



UNIVERSIDAD RICARDO PALMA

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

Análisis de estabilidad del talud en condiciones estáticas y pseudoestáticas
para determinar el nivel de seguridad en la Costa Verde

TESIS

Para optar el título profesional de Ingeniero(a) Civil

AUTORES

Flores Gavidia, Leyla Estefania

ORCID: 0000-0002-9082-4171

Pizarro Ramon, Brando Jose

ORCID: 0000-0002-1519-3138

ASESOR

Torres Chung, César Roberto

ORCID: 0000-0002-3212-2817

Lima, Perú

2022

Metadatos Complementarios

Datos del autor(es)

Flores Gavidia, Leyla Estefania

DNI: 46181711

Pizarro Ramon, Brando Jose

DNI: 73276512

Datos de asesor

Torres Chung, César Roberto

DNI: 41182279

Datos del jurado

JURADO 1

Donayre Córdova, Oscar Eduardo

DNI: 06162939

ORCID: 0000-0002-4778-3789

JURADO 2

Chavarry Vallejos, Carlos Magno

DNI: 07410234

ORCID: 0000-0003-0512-8954

JURADO 3

Chavarría Reyes, Liliana Janet

DNI: 25481792

ORCID: 0000-0002-1759-2132

Datos de la investigación

Campo del conocimiento OCDE: 2.0101

Código del Programa: 732016

DEDICATORIA

Esta tesis la dedico a la memoria de mi padre Félix. Agradezco a mi madre Caridad, por su estímulo y apoyo incondicional en cada etapa del desarrollo de esta tesis.

Flores Gavidia, Leyla Estefania

Dedico esta tesis a mis padres, abuelos, hermanos quienes me brindaron apoyo moral y conocimientos a lo largo de mis cinco años de estudio.

Pizarro Ramon, Brando Jose

AGRADECIMIENTO

Nuestro sincero agradecimiento a nuestra alma mater, por habernos brindado los conocimientos de esta maravillosa carrera; por abrirnos sus puertas; y a todas personas que de alguna manera nos apoyaron en el desarrollo de la tesis, entre ellos docentes y familiares.

Flores Gavidia, Leyla Estefania y Pizarro Ramon
Brando Jose

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN.....	i
ABSTRACT	ii
INTRODUCCIÓN.....	iii
CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	1
1.1. Descripción de la realidad problemática	1
1.2. Formulación del problema.....	1
1.2.1. Problema general.....	1
1.2.2. Problemas específicos	1
1.3. Objetivos de la investigación.....	2
1.3.1. Objetivo general	2
1.3.2. Objetivos específicos	2
1.4. Delimitación de la investigación	2
1.4.1. Delimitación Espacial	2
1.4.2. Delimitación temporal.....	3
1.5. Justificación del estudio	3
1.6. Limitaciones del estudio.....	4
1.7. Viabilidad del estudio.....	4
CAPITULO II: MARCO TEÓRICO	5
2.1. Marco histórico.....	5
2.2. Investigaciones relacionadas con el tema.....	5
2.2.1. Investigaciones internacionales.....	5
2.2.2. Investigaciones nacionales.....	7
2.2.3. Artículos relacionados con el tema	10
2.3. Bases teóricas	12
2.3.1. Factores que influyen en la inestabilidad del talud	12
2.3.2. Tipos de deslizamiento o roturas	14
2.3.3. Análisis de estabilidad de taludes	19
2.4. Definición de términos básicos	39
CAPITULO III: SISTEMA DE HIPOTESIS.....	40
3.1. Hipótesis.....	40
3.1.1. Hipótesis General.....	40
3.1.2. Hipótesis Especificas	40

