.01	PERSONAL					
03.01.02	OFICIAL	HH	2.4	3.00	14.40	103.68
03.01.03	PEON	HH	4.00	5.00	13.00	260.00
3.02	EQUIPO					
03.02.01	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO				10.91
	EXCAVADORA SOBRE ORUGAS CAT					
03.02.02	320D	HM	0.8	1	163.6	130.88
	TRANSPORTE DE MATERIAL					
4.01	PERSONAL					
04.01.01	OPERARIO	HH	0.8	1.00	22.10	22.10
04.01.03	PEON	HH	1.6	2.00	13.00	26.00
4.02	EQUIPO					
04.02.01	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO				1.44
04.02.02	VOLQUETE 10m3	HM	0.8	1.00	146.80	117.44
04.02.03	MINICARGADOR HYUNDAI 220	HM	0.8	1.00	160.30	128.24
	SIEMBRA DE SEMILLAS					
5.01	PERSONAL					
05.01.01	OPERARIO	HH	2.4	3.00	22.10	159.12
05.01.02	OFICIAL	HH	2.4	3.00	14.40	103.68
5.02	MATERIALES					
05.02.01	ACIDO HUMIDO	GL	2326.5		96.30	224,041.95
05.02.02	ESTABILIZANTE STABLE PLUS	KG	2326.5		84.60	196,821.90

05.02.03	ABONO MINERAL 15-15-15	BL	9306.00	103.20	960,379.20		
05.02.04	COLORANTE GREENSEED	BL	9306.00	35.60	331,293.60		
05.02.05	MULCH	BL	9306.00	126.20	1,174,417.20		
05.02.06	SEMILLAS	BL	9306.00	55.80	519,274.80		
5.03	EQUIPO						
05.03.01	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO			7.88		
05.03.02	HIDROSEMBRADORA T120	HM	0.80	355.60	284.48		
05.03.03	AGUA	m3	50.00	27.95		1397.5	
					COSTO DIRECTO	3,409,739.87	
					GG + Utilidad (10%):	340,973.99	
					Subtotal S/. :	3,750,713.85	
					IGV (18%) S/. :	675,128.49	
					Total:	4,425,842.35	

Fuente: Elaboración propia

Tabla 97. APU Geocelda

RENDIMIENTO		11 m3		GEOCELDAS		
ITEM	DESCRIPCION	UNID	CUADRILLA	METRADO	PRECIO S/.	PARCIAL S/.
6.01	MANO DE OBRA					
06.01.01	OPERARIO	hh	3.00	2.18	14.17	92.75
06.01.02	OFICIAL	hh	3.00	2.18	11.51	75.34
06.01.03	PEON	hh	1.00	0.73	10.97	7.98
06.01.04	OPERADOR DE EQUIPO PESADO	hh	1.00	0.73	14.17	10.31
6.02	MATERIALES					
06.02.01	GEOCELDA	m2		23265.00	24.24	563,943.60
06.02.02	PETROLEO DIESSEL #2	gal		15.00	18.20	272.94
06.02.03	ANCLAJE PARA LAS GEOCELDAS			200.00	15.00	3,000.00
6.03	EQUIPOS					
06.03.01	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO				5.59
06.03.03	Grapadora neumatica	hm	1.00	50.00	11.00	550.00
6.04	SUBPARTIDAS					
06.04.01	AGUA PARA OBRA	m3		50	27.95	1,397.50
COSTO DIRECTO						569,356.00
GG + Utilidad (10%):						56,935.60
Subtotal S/. :						626,291.60
IGV (18%) S/. :						112,732.49
Total:						739,024.09

Fuente Elaboracion propia

Tabla 98. APU Concreto Lanzado

RENDIMIENTO	10 m3	UNID	CUADRILLA	CONCRETO LANZADO		
				METRADO	PRECIO S/.	PARCIAL S/.
7.01	MATERIALES					
07.01.01	MALLA ELECTROSOLDADA	m2		23265.00	43	1,000,395.00
07.01.02	ALAMABRE #16	kg		100.00	6.00	600.00
7.02	MANO DE OBRA					
07.02.01	OPERARIO	hh	3	2.40	14.17	102.02
07.02.02	OFICIAL	hh	3	2.40	11.51	82.87
07.02.03	PEON	hh	2	1.60	10.97	35.10
7.03	EQUIPO Y HERRAMIENTA					220.00
07.03.01	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO				6.60
07.03.02	BOMBA PARA LANZADO DE CONCRETO DE 50 HP MOTOR DIESEL	hm	0.3	2326.50	400.00	279,180.00
07.03.03	MANIPULADOR TELESCOPICO DE ALTO ALCANCE, PESO:10,251 KG, MOTOR:74 HP DIESEL KW, ALTURA DE TRABAJO: H:13.36-V:9.14(M), CAPACIDAD DE CARGA:3,629 KG, LLANTAS:	hm	0.3	2326.50	350.00	244,282.50
07.03.04	AGUA PARA OBRA	m3		50	27.95	1,397.50
	COMPRESOR DE AIRE 3.5 HP	hm	0.3	2326.50	151.00	105,390.45
07.03.06	SHOCRETE E=0.20 f'c=240	m3		2326.50	871.00	2,026,381.50
				COSTO DIRECTO		3,658,073.55
				GG + Utilidad (10%):		365,807.36
				Subtotal S/. :		4,023,880.91
				IGV (18%) S/. :		724,298.56
				Total:		4,748,179.47

Fuente: Elaboración propia

Tabla 99. APU Geomanta

RENDIMIENTO	10 m3	Mo					
ITEM	DESCRIPCION	UNID	CUADRILLA	METRADO	PRECIO S/.	PARCIAL S/.	
8.01	MANO DE OBRA						
08.01.01	OPERARIO	hh	4.00	3.20	14.17	181.38	
08.01.02	OFICIAL	hh	3.00	2.40	11.51	82.87	
08.01.03	PEON	hh	4.00	3.20	10.97	140.42	
8.02	MATERIALES						
08.02.01	GEOMANTA DE POLIPROPILENO	m2		23265.00	20.00	465,300.00	
08.02.02	ANCLAJE			200.00	15.00	3,000.00	
8.03	EQUIPOS						
08.03.01	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO				12.14	
8.04	SUBPARTIDAS						
08.04.01	AGUA PARA OBRA	m3		50.00	27.95	1,397.50	
				COSTO DIRECTO		470,114.30	
				GG + Utilidad (10%):		47,011.43	
				Subtotal S/. :		517,125.73	
				IGV (18%) S/. :		93,082.63	
				Total:		610,208.37	

Fuente: Elaboración propia

Tabla 100. APU Biomanta

RENDIMIENTO	10 m3					
ITEM	DESCRIPCION	UNID	CUADRILLA	METRADO	PRECIO S/.	PARCIAL S/.
9.01	MANO DE OBRA					
09.01.01	OPERARIO	hh	4.00	3.20	14.17	181.38
09.01.02	OFICIAL	hh	3.00	2.40	11.51	82.87
09.01.03	PEON	hh	4.00	3.20	10.97	140.42
9.02	MATERIALES					
09.02.01	BIOMANTA	m2		23265.00	10.00	232,650.00
09.02.02	ANCLAJE			200.00	15.00	3,000.00
9.03	EQUIPOS					
	HERRAMIENTAS					
09.03.01	MANUALES	%MO				12.14
09.03.05	SUBPARTIDAS					
09.03.06	AGUA PARA OBRA	m3		50.00	27.95	1,397.50
				COSTO DIRECTO		237,868.97
				GG + Utilidad (10%):		23,786.90
				Subtotal S/. :		261,655.86
				IGV (18%) S/. :		47,098.06
				Total:		308,753.92

Fuente: Elaboración propia

5.7 Contratación de hipótesis

El análisis y desarrollo de las hipótesis (H1, H2, H3), con el sistema soil nailing cumplen con los factores de seguridad mínimos requeridos según la Norma E .050 Suelos y Cimentaciones, por lo tanto, se cumple con la hipótesis general.

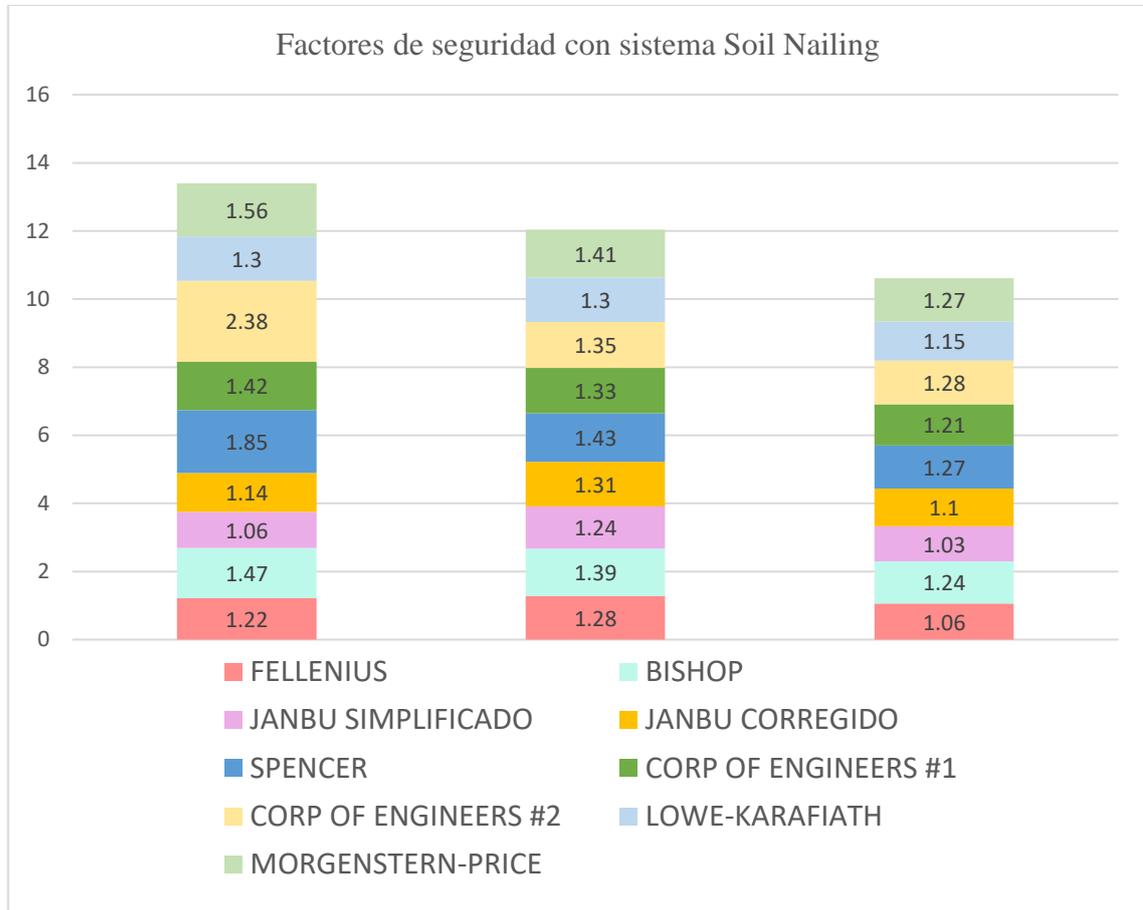


Figura 74 : Factores de seguridad con sistema soil nailing
Fuente: Elaboracion propia

5.7.1. Contratación de hipótesis específica 1

H1-1 Al determinar la resistencia del anclaje se evaluará con el manual del sistema soil nailing la potencia necesaria.

H0-1 Al determinar la resistencia del anclaje no se evaluará con el manual del sistema soil nailing la potencia necesaria.

Por lo tanto, se valida la hipótesis específica H1-1 y se desecha la hipótesis nula H0-1.

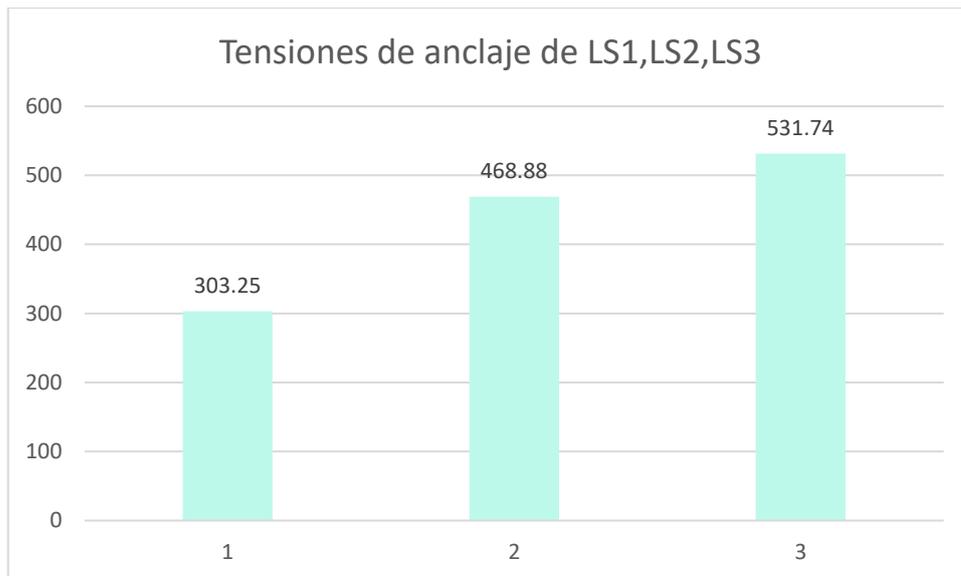


Figura 75: Tensiones de anclaje de LS1, LS2, LS3

Fuente: Elaboración propia

5.7.2. Contrastación de hipótesis específica 2

H2-1 Al determinar el revestimiento óptimo se evaluará la estabilidad del talud en conjunto con el sistema soil nailing.

H0-2 Al no determinar el revestimiento óptimo se evaluará la estabilidad del talud en conjunto con el sistema soil nailing.

Por lo tanto, se valida la hipótesis específica H2-1 y se desecha la hipótesis nula H0-2.

5.7.3. Contrastación de hipótesis específica 3

H3-1 Al determinar el presupuesto del sistema de soil nailing y sus revestimientos se ejecutará el proyecto de estabilización del talud.

H0-3 Al no determinar el presupuesto del sistema soil nailing y sus revestimientos no se ejecutará el proyecto de estabilización del talud.

Por lo tanto, se valida la hipótesis H3-1 y se descarta la hipótesis nula H0-3.

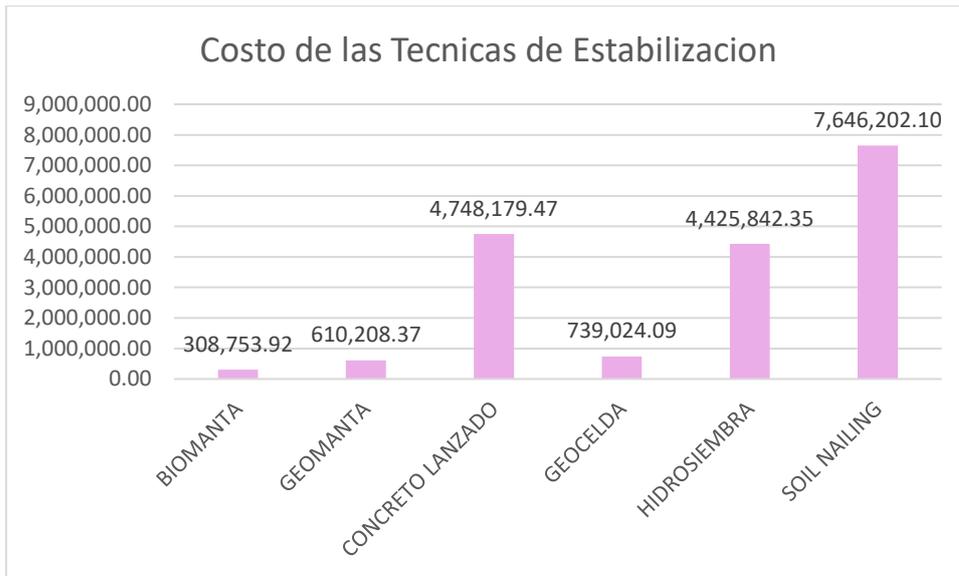


Figura 76: Costo de las Técnicas de Estabilización
 Fuente: Elaboracion propia

DISCUSION DE RESULTADOS

En el presente estudio se discuten los resultados del uso del sistema soil nailing y sus revestimientos para la estabilización del talud.

En el análisis hecho con las fórmulas de manual del sistema soil nailing para la resistencia de anclaje cumple con resultados mayores a los mínimos aceptables, tanto en las longitudes de anclaje y sus valores de resistencia los cuales cumplen con la estabilización como en la tesis de Mendo, D. (2018) aplica el manual del sistema soil nailing y cumplen con los resultados mayores a los mininos aceptables.