3.2. Sistema de variables	40
3.2.1. Definición conceptual y operacional.....	40
3.2.2. Operalización de las variables.....	41
CAPITULO IV: METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.....	43
4.1. Método, orientación, enfoque e instrumento de recolección de datos.....	43
4.2. Tipo de investigación	43
4.3. Nivel de investigación	43
4.4. Diseño de la investigación.....	43
4.5. Población y muestra	44
4.5.1. Población.....	44
4.5.2. Muestra	44
4.6. Técnicas e instrumentación de recolección de datos	45
4.6.1. Instrumento de recolección de datos	45
4.6.2. Métodos y técnicas.....	46
4.7. Descripción de procesamientos de datos	46
CAPITULO V: PROCEDIMIENTO Y METODO DE ANÁLISIS	47
5.1. Condiciones climáticas e hidrología.....	47
5.1.1. Temperatura	47
5.1.2. Precipitación	48
5.1.3. Humedad relativa	48
5.2. Geomorfología.....	49
5.2.1. Llanura aluvial	49
5.2.2. Acantilados	50
5.2.3. Llanura antropogenética.....	50
5.3. Geología	50
5.3.1. Depósitos antropogenéticos	50
5.3.2. Depósito aluvial	51
5.4. Geodinámica.....	53
5.5. Geotecnia.....	53
5.5.1. Investigaciones geotécnicas de laboratorio.....	54
5.5.2. Parámetros geotécnicos.....	58
5.6. Riesgo sísmico.....	59
5.6.1. Aceleraciones máximas.....	59
CAPITULO VI: ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS	61

6.1. Perfiles del talud	61
6.2. Análisis estático.....	65
6.2.1. Método Spencer	65
6.2.2. Método Morgenstern-Price	71
6.3. Análisis pseudo estático	77
6.3.1. Método Spencer	77
6.3.2. Método Morgenstern-Price	83
6.4. Comparación de resultados.....	89
6.4.1. Cuadro comparativo del análisis estático.....	89
6.4.2. Cuadro comparativo del análisis pseudo estático	89
6.5. Niveles de estabilidad.....	90
6.6. Contrastación de hipótesis	91
6.6.1. Contrastación de la primera hipótesis	91
6.6.2. Contrastación de la segunda hipótesis	92
6.6.3. Contrastación de la tercera hipótesis.....	92
DISCUSIÓN.....	93
CONCLUSIONES	95
RECOMENDACIONES	97
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	98
ANEXOS	102
Anexo 1: Matriz de consistencia	103
Anexo 2: Análisis granulométrico por tamizado de la calicata n°5	104
Anexo 3: Análisis granulométrico por tamizado de la calicata n°6	106
Anexo 4: Análisis granulométrico por tamizado de la calicata n°7	107
Anexo 5: Análisis granulométrico por tamizado de la calicata n°8	109
Anexo 6: Análisis granulométrico por tamizado de la calicata n°9	110
Anexo 7: Corte directo a gran escala.....	111
Anexo 8 Densidad de campo punto D3	112
Anexo 9: Densidad de campo punto D4.....	113
Anexo 10: Densidad de campo punto D5.....	114
Anexo 11: Densidad de campo punto D6.....	115
Anexo 12: Ubicación de calicatas	116
Anexo 13: Ubicación de densidades.....	117

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación de la Bajada Armendáriz	2
Figura 2. Nomenclatura de taludes	12
Figura 3. Nivel freático de un talud según la distribución de los materiales.....	14
Figura 4. Tipos de superficies de rotura en suelos	15
Figura 5. Representación estereográfica de los planos de discontinuidad con respecto a la orientación del talud para algunos tipos de roturas en macizos rocosos	16
Figura 6. Condiciones para la rotura plana.....	17
Figura 7. Condiciones para la rotura en cuña	17
Figura 8. Esquemas de taludes con estructura favorable al vuelco de estratos	18
Figura 9. Esquema de pandeo en estratos verticalizados, con flexión y fractura	18
Figura 10. Esquema de rotura curva en macizos rocosos intensamente fracturados.....	19
Figura 11. Métodos de cálculos de estabilidad de talud	24
Figura 12. Paralelismo de las fuerzas entre dovelas en el método de Spencer.....	25
Figura 13. Fuerzas que actúan sobre las dovelas en el método de Spencer	26
Figura 14. Fuerzas sobre una rebanada genérica considerada por el Método Sarma.....	27
Figura 15. Variación del factor de seguridad con el coeficiente sísmico horizontal kh.....	28
Figura 16. Análisis sísmico pseudoestático de equilibrio límite para una falla curva.....	29
Figura 17. Método de cono de arena para hallar densidad	32
Figura 18. Representación esquemática del equipo de Corte Directo a Gran Escala.....	33
Figura 19. Equipo para ensayo de corte directo a gran escala.....	33
Figura 20. Diagrama de un equipo de ensayo triaxial	35
Figura 21. Círculos de Mohr y envolvente de un ensayo triaxial	35
Figura 22. Costa Verde-Lima, Perú.....	44
Figura 23. Bajada Armendáriz, Miraflores.....	45
Figura 24. Abanico aluvial del río Rímac.....	49
Figura 25. Cárcava en el acantilado de la Costa Verde - Miraflores.....	50
Figura 26. Travertino en forma de cavernas en el acantilado de la Costa Verde - Miraflores	52
Figura 27. Perfil del acantilado del distrito de Miraflores en donde se evidencian los lentes de arenas y limo y arcillas intercalados con el conglomerado y el travertino ..	52
Figura 28. Geomalla recubre el acantilado en el distrito de Miraflores	53
Figura 29. Curvas granulométricas.....	56