Como resultados de la comparación de las fichas técnicas de los revestimientos se obtuvo una mejora, pero la tesis de Cabezas (2019) menciona a la hidrosiembra como un método para disminuir la erosión y de esta manera prevenir la caída de rocas y adicionalmente para potenciar la efectividad de este, se usó un geosintético (geomanta), que ayudara a mantener y proteger la semilla del suelo y en nuestro caso se concuerda que el revestimiento a usar sea el de la Hidrosiembra

Del análisis de precios unitarios realizados tenemos que el sistema soil nailing y el revestimiento es aceptable para el proyecto tanto como en la investigación de Solier, R., Vento, L. (2021) realizo el presupuesto del sistema soil nailing el cual arroja S/.12,477,565.32.

CONCLUSIONES

1. El sistema soil nailing con un sismo de aceleración máxima de 0.41 g. cumple con la norma E .050 Suelos y Cimentaciones, de sus factores de seguridad en condición pseudodinámica deben ser mayores a 1.25 y se encuentran con valores de 1.56, 1.41, 1.27 con el método de Morgenstern-Price (Tablas 15,42 y 70).
2. A través del uso del manual del sistema soil nailing de la FHWA que trabaja con anclajes pasivos pudo demostrarse la resistencia del anclaje en cada caso y sus valores son de 303.25 kN, 468.88 kN, 531.74 kN (Figura 54,62 y 70), teniendo resultados mayores a los valores mínimos y de igual manera nos determinó la longitud de los anclajes de 9m.
3. El mejor revestimiento según las especificaciones técnicas sería el del método de Hidrosiembra debido que tiene una mayor capacidad para llegar a áreas con pendientes críticas, su revegetación es de manera rápida, cubre grandes áreas, menor mano de obra y sobre todo cumple con ser una solución paisajista a su vez.
4. El presupuesto que se maneja para el sistema soil nailing es de S/.7,646,202.10 siendo este la base de nuestra estabilización de taludes, que en conjunto con el revestimiento de la Hidrosiembra con un presupuesto de S/.4,425,842.35 es el que mejor se ajusta al presupuesto debido a que los demás geosintéticos tienen que ir en combinación con la Hidrosiembra y saldría más costoso.

RECOMENDACIONES

1. Realizar el estudio en el programa Slide 6.0 del Sistema Soil Nailing con un análisis determinístico debido a que esos valores son más exactos en relación al sismo ya que es la causa principal de nuestra inestabilidad del talud, los revestimientos a su vez deberían de poder cumplir lo mismo que el sistema Soil Nailing.
2. Se recomienda a futuras investigaciones realizar un estudio a detalle de las fórmulas del manual del Sistema Soil Nailing FHWA en español y que se pueda realizar una comparativa entre distintas distancias de los espaciamientos de anclajes para tener diferentes alternativas de construcción.
3. Se sugiere que se continúe con análisis de diferentes revestimientos para que estos puedan ser estudiados en el programa Edesign Maccaferri, para que los revestimientos se comparen en función a los Factores de Seguridad para tener un valor más exacto al momento de poder elegir alguno de ellos y puedan ser analizados en conjunto en el programa Slide 6.0.
4. Sugerir a los futuros investigadores que se haga un estudio a profundidad de todos los ítems que sean usados para los Análisis de Precios Unitarios en relación a las técnicas de mitigación a fin de tener diferentes alternativas en relación al presupuesto.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alcántara., Garagorri, D., Lizárraga, W., Ramos., (2021) *Análisis de estabilidad de un talud crítico de la costa verde en el distrito de San Miguel* (tesis de pregrado). Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima, Perú.
- Bruce M., Beaudet P., Marc J., Benoit B. (2022) *Experimental study on the effect of key mix design parameters on shrinkage and cracking resistance of dry-mix shotcrete*. Recuperado de: 10.1016/j.conbuildmat.2021.126216
- Cabrera Minauro, R. J., Escalante Regalado, H. M. (2020). *Mitigación del riesgo y vulnerabilidad sísmica ante eventos por deslizamiento de taludes*.
- Copello Muñante, V. G. (2015). *Propuesta de remediación del talud de la Costa Verde, (tramo Barranco) mediante la técnica de hidrosiembra*.
- Cornejo Monago, J. M. (2020). *Concreto lanzado para optimizar el sostenimiento y costos operativos en una excavación minera subterránea, Yauli2-Oroya*.
- García O. (2020) *La historia de la Costa Verde y de la ciudad que conquistó su mar. El Comercio,09H33*.
- Kulczykowski, M. Przewłócki, J. Konarzewska, B. (2017) *Application of Soil Nailing Technique for Protection and Preservation Historical Buildings* IOP Conf. Ser.: Mater. Sci. Eng. 245 022055. doi:10.1088/1757-899X/245/2/022055
- Lehn, J., Biczók, E. y Roduner, A. (2021) *Investigations on load-bearing behavior of soil nailing combined with flexible facing for slope stabilization* IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci. 710 012027. doi:10.1088/1755-1315/710/1/012027
- López, L. (2019). *Estudio del comportamiento de hormigón lanzado en la estabilización de taludes, para suelos limosos con pendientes mayores a los 60 grados en el km 2+ 240 en el paso lateral del cantón Ambato provincia de Tungurahua* (Bachelor's thesis, Universidad Técnica de Ambato. Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica, Carrera de Ingeniería Civil).
- Martínez, A. *Estabilidad de los acantilados de la Costa Verde* (2001) Recuperado de, http://www.bibliotecacentral.uni.edu.pe/pdfs/BOLETINC/1,2003/art_0004.pdf
- Ministerio del Ambiente. (2021). *Evaluación geofísica de los acantilados de la Costa Verde – Distrito de San Miguel*. Recuperado de: <https://repositorio.igp.gob.pe/handle/20.500.12816/4996>
- Niño C. Rodríguez C. (2018, junio) *Métodos de análisis y diseño para la resolución*

- de problemas de taludes y excavaciones mediante técnicas de soil nailing. Revista de la Escuela Colombiana de Ingeniería. Recuperado de: <http://revistas.escuelaing.edu.co/index.php/reci/article/view/32/28>*
- Smaniotto S., Neuner M., Dumer A., Cordes T., Hofstetter G. (2022) *Experimental study of a wet mix shotcrete for primary tunnel Linings-Part I: Evolution of strength, stiffness and ductility.* Recuperado de: [10.1016/j.engfracmech.2022.108409](https://doi.org/10.1016/j.engfracmech.2022.108409)
- Suarez, J. (2017). *Métodos de Manejo y Estabilización. Obtenido de Métodos de Manejo y Estabilización.*
- Valiente R., Sobrecases S., y Díaz A. (2017) *Estabilidad de taludes: Conceptos Básicos, Parámetros de Diseño y Métodos de Cálculo*
- Ventocilla Sánchez, P. M. R. (2018). *Estudio de las características geotécnicas de los suelos residuales para la estabilidad de taludes en el cerro la campana-ruta al terminal portuario de puerto eten.*
- Yongdong X., Tingshu H., Xiaodong M., Yang R. (2022) *the research on mechanism of c-s-h nanocrystal improving early properties of shotcrete at low temperature by thermodynamic modelling.* Recuperado de: [10.1016/j.conbuildmat.2022.126738](https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2022.126738)
- Zhang, Li, Zhang, Niu (2022) *Influence of liquid accelerators on shotcrete karst area tunnels.* Recuperado de: [10.1016/j.cscm.2022.e01002](https://doi.org/10.1016/j.cscm.2022.e01002)