Figura 30. Curva esfuerzo – deformación. Ensayo de corte directo.....	58
Figura 31. Envoltente de resistencia máxima. Ensayo de corte directo	58
Figura 32. Perfiles de la Bajada Armendáriz.....	61
Figura 33. Perfil longitudinal 1.....	61
Figura 34. Perfil Longitudinal 2	62
Figura 35. Perfil Longitudinal 3	62
Figura 36. Perfil Longitudinal 4	63
Figura 37. Perfil Longitudinal 5	63
Figura 38. Perfil Longitudinal 6	64
Figura 39. Análisis estático del perfil 1 Método Spencer (Falla Local).....	65
Figura 40. Análisis estático del perfil 1 Método Spencer (Falla Global)	65
Figura 41. Análisis estático del perfil 2 Método Spencer (Falla Local).....	66
Figura 42. Análisis estático del perfil 2 Método Spencer (Falla Global)	66
Figura 43. Análisis estático del perfil 3 Método Spencer (Falla Local).....	67
Figura 44. Análisis estático del perfil 3 Método Spencer (Falla Global)	67
Figura 45. Análisis estático del perfil 4 Método Spencer (Falla Local).....	68
Figura 46. Análisis estático del perfil 4 Método Spencer (Falla Global)	68
Figura 47. Análisis estático del perfil 5 Método Spencer (Falla Local).....	69
Figura 48. Análisis estático del perfil 5 Método Spencer (Falla Global)	69
Figura 49. Análisis estático del perfil 6 Método Spencer (Falla Local).....	70
Figura 50. Análisis estático del perfil 6 Método Spencer (Falla Global)	70
Figura 51. Análisis estático del perfil 1 Método Morgenstern Price (Falla Local)	71
Figura 52. Análisis estático del perfil 1 Método Morgenstern Price (Falla Global)	71
Figura 53. Análisis estático del perfil 2 Método Morgenstern Price (Falla Local)	72
Figura 54. Análisis estático del perfil 2 Método Morgenstern Price (Falla Global)	72
Figura 55. Análisis estático del perfil 3 Método Morgenstern Price (Falla Local)	73
Figura 56. Análisis estático del perfil 3 Método Morgenstern Price (Falla Global)	73
Figura 57. Análisis estático del perfil 4 Método Morgenstern Price (Falla Local)	74
Figura 58. Análisis estático del perfil 4 Método Morgenstern Price (Falla Global)	74
Figura 59. Análisis estático del perfil 5 Método Morgenstern Price (Falla Local)	75
Figura 60. Análisis estático del perfil 5 Método Morgenstern Price (Falla Global)	75
Figura 61. Análisis estático del perfil 6 Método Morgenstern Price (Local)	76
Figura 62. Análisis estático del perfil 6 Método Morgenstern Price (Global)	76
Figura 63. Análisis Pseudoestático del perfil 1 Método Spencer (Falla local).....	77