ANEXOS

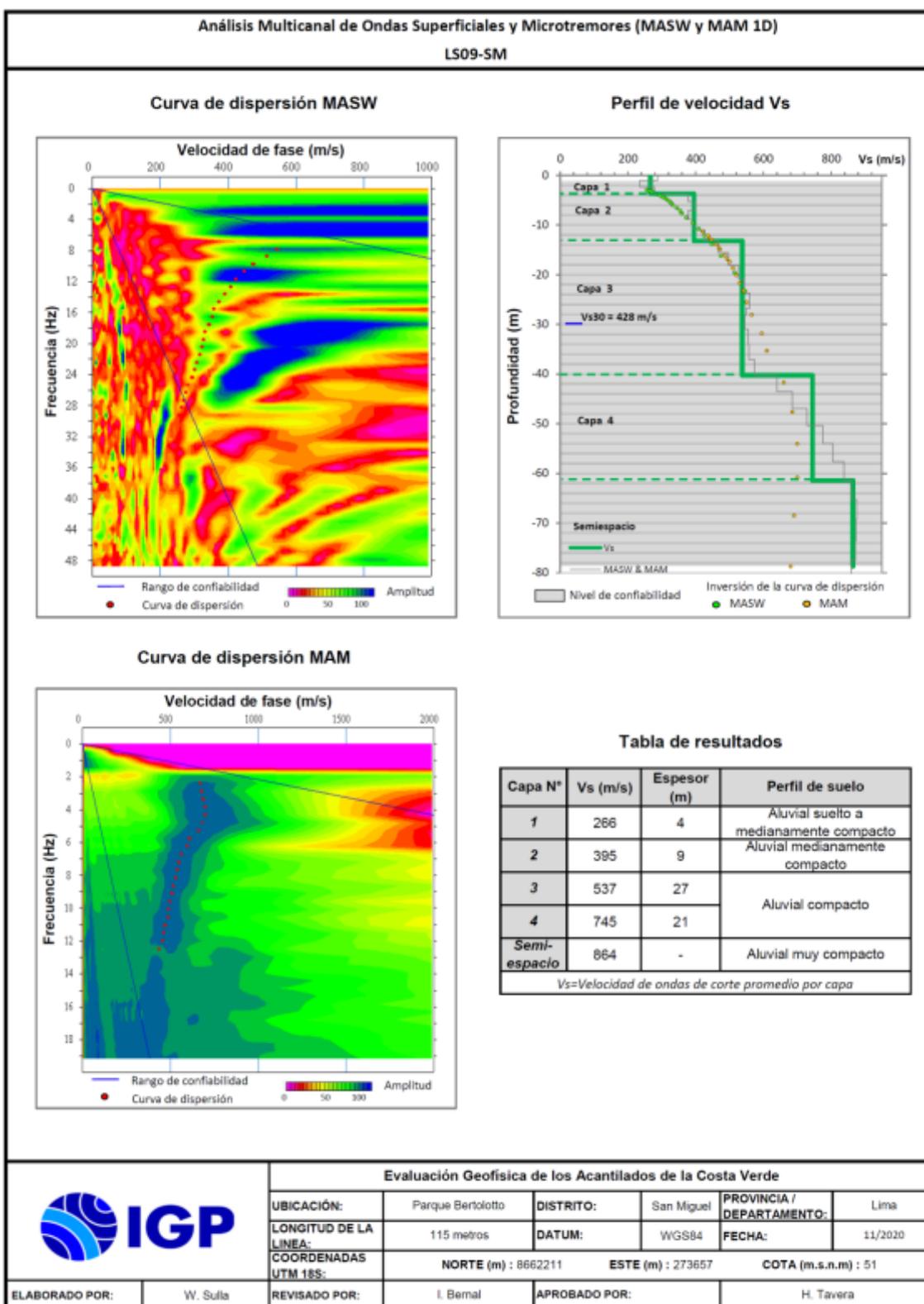
Anexo 1: Matriz de consistencia

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPOTESIS	VARIABLES	INDICADORES	TIPO Y DISEÑO	POBLACION
<p>Problema general:</p> <p>¿Cuál es el factor de seguridad para optimizar la estabilidad del talud en el acantilado de la costa verde en el distrito de San Miguel con el sistema soil nailing?</p>	<p>Objetivo general:</p> <p>Determinar el factor de seguridad para optimizar la estabilidad del talud en el acantilado en la costa verde en el distrito de San Miguel con el sistema soil nailing.</p>	<p>Hipótesis principal:</p> <p>Al determinar el factor de seguridad se optimizará la estabilización con el sistema soil nailing del talud en el acantilado de la costa verde en el distrito de San Miguel.</p>	<p>VARIABLE DEPENDIENTE</p>	<p>- Factor de seguridad</p> <p>- Derrumbes</p> <p>- Deslizamientos de tierra</p>	<p>Tipo de estudio</p> <p>Descriptivo y correlacional</p> <p>Nivel de estudio</p> <p>Descriptivo</p> <p>Enfoque de estudio</p> <p>Cuantitativo</p> <p>Diseño de estudio</p> <p>Experimental</p>	<p>Población:</p> <p>La presente investigación tiene como población el acantilado de la costa verde San Miguel</p> <p>Tamaño:</p> <p>La muestra de 500 m del acantilado de la Costa Verde, frente a la zona del Complejo Panamericano.</p>
<p>Problemas específicos:</p> <p>a. ¿Cuál es la resistencia necesaria del tipo de anclaje que se usara en el sistema soil nailing?</p> <p>b. ¿Cuál es el mejor revestimiento óptimo del talud con el sistema soil nailing?</p> <p>c. ¿Cuál es el presupuesto de la ejecución de estabilización del talud con el sistema soil nailing y los revestimientos?</p>	<p>Objetivos específicos:</p> <p>a) Determinar la resistencia necesaria para el anclaje con el sistema soil nailing.</p> <p>b) Determinar el mejor revestimiento óptimo para el talud con el sistema soil nailing.</p> <p>c) Determinar el presupuesto de la ejecución de estabilización para un talud con el sistema soil</p>	<p>Hipótesis específicas:</p> <p>a. Al determinar la resistencia del anclaje se evaluará con el Manual del sistema soil nailing la potencia necesaria.</p> <p>b. Al determinar el revestimiento óptimo se evaluará la estabilidad del talud en conjunto con el sistema soil nailing.</p>	<p>Estabilización de taludes.</p>	<p>- Revestimientos</p>	<p>TECNICAS</p>	<p>INSTRUMENTOS</p> <p>- Formato de control de</p>
			<p>VARIABLE INDEPENDIENTE</p>			

	nailing y los revestimientos.	c. Al determinar el presupuesto del sistema de soil nailing y sus revestimientos se ejecutará el proyecto de estabilización del talud	Sistema soil nailing	- Resistencia de anclaje	Los instrumentos de recolección que se emplearán serán: ensayos, libros, programas (Slide) y archivos relacionados con el tema de investigación. - Recolección de datos. - Modelamiento geotécnico mediante uso de Slide v6.0.	calidad de Geosintéticos - Slide - Excel - Google Earth - Imágenes
--	-------------------------------	---	----------------------	--------------------------	--	--

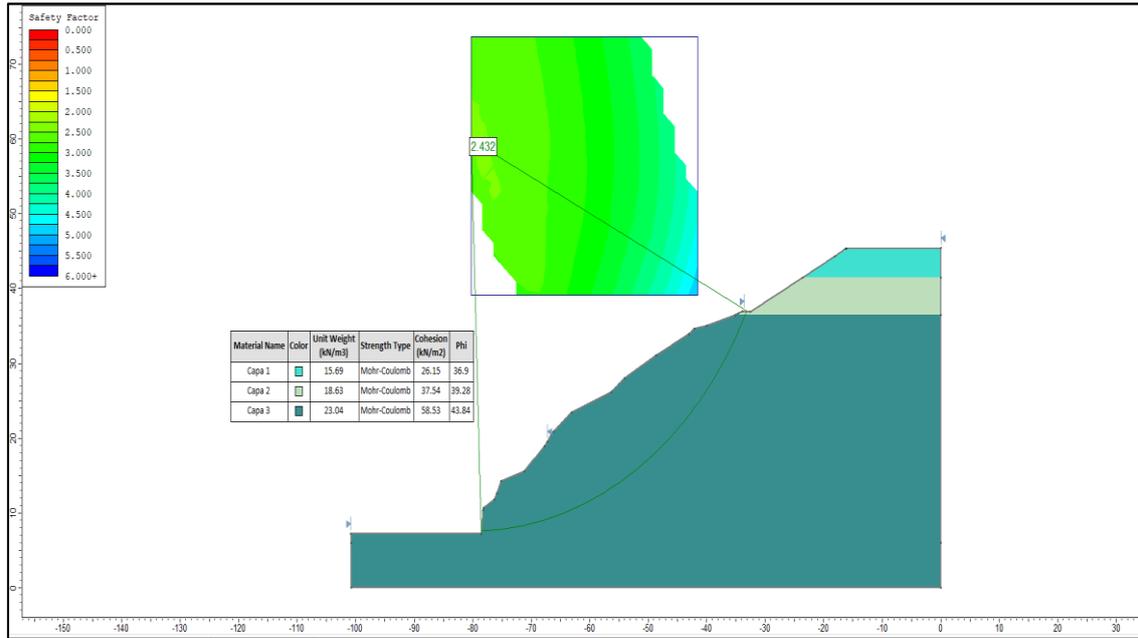
Fuente: Elaboración propia

Anexo 2: Análisis multicanal de ondas superficiales y Microtemores LS-02



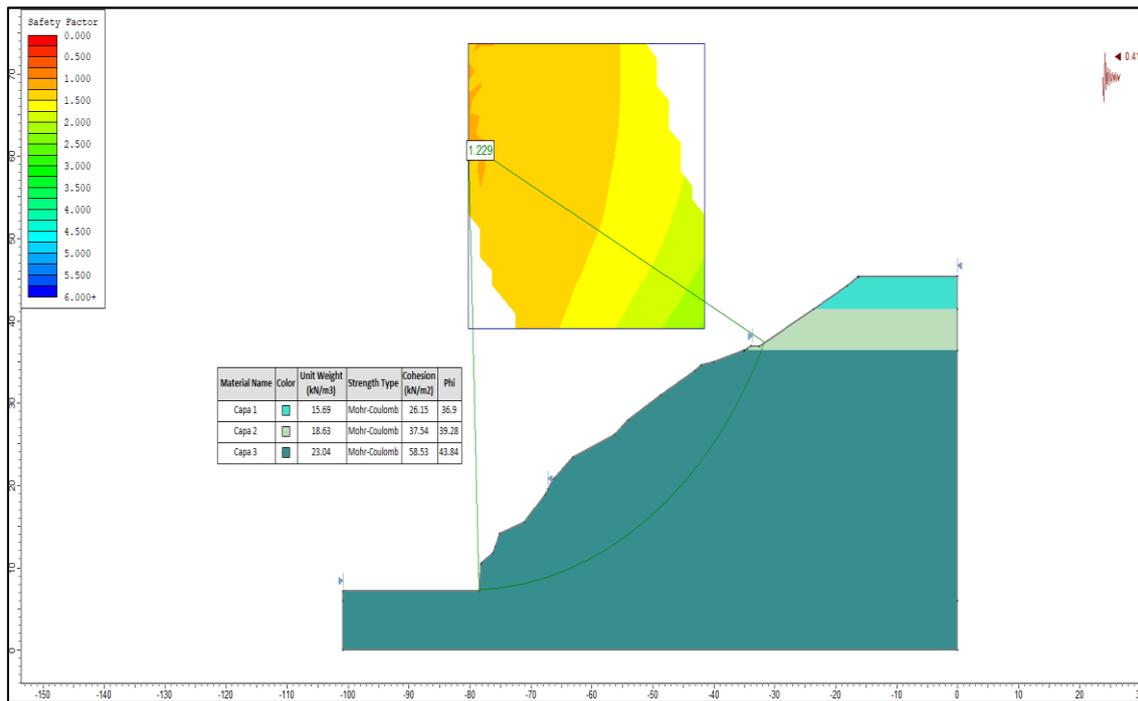
Fuente: Instituto Geofísico del Perú (2021)

Anexo 3: Perfil en condición estática Línea Sísmica LS02



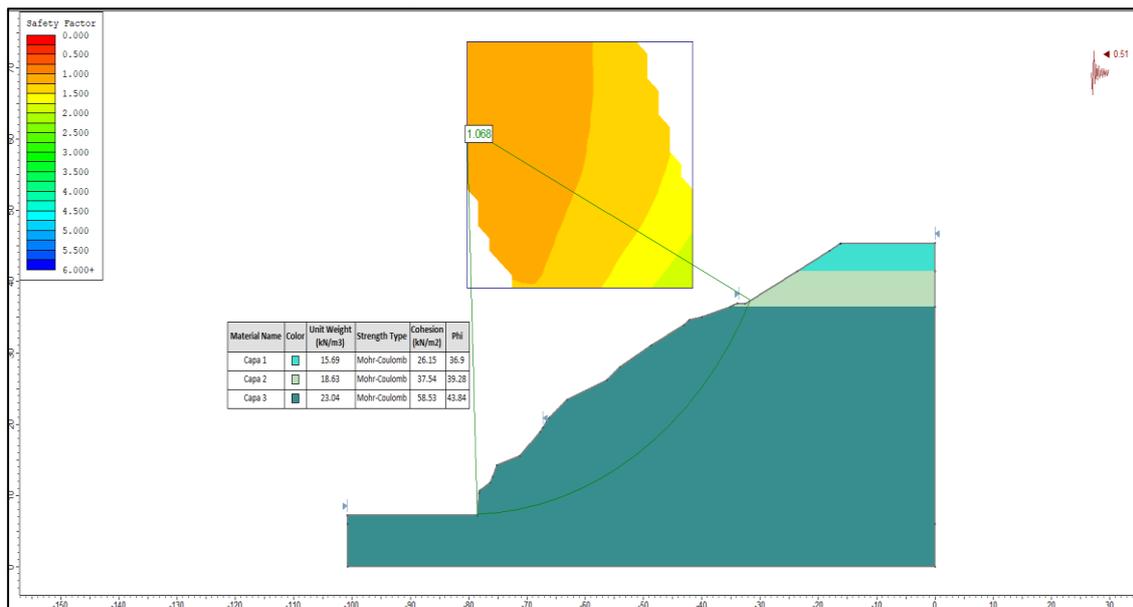
Fuente: Elaboración propia

Anexo 4: Perfil en condición pseudoestática LS02 con aceleración 0.41



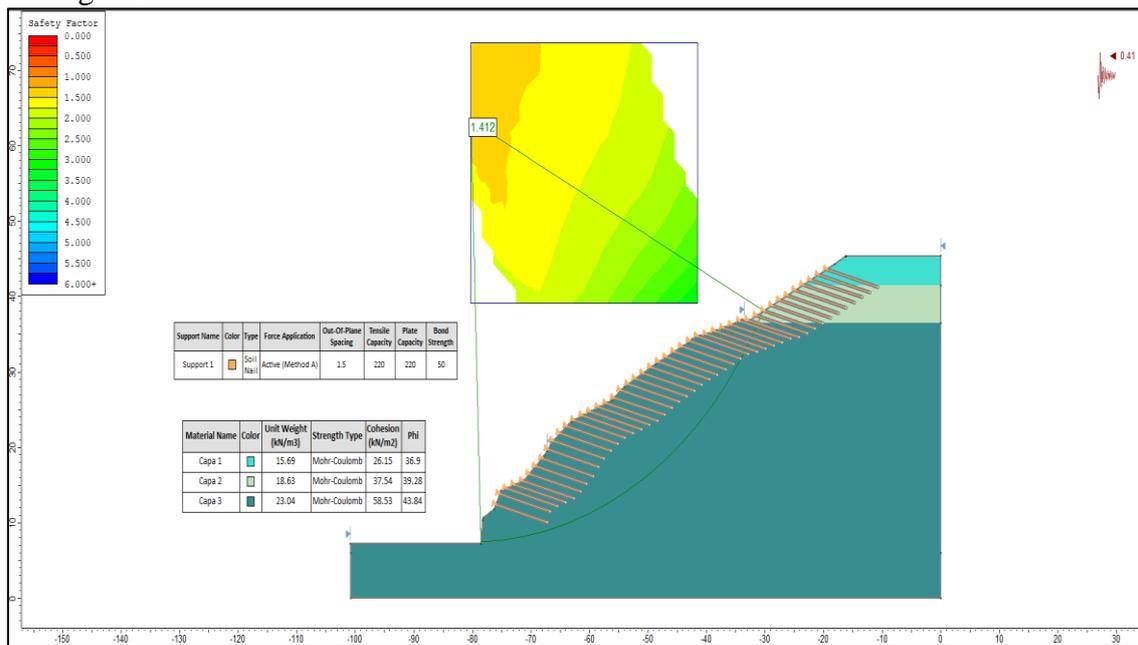
Fuente: Elaboración propia

Anexo 5: Perfil en condición pseudoestática LS02 con aceleración 0.51



Fuente : Elaboracion propia

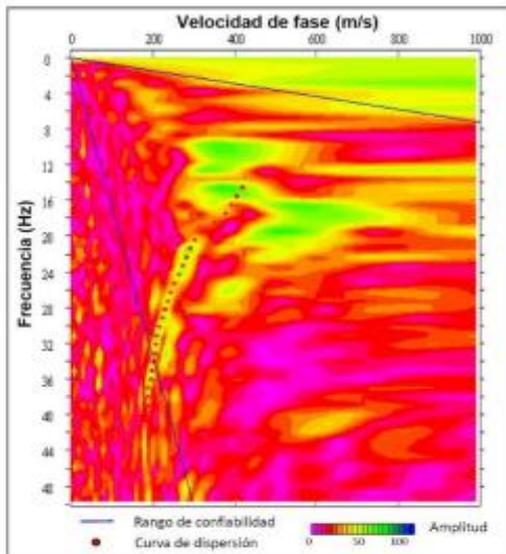
Anexo 6: Perfil en condición pseudoestática LS02 con aceleración 0.41 y sistema soil nailing L=9m