Figura 64. Análisis Pseudoestático del perfil 1 Método Spencer (Falla Global).....	77
Figura 65. Análisis Pseudoestático del perfil 2 Método Spencer (Falla Local)	78
Figura 66. Análisis Pseudoestático del perfil 2 Método Spencer (Falla Global)	78
Figura 67. Análisis Pseudoestático del perfil 3 Método Spencer (Falla Local)	79
Figura 68. Análisis Pseudoestático del perfil 3 Método Spencer (Falla Global).....	79
Figura 69. Análisis Pseudoestático del perfil 4 Método Spencer (Falla Local)	80
Figura 70. Análisis Pseudoestático del perfil 4 Método Spencer (Falla Global).....	80
Figura 71. Análisis Pseudoestático del perfil 5 Método Spencer (Falla Local)	81
Figura 72. Análisis Pseudoestático del perfil 5 Método Spencer (Falla Global).....	81
Figura 73. Análisis Pseudoestático del perfil 6 Método Spencer (Falla Local)	82
Figura 74. Análisis Pseudoestático del perfil 6 Método Spencer (Falla Global).....	82
Figura 75. Análisis Pseudoestático del perfil 1 Método Morgenstern Price (Falla Local) .	83
Figura 76. Análisis Pseudoestático del perfil 1 Método Morgenstern Price (Falla Global)	83
Figura 77. Análisis Pseudoestático del perfil 2 Método Morgenstern Price (Falla local)	84
Figura 78. Análisis Pseudoestático del perfil 2 Método Morgenstern Price (Falla global)	84
Figura 79. Análisis Pseudoestático del perfil 3 Método Morgenstern Price (Falla Local) .	85
Figura 80. Análisis Pseudoestático del perfil 3 Método Morgenstern Price (Falla Global)	85
Figura 81. Análisis Pseudoestático del perfil 4 Método Morgenstern Price (Falla Local) .	86
Figura 82. Análisis Pseudoestático del perfil 4 Método Morgenstern Price (Falla Global)	86
Figura 83. Análisis Pseudoestático del perfil 5 Método Morgenstern Price (Falla Local)	87
Figura 84. Análisis Pseudoestático del perfil 5 Método Morgenstern Price (Falla Global)	87
Figura 85. Análisis Pseudoestático del perfil 6 Método Morgenstern Price (Falla Local) .	88
Figura 86. Análisis Pseudoestático del perfil 6 Método Morgenstern Price (Falla Global)	88

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Factor de seguridad a emplear en el análisis de estabilidad de taludes	20
Tabla 2 Análisis granulométrico.....	30
Tabla 3 Variable e indicadores dependientes	41
Tabla 4 Variable e indicadores independientes	42
Tabla 5 Métodos y técnicas para realizar la investigación	46
Tabla 6 Clasificación climática	47
Tabla 7 Temperatura (°C) promedio mensual 2015 – 2019 en la Estación Campo de Marte	48
Tabla 8 Precipitación (mm) promedio mensual 2015 – 2019 en la Estación Campo de Marte	48
Tabla 9 Humedad Relativa (%) promedio mensual 2015 – 2019 en la Estación Campo de Marte	49
Tabla 10 Coordenadas de calicatas.....	54
Tabla 11 Descripción de calicatas	55
Tabla 12 Clasificación SUCS y AASHTO.....	56
Tabla 13 Coordenadas de densidades	57
Tabla 14 Resultados del ensayo densidad in-situ	57
Tabla 15 Parámetros geotécnicos	59
Tabla 16 Información de sismos registrados	59
Tabla 17 Aceleraciones máximas de 5 sismos	60
Tabla 18 Cuadro Comparativo del factor de seguridad en el Análisis Estático	89
Tabla 19 Cuadro Comparativo del factor de seguridad en el Análisis Pseudoestático	90
Tabla 20 Nivel de estabilidad en condición estático	90
Tabla 21 Nivel de estabilidad en condición Pseudoestático.....	91

RESUMEN

La presente investigación, tiene como finalidad analizar la estabilidad del talud en condiciones estáticas y pseudoestáticas para determinar el nivel seguridad de la Costa Verde. El área de estudio corresponde a la Bajada Armendáriz, distrito de Miraflores, provincia y departamento de Lima. Los acantilados de la Costa Verde son afectados por peligros geológicos del tipo derrumbes y/o deslizamientos poniendo así en riesgo la seguridad tanto de conductores como de peatones que transitan por la zona. El análisis del talud en estudio se basó en los conceptos del análisis de equilibrio limite (Morgenstern y Price; y Spencer) los cuales se basan en las leyes de la estática.