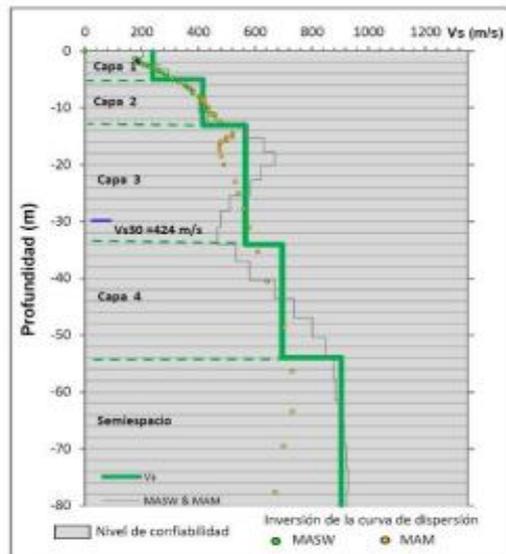
Fuente: Elaboración propia

Anexo 7: Análisis multicanal de ondas superficiales y Microtemores LS-03

Curva de dispersión MASW



Perfil de velocidad Vs



Curva de dispersión MAM

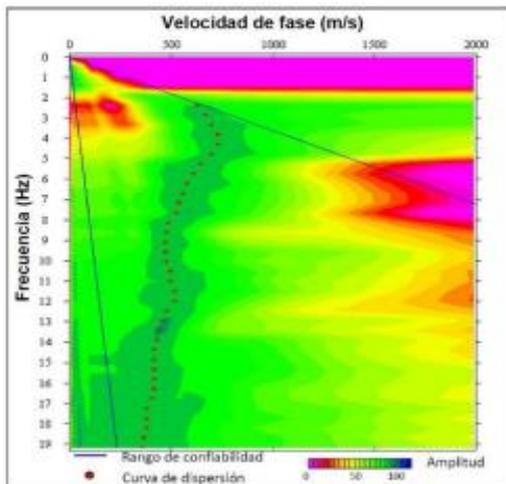


Tabla de resultados

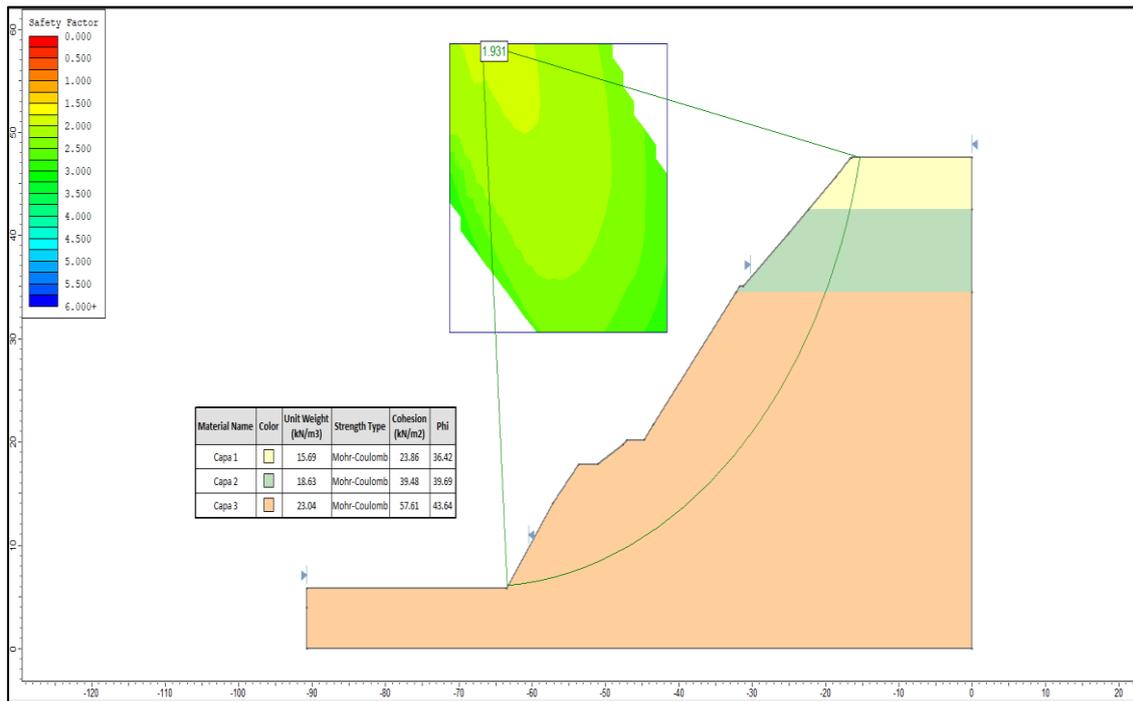
Capa N°	Vs (m/s)	Espesor (m)	Perfil de suelo
1	240	5	Aluvial suelto a medianamente compacto
2	417	8	Aluvial medianamente compacto
3	566	21	Aluvial compacto
4	695	20	Aluvial compacto
Semi-espacio	904	-	Aluvial muy compacto

Vs=Velocidad de ondas de corte promedio por capa

Evaluación Geofísica de los Acatilados de la Costa Verde, Lima						
	UBICACIÓN:	Parque Bertolotto	DISTRITO:	San Miguel	PROVINCIA / DEPARTAMENTO:	Lima
	LONGITUD DE LA LINEA:	69 metros	DATUM:	WGS84	FECHA:	08/2021
	COORDENADAS UTM 18S:	NORTE (m) : 8662287	ESTE (m) : 273556	COTA (m.s.n.m) : 51		
ELABORADO POR:	K. Pari	REVISADO POR:	I. Bernal	APROBADO POR:	H. Tavera	

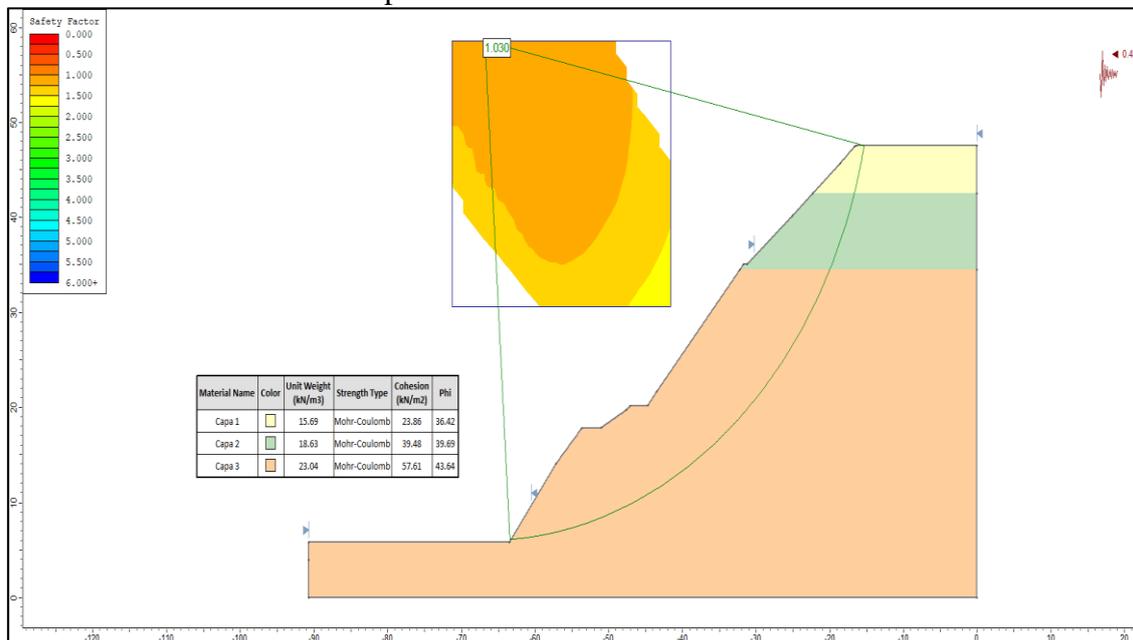
Fuente: Elaboración propia

Anexo 8: Perfil en condición estática Línea Sísmica LS03



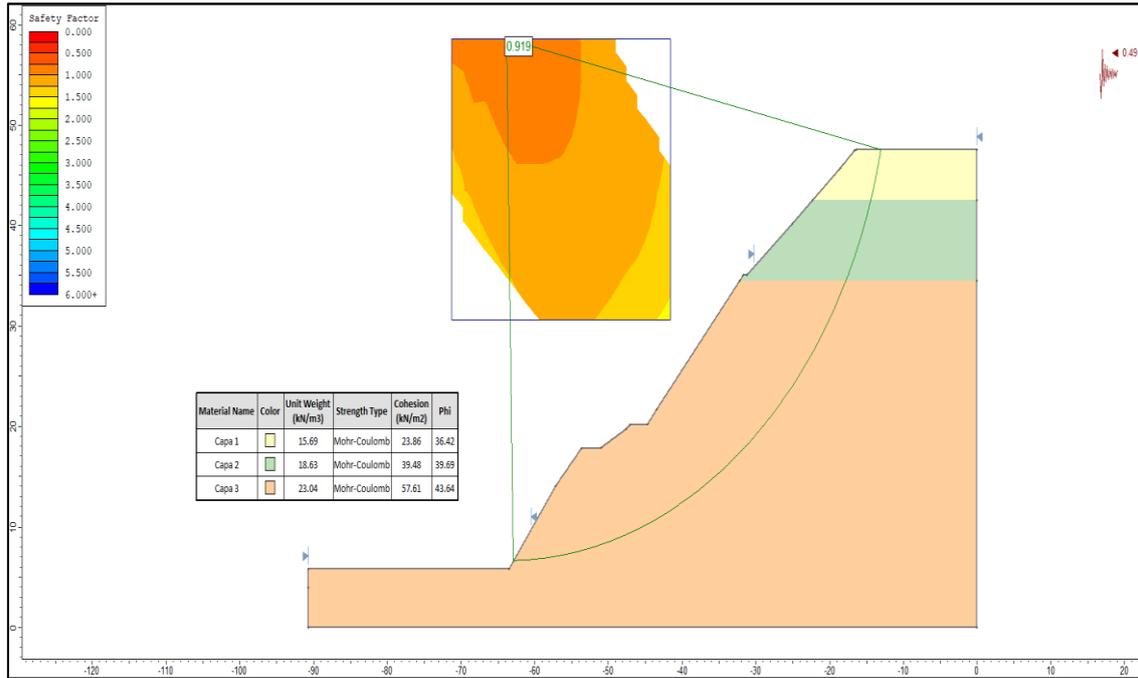
Fuente: Elaboración propia

Anexo 9: Perfil en condición pseudoestática LS03 con aceleración 0.41



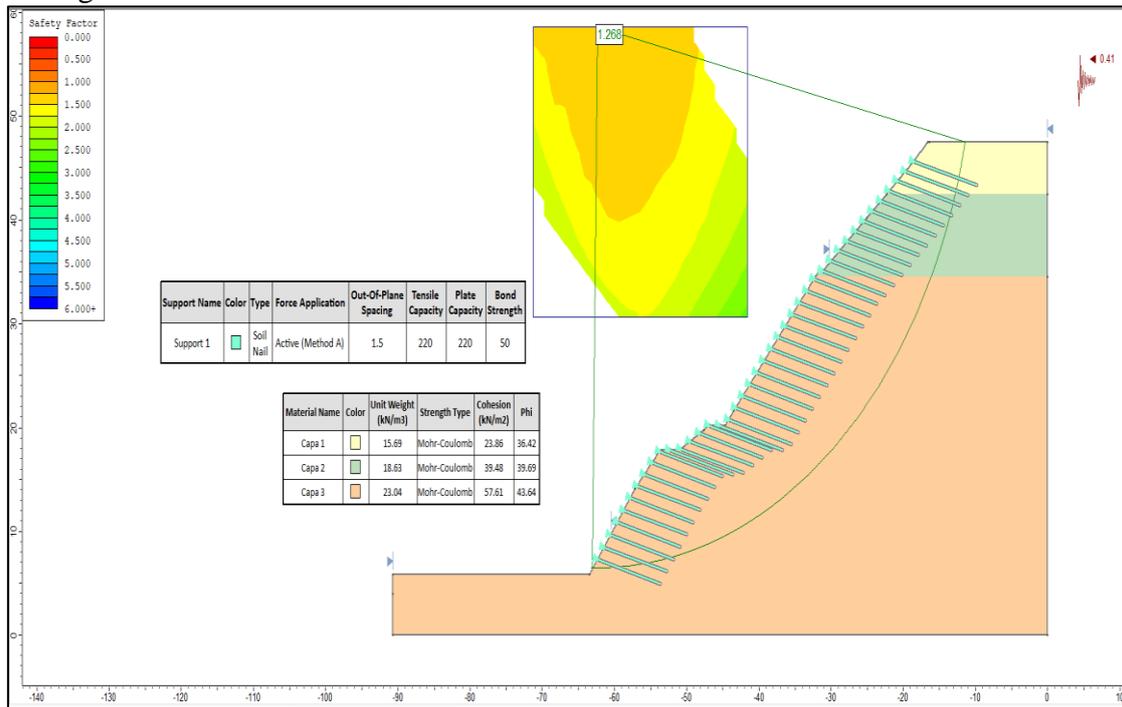
Fuente: Elaboración propia

Anexo 10: Perfil en condición pseudoestatica LS03 con aceleración 0.51



Fuente: Elaboración propia

Anexo 11: Perfil en condición pseudoestatica LS03 con aceleración 0.41 y sistema soil nailing L=9m



Fuente: Elaboración propia

MACCAFERRI

ESPECIFICACIÓN TÉCNICA

E-8.2.2-1029 - rev. 00 ; Fecha 21.01.2022

MacWeb® P 3915.3
Sistema de Confinamiento Celular - Geocelda

Características técnicas

Las geoceldas MacWeb® son producidas a partir de cintas poliméricas rígidas perforadas, conectadas lateralmente entre sí a través de soldaduras verticales y paralelas, a lo largo de su anchura. Estas soldaduras son espaciadas a lo largo de la longitud de estas cintas, formando una estructura tridimensional de confinamiento (células contiguas, con formato similar a un panal de miel) que, una vez lleno de suelo, arena, grava, hormigón o RCD (Residuo de Construcción y Demolición), generan un colchón fuerte y estable, puede ser utilizado como elemento de refuerzo para los pequeños terraplenes, base de pavimentos y, como capa de estabilización y protección a largo plazo contra la erosión, para la cara de taludes.



Propiedades de la materia prima

Polímero	HDPE - Polietileno de alta densidad
----------	-------------------------------------

Propiedades de la cinta

Contenido de negro de humo	%	ASTM D1603	≥1,5
Densidad	g/cm³	ASTM D1505	≥0,94
Espesor antes de la textura	mm	ASTM D5199	1,1
Espesor después de la textura	mm	ASTM D5199	1,5
Resistencia en la soldadura	N	-	2130
Espaciamento entre la soldadura	mm	-	711

Propiedades de la celda

Profundidad de la celda	mm	150
Dimensión de la celda	mm	508x475

Propiedades del panel

Dimensión del panel	m	2,56 x 13,72
Area del panel	m²	35,12 (±1%)

MACCAFERRI
AMERICA LATINA

Maccaferri se reserva el derecho de revisar estas especificaciones en cualquier momento, de acuerdo con las características de los productos fabricados.

www.maccaferri.com/br

Sistema de Gestión de Calidad ISO 9001
Certificado de Conformidad con la Norma ISO 9001

Fuente: Maccaferri

MACCAFERRI

ESPECIFICACIÓN TÉCNICA
E-8.2.2-636 - rev. 03 ; Fecha 13.02.2020

MacMat® R3 004
GEOMANTA ANTIEROSIVA REFORZADA

Características técnicas

MacMat® R3 004 es una geomanta antierosiva reforzada, fabricada a partir de filamentos poliméricos fundidos en todos los puntos de contacto. Presenta elevada flexibilidad, es tridimensional, presentando más de 90% de vacíos. Fue especialmente desarrollada para el control de la erosión superficial en taludes y cursos de agua.



Propiedades físicas de la geomanta reforzada

Espesor nominal	mm	ASTM D5199	8
Gramaje	g/m ²	ASTM D5261	≥400
Índice de vacíos	%		>90
Color ⁽¹⁾			Verde
Polímero predominante			Polietileno
Temperatura de fragilidad del polímero predominante	°C	ASTM D746	-35
Resistencia UV do polímero predominante		ASTM D4355	Estabilizado

Propiedades mecánicas de la geomanta reforzada

Resistencia a la tracción longitudinal	kN/m	ASTM D4595	≥4
Elongación a la rotura longitudinal	%	ASTM D4595	≤30
Resistencia a la tracción transversal	kN/m	ASTM D4595	≥3
Elongación a la rotura transversal	%	ASTM D4595	≤30
Resistencia al rasgado longitudinal	Kgf	DIN 53.363	5±2
Resistencia al rasgado transversal	Kgf	DIN 53.363	5±2

Presentación: en rollos

Ancho	m	2
Largo	m	50
Área	m ²	100
Diámetro promedio	m	0,68
Peso	kg	40

⁽¹⁾ Colores negro y marrón disponibles mediante consulta y solicitud previa.

Los valores listados anteriormente corresponden a una media de resultados encontrados en ensayos realizados en laboratorios. La falta de cuidado en la manipulación, almacenamiento y transporte, pueden cambiar algunos de estos resultados.