La investigación realizada es del tipo descriptiva, ya que se analiza el nivel de estabilidad del talud crítico según la normativa correspondiente. Además, se utilizó data experimental encontrada en literatura: información topográfica, geológica y de mecánica de suelos. El talud de la Bajada Armendáriz se dividió en 6 secciones para un adecuado análisis y el levantamiento topográfico se efectuó mediante un vuelo drone, esto logró obtener los 6 perfiles del talud.

Para el análisis y modelamiento del talud se utilizó el software Slide v6.0, ello permitió hallar los factores de seguridad del talud en condiciones estáticas y pseudoestáticas tanto para fallas locales como globales. Finalmente, se halló el nivel de estabilidad del talud, lo cual arrojó que en condiciones estáticas los perfiles 1,2,3,4 y 6 son inestables, pero el perfil 5 resultó estable y en condiciones pseudoestáticas los perfiles 1,2,3,4,5 y 6 resultó inestable.

Palabras Clave: Estabilidad, talud, parámetros geotécnicos, factor de seguridad.

ABSTRACT

The purpose of this research is to analyse the stability of the slope under static and pseudo-static conditions in order to determine the safety level of the Costa Verde. The study area corresponds to the Bajada Armendáriz, district of Miraflores, province and department of Lima. The cliffs of the Costa Verde are affected by geological hazards such as landslides and/or landslides, thus endangering the safety of both drivers and pedestrians passing through the area. The analysis of the slope under study was based on the concepts of limit equilibrium analysis (Morgenstern and Price; and Spencer) which are based on the laws of statics.

The research carried out is descriptive, since the level of stability of the critical slope is analysed according to the corresponding standards. In addition, experimental data found in literature was used: topographical, geological and soil mechanics information. The Bajada Armendáriz slope was divided into 6 sections for an adequate analysis and the topographic survey was carried out by means of a drone flight, which made it possible to obtain the 6 profiles of the slope.

For the analysis and modelling of the slope, Slide v6.0 software was used, which allowed the safety factors of the slope to be found under static and pseudo-static conditions for both local and global failures. Finally, the slope stability level was found, which showed that in static conditions profiles 1,2,3,4 and 6 are unstable, but profile 5 was stable and in pseudo-static conditions profiles 1,2,3,4,5 and 6 were unstable.

Key Words: Stability, slope, geotechnical parameters, safety factor.

INTRODUCCIÓN

El estudio de la estabilidad de taludes comprende conocer los factores que pueden influir en su inestabilidad y el análisis de mecanismo de falla. Los factores se pueden subdividir en: condicionantes (característicos de los materiales naturales del suelo) y desencadenantes (agente externo que actúa sobre el suelo). El análisis del factor de seguridad es importante para determinar la estabilidad de un talud, para ellos existen métodos de cálculos los cuales se basan en las leyes de la estática.

En la Costa Verde una problemática importante son las fuertes pendientes de las laderas naturales o de corte de los acantilados. Ello constituye un peligro constante en la población y los vehículos que transitan por esta vía por los deslizamientos y desprendimiento de rocas, por tanto, es fundamente un análisis de la estabilidad de los acantilados de la Costa Verde.

En el presente trabajo de tesis se tiene como objetivo realizar un análisis de estabilidad en un talud de la Costa Verde ubicado en la Bajada Armendáriz del distrito de Miraflores, dicho análisis se realizó en dos condiciones, siendo la primera en condición estática y la segunda en condición pseudoestático. Para poder así, conocer el riesgo ante un posible deslizamiento del talud.

El presente trabajo de investigación se divide en seis capítulos: Capítulo I, se realiza el planteamiento del problema, donde se expone la necesidad de realizar un análisis de estabilidad para conocer el nivel de seguridad de la Bajada Armendáriz. Capítulo II, contiene la estructura teórica y científica que sustenta el estudio, la definición de términos básicos y fundamentos teóricos. Capítulo III, se expone las hipótesis de la investigación y terminamos con el sistema de variables. Capítulo IV, se explica la metodología de la investigación conteniendo el tipo, nivel, diseño, y técnicas de recolección de datos. Capítulo V, se describe el procedimiento y método de análisis, donde se detalla las condiciones climáticas e hidrología de la zona de estudio. También, geomorfología, geología, geodinámica, geotécnica y riesgo sísmico del distrito de Miraflores. Capítulo VI, se muestra el análisis e interpretación de resultados en condiciones estáticas y pseudoestáticas tanto para fallas locales como para globales. El análisis se realizó mediante el programa Slide en los métodos Spencer y Morgenstern-Price. Por último, se presenta las conclusiones y recomendaciones.

CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Descripción de la realidad problemática

La Costa Verde es la franja del litoral peruano, se ubica en la capital del Perú, Lima y la provincia del Callao. Esta vía une 7 distritos, siendo uno de ellos Miraflores. En este distrito, es patente la existencia de taludes formados por la irrigación de áreas verdes y la formación de cárcavas. Uno de los principales accesos viales de la ciudad es la Bajada Armendáriz ya que une la Vía Expresa y otros ejes como Av. Reducto y Av. Grau. Este acceso permite la accesibilidad de los vehículos del Sur al Centro de Lima.

La presente investigación, busca evaluar la estabilidad de un talud crítico en la Bajada de Armendáriz en condiciones estáticas y pseudoestáticas. Para poder así, conocer el riesgo ante un posible deslizamiento del talud.

1.2. Formulación del problema

1.2.1. Problema general

¿Cómo es la estabilidad del talud en condiciones estáticas y pseudoestáticas para determinar el nivel de seguridad en la Bajada Armendáriz de la Costa Verde, distrito de Miraflores?

1.2.2. Problemas específicos

a) ¿Cuáles son los parámetros geotécnicos del material característico de los estratos del talud para la estabilización?

b) ¿Cuál es el factor de seguridad en condiciones estáticas y pseudoestáticas para fallas locales usando el programa Slide para prevenir derrumbes en la Bajada Armendáriz?

c) ¿Cuál es el factor de seguridad en condiciones estáticas y pseudoestáticas para fallas globales usando el programa Slide para prevenir derrumbes en la Bajada Armendáriz?

1.3. Objetivos de la investigación

1.3.1. Objetivo general

Analizar la estabilidad del talud en condiciones estáticas y pseudoestáticas para determinar el nivel seguridad en la Bajada Armendáriz de la Costa Verde, distrito de Miraflores.

1.3.2. Objetivos específicos

- a) Analizar los parámetros geotécnicos del material característico de los estratos del talud para prevenir el deslizamiento en el talud.
- b) Analizar el factor de seguridad en condiciones estáticas y pseudoestáticas para fallas locales usando el programa Slide para prevenir derrumbes en la Bajada Armendáriz
- c) Analizar el factor de seguridad en condiciones estáticas y pseudoestáticas para fallas globales usando el programa Slide para prevenir derrumbes en la Bajada Armendáriz

1.4. Delimitación de la investigación

1.4.1. Delimitación Espacial

En la figura 1 se observa la ubicación exacta del lugar de investigación, siendo esta en la Bajada Armendáriz, distrito de Miraflores-Lima.



Figura 1. Ubicación de la Bajada Armendáriz

Fuente: Google Maps

- Distrito: Miraflores
- Provincia: Lima
- Departamento: Lima

1.4.2. Delimitación temporal

La investigación se realizó de mayo a noviembre del año 2022

1.5. Justificación del estudio

a) Conveniencia

En la actualidad, en algunas zonas de la Costa Verde se encuentra en riesgo de deslizamiento por las continuas presencias de sismos en nuestra costa peruana; por lo tanto, esta investigación busca establecer un análisis de estabilidad en la Bajada Armendáriz ubicado en el distrito de Miraflores.

b) Relevancia social

En la parte superior del talud a estudiar se encuentran edificaciones multifamiliares como así también la construcción del nuevo parque Bicentenario y en la parte inferior la Bajada Armendáriz la cual es una autopista con alto flujo vehicular ya que permite el ingreso y salida de la Costa Verde, al finalizar esta investigación la seguridad es el beneficio que se presenta a las edificaciones y de igual manera a los vehículos que se trasladan por la Bajada Armendáriz.

c) Aplicaciones prácticas

Debido a esta investigación, se da a conocer si las edificaciones y la Bajada Armendáriz se encuentra en riesgo de deslizamiento. De igual manera, se busca la seguridad para los que viven en esas edificaciones como la gran cantidad de personas que se trasladan en vehículo por la Bajada Armendáriz.

d) Utilidad metodológica

En la actualidad se encuentran investigaciones generalizando las variables para una zona de trabajo, como por ejemplo los parámetros geotécnicos, factor de sismo entre otros; por lo tanto, en esta investigación se realiza con datos específicos de la zona de investigación para poder así realizar el análisis de seguridad se obteniendo datos más confiables para nuestro talud.

e) Valor teórico

Por medio de esta investigación se da a conocer el nivel de riesgo presente en el talud crítico de la bajada Armendáriz y así poder mitigar daños físicos y económicos cuando se presente un sismo de mediana o gran magnitud.

1.6. Limitaciones del estudio

Debido a la complejidad de realizar un muestreo para hallar los parámetros geotécnicos, características de los estratos y además la inversión económica que demanda dicho estudio, los datos ya mencionados entre otros fueron obtenidos mediante informes técnicos de la municipalidad de Miraflores realizado en el talud de la Bajada Armendáriz.

1.7. Viabilidad del estudio

En esta investigación la fuente de estudio se basa en informes realizados por la Municipalidad de Miraflores, INGEMMET, IGP y entre otros.

La zona de estudio se ubica en la Bajada Armendáriz siendo este un lugar accesible para realizar la investigación. Sin embargo, no contamos con la fuente económica requerida, ni el apoyo de una empresa para solventar los gastos de esta investigación.

CAPITULO II: MARCO TEÓRICO

2.1. Marco histórico

Costa Verde, llamado así a la franja del litoral peruano, comprende desde la Punta en el Callo hasta Chorrillos. Entre la ciudad y la playa se encuentra un acantilado de 20 metros de altura aproximadamente. Esta vía define a la capital de Lima con una identidad y peculiaridad que otra parte del mundo no se encuentra.

Así mismo, la Costa Verde es un espacio recreativo y turístico importante para Lima. A nivel comercial e inmobiliario tiene un alto valor visual por la vista al Pacífico.

Sin embargo, una problemática importante son las fuertes pendientes de las laderas naturales o de corte de los acantilados. Ello constituye un peligro constante en la población y los vehículos que transitan por esta vía por los deslizamientos y desprendimiento de rocas. (Geológico, Instituto Geológico Minero y Metalúrgico. Dirección de Geología Ambiental y Riesgo, 2021)

Los factores condicionantes para los derrumbes y caída de rocas son la pendiente fuerte del terreno, el tipo de material detrítico aluvial. Por las condiciones geológicas-geodinámicas de la Bajada Armendáriz esta es una zona de alta ocurrencia de peligros geológicos ante la ocurrencia de sismos. (Geológico, Instituto Geológico Minero y Metalúrgico. Dirección de Geología Ambiental y Riesgo, 2021)

2.2. Investigaciones relacionadas con el tema

2.2.1. Investigaciones internacionales

Mena G. (2020), su tesis se centra en el análisis de estabilidad de taludes en zonas tropicales de alta montaña. Se realizaron ensayos de terreno y laboratorio para hallar las propiedades térmica y mecánica los materiales para poder usarlo en el modelo numérico del software Plaxis. El problema de la estabilidad de talud según su análisis planteado se debe a cambios estacionales de temperatura, propiedades de los materiales y pérdida de la resistencia al corte, debido a la presencia de hielo en el talud. Después del análisis de estabilidad en el talud, se obtuvo que el factor de seguridad conformado por ignimbrita siendo este el caso desfavorable es $FS= 13.2$ cuando el material se encuentra congelado, mientras que el factor de seguridad es $FS= 0.3$ cuando el material se descongela y existe pérdida total

de la cohesión aparente, también se realizó el análisis en el talud conformado por arena obteniendo en caso desfavorable un valor de $FS= 9.3$ cuando el material se encuentra congelado y $FS=$ cuando el material se descongela y existe una pérdida total de la cohesión aparente. De esto se entiende que la degradación de la cohesión provoca que el factor de seguridad sea menor a 1, lo que explica el problema de estabilidad y el deslizamiento de materiales.