MACCAFERRI
AMERICA LATINA

Maccaferri se reserva el derecho de revisar estas especificaciones en cualquier momento, de acuerdo con las características de los productos fabricados.
www.maccaferri.com/br

Sistema de Gestión de Calidad ISO
Certificado de Conformidad con la Norma ISO 9001 **9001**

Fuente: Maccaferri

MACCAFERRI

ESPECIFICACIÓN TÉCNICA
E-8.2.2-356 - rev. 02 ; Fecha 22.07.2019

BIOMAC® CC 400
BIOMANTA

Características técnicas

BioMac® CC 400 es una biomanta producida con fibra de coco contenida entre dos finas redes de polipropileno fotodegradable entrelazadas entre sí. Generalmente es usada como protección superficial de taludes contra la erosión. Las fibras de coco, al descomponerse, se transforman en una camada de material fértil que favorece el crecimiento de la vegetación.

Propiedades físicas⁽¹⁾

Gramaje	g/m ²	ASTM D6475	436,7
Espesor	mm	ASTM D6525	6,6
Penetración de luz	%	ASTM D6567	16

Propiedades mecánicas⁽¹⁾

Resistencia a la tracción - longitudinal	kN/m	ASTM D6818	3,79
Elongación - longitudinal	%	ASTM D6818	20
Resistencia a la tracción - transversal	kN/m	ASTM D6818	2,55
Elongación - transversal	%	ASTM D6818	20

Propiedades hidráulicas⁽¹⁾

Absorción de agua	%	ASTM D1117	199
-------------------	---	------------	-----

Presentación del rollo

Ancho	m	2,28
Largo	m	36,58
Área	m ²	83,6
Peso	kg	36,5

⁽¹⁾ Puede ser diferente dependiendo de la variación de la materia prima.

MACCAFERRI
AMERICA LATINA

Maccaferri se reserva el derecho de revisar estas especificaciones en cualquier momento, de acuerdo con las características de los productos fabricados.

www.maccaferri.com/br

Sistema de Gestión de Calidad ISO
Certificado de Conformidad con la Norma ISO 9001 **9001**

Fuente: Maccaferri

Anexo 15: Especificación Técnica Malla Hexagonal Doble Torsión con Revestimiento Galmac 4R y Polímero

MACCAFERRI

ESPECIFICACIÓN TÉCNICA

E-8.2.2-774 - rev. 01 ; Fecha 18.06.2020

MACMAT[®] R1 - GALMAC[®] 4R-P

EN MALLA HEXAGONAL DE DOBLE TORSIÓN CON REVESTIMIENTO GALMAC[®] 4R Y POLÍMERO

Características técnicas

El MacMat[®] R1 - GalMac[®] 4R-P de Maccaferri, es un geocompuesto formado por la asociación de una geomanta flexible, tridimensional, que presenta más de 90% de vacíos, fabricada a partir de filamentos gruesos de polipropileno fundidos en todos los puntos de contacto y, un refuerzo metálico confeccionado con malla hexagonal de doble torsión, producida con alambres de acero de bajo contenido de carbono, con aleación GalMac[®] 4R y adicionalmente recubierto con polímero especialmente desarrollado para obras de ingeniería.

La asociación de la geomanta y el refuerzo metálico, constituyendo un geocompuesto, permite que estos elementos trabajen juntos, confiriendo a la solución características de elevada capacidad anti-erosiva, con óptima resistencia a la tracción. Por esta razón, es indicada, para situaciones en las que existan taludes susceptibles a la erosión, con grandes alturas y pendientes muy empinadas, ya que, añade las ventajas de la geomanta a aquellas de un elemento de refuerzo.



Propiedades físicas y mecánicas del refuerzo metálico			Normas de referencia
Resistencia a la tracción de la malla ⁽¹⁾	kN/m	50	EN 10223-3
Resistencia de la conexión en el borde ⁽²⁾	kN/m	34	EN 10223-3
Tensión de rotura de los alambres ⁽³⁾	MPa	380 a 500 - Clase A	NBR 8964 / EN 10223-3/ NB 709
Elongación en la rotura de los alambres ⁽³⁾	%	13 - Clase A	NBR 8964 / EN 10223-3 / NB 709
Tipo de malla		8x10	NBR 10514 / EN 10223-3
Diámetro del alambre de la malla	mm	2,7	NBR 10514 / EN 10223-3
Diámetro del alambre de borde	mm	3,4	NBR 10514 / EN 10223-3

Propiedades físicas y mecánicas de la geomanta			Normas de referencia
Espesor nominal (geomanta + refuerzo)	mm	≥18	ASTM D5199
Gramaje	g/m ²	≥450	ABNT NBR ISO 9864 / ASTM D5261
Índice de vacíos	%	>90	
Espesor del filamento	mm	≥0,65	
Peso específico del polímero	kg/m ³	900	ASTM D792
Punto de fusión del polímero	°C	150	ASTM D1505
Resistencia UV del polímero		Estabilizado	ASTM D4355
Polímero	Polipropileno		
Color ⁽⁴⁾	Verde		

Propiedades de durabilidad			Normas de referencia
Revestimiento metálico	Zn90Al10-MM		NBR 8964 / EN 10223-3
Cantidad de revestimiento metálico ⁽³⁾	245 g/m ²		NBR 8964 / EN 10223-3
Adherencia del revestimiento metálico ⁽³⁾	De acuerdo con la definición de las normas vigentes		NBR 8964 / EN 10223-3
Resistencia a la corrosión y envejecimiento (ensayo Kesternich)	Menos de 5% de oxidación del acero después de 56 ciclos		EN ISO 6988 (0,2 dm ³ SO ₂ para 2 dm ³ de agua)
Resistencia a la niebla salina	Menos de 5% de oxidación del acero después de 2000 horas de ensayos		EN ISO 9227

Propiedades geométricas de los rollos de MacMat [®] R1 - GalMac [®] 4R-P ⁽⁵⁾			Propiedades del revestimiento polimérico ⁽⁶⁾		
Ancho	m	2	Espesor mínimo	mm	0,40
Largo	m	25	Dureza	shore D	50 a 60
			Resistencia a la tracción	MPa	20,6
			Módulo de Elasticidad	MPa	18,6
			Temperatura de fragilidad	°C	-9
			Resistencia a la Abrasión	% de pérdida	< 12

⁽¹⁾ Sentido paralelo a las torsiones;

⁽²⁾ Valores obtenidos en nuestros laboratorios, en pruebas similares a las utilizadas para obtener la resistencia de la malla (ítem 9.3 de la norma EN 10223-3);

⁽³⁾ Ensayos realizados a cada 3 toneladas de material producido;

⁽⁴⁾ Colores negro y marrón disponibles mediante consulta y solicitud previa;

⁽⁵⁾ Otras medidas disponibles mediante consulta y solicitud previa;

⁽⁶⁾ El revestimiento polimérico debe cumplir con los requisitos de las normas NBR 8964 y EN 10223-3. Tal revestimiento no puede variar más de 25% de sus características mecánicas iniciales (elongación y resistencia a la tracción) después de someterse al ensayo de envejecimiento acelerado.

Nota 1: Para la unión de los paneles MacMat[®] R1 son necesarios dispositivos continuos de conexión, estos son producidos con el mismo tipo de acero y protección utilizados para la fabricación de la malla MacMat[®] R1, que son vendidos separadamente.

MACCAFERRI

AMERICA LATINA

Maccaferri se reserva el derecho de revisar estas especificaciones en cualquier momento, de acuerdo con las características de los productos fabricados.

www.maccaferri.com/br

Sistema de Gestión de Calidad ISO 9001
Certificado de Conformidad con la Norma ISO 9001



Fuente: Maccaferri

Anexo 16: Permiso de la empresa



Engineering a Better Solution

Lima, 08 de octubre de 2022

Señor
Coordinador General
Programa de Titulación por Tesis
Universidad Ricardo Palma

Por la presente, autorizamos a los tesisistas PALOMINO CHACON, DEYANIRA BRIGITTE y CORZO HUAYNATES, ERIN LUIGGI quienes vienen participando del Programa de Titulación por Tesis Periodo 2022 de la Universidad Ricardo Palma, a fin de que puedan utilizar los datos, figuras, o fotografías de la empresa para la elaboración de su trabajo de tesis para la obtención de su Título Profesional de Ingeniero Civil.

Sin otro particular, me despido

Atentamente,

Ing. Cesar Torres Chung
Gerente de Ingeniería y Proyectos
Maccaferri de Perú S.A.C

Maccaferri de Perú S.A.C. Carretera Nueva Panamericana Sur, Km. 33
Lurín / Lima, Perú
www.maccaferri.com.pe T +51 1 2011060 - RUC. 20418710757

 Gruppo
Industriale
Maccaferri