Coronel K. (2020), en su tesis se hizo un análisis de estabilidad de un talud compuesto por suelo expansivo mediante la incorporación de ceniza volcánica para mejorar sus propiedades físicas-mecánicas. También se encontró que en el caso más desfavorable en el que se aplique una sobrecarga de 72 kN/m^2 , el aumento porcentual entre el factor de seguridad para taludes que incluyen suelos expandidos (SE) y el factor de seguridad para taludes que incluyen suelos expandidos en los que se ha incorporado ceniza volcánica (SECV), tiende a ser descendente en el talud que tiene un valor más alto debido a una mayor desestabilización. Además, la ceniza volcánica demostró ser un aditivo efectivo para mejorar la estabilidad de taludes, ya que permitió un incremento favorable en todos los modelos y escenarios de su investigación, consiguiendo valores del factor de seguridad que sobrepasan el valor mínimo de FS por corte para el diseño de taludes en condición estática, debido a la mejoría en los parámetros de resistencia al corte que son la cohesión y el ángulo de fricción.

Manrique V. & Tigrero P. (2019), la tesis evalúa la estabilidad de un talud mediante un análisis geo mecánico del estrato rocoso en zonas críticas para así implementar obras de ingeniería que ayuden a evitar desgracias y pérdidas. El talud estudiado presenta deslizamiento continuo, lo cual aumenta por altas precipitaciones durante la lluvia, la probabilidad de presencia de terremotos. Se identificó litología del lugar y el alto grado de descomposición de las rocas lo cual produce un suelo de alta resistencia. Al finalizar la investigación se llegó a la conclusión de que es necesario estabilizar el talud con la construcción de gaviones para reducir la erosión en la base de los acantilados, mediante la adición de una capa de protección de la costa (rompeolas) que reduce la energía de las olas porque golpea la masa de rocas.

Pulgar M. (2020), esta tesis fue desarrollada en el centro norte de Chile. Tuvo como objetivo principal la clasificación de los depósitos de

relaves abandonados en la zona, para ello se tomó en cuenta su tamaño y a las potenciales zonas que pueden estar afectadas debido a alguna falla. También, se propuso una metodología para la evaluación de la estabilidad física del relave. Para lograrlo se utilizó el método probabilístico de equilibrio límite: estático y pseudo estático, y un método para la clasificación donde es prioridad la evaluación de estabilidad. La investigación plantea la inestabilidad de taludes como único mecanismo de falla, por lo cual se establecen los parámetros críticos y cómo se evalúan. Como resultado final se encontró que algunos depósitos no se encontraban secos y pueden lograr a tener valores de humedad altos, esto se debe por la variación del nivel freático. El factor de seguridad obtenido en estos casos en comparación con aquellos sin nivel freático, resultó ser menos y la probabilidad de falla mayor. Finalmente, los resultados del análisis de probabilidad pseudo estático muestran factores de seguridad más bajos y una mayor probabilidad de falla. Estos resultados conceden advertir que el efecto del sismo en los casos analizados es más relevante que el cambio en el nivel freático, No obstante, la incertidumbre de los niveles de humedad indica que se ha realizado estudios de campo detallados para determinar el nivel húmedo en los depósitos.

Rocha Y. (2021), la tesis estudia las consecuencias de tres sistemas de métodos de estabilidad de taludes mediante la modelación física en centrifuga geotécnica. Se determino el tipo de suelo, los materiales a utilizar, así como la geometría del talud. Las modelaciones físicas y numéricas dieron como resultado que el talud estudiado se encontraba inestable. Sin embargo, se buscó contrarrestar esto mediante el reforzamiento con fibras de vidrio por el método constructivo. Mediante la fotointerpretación se evidencio mayor estabilidad ya que solo hubo pequeñas deformaciones. Ello no produjo una superficie de falla

2.2.2. Investigaciones nacionales

Aliaga D. (2020), en su tesis tiene como objetivo determinar los parámetros más relevantes para la simulación de la estabilidad estática de un talud en el distrito de Magdalena, emplea el uso del software Yade mediante el método de Elementos Discretos (DEM). En primer lugar, caracteriza los

parámetros de las partículas según el método de Elementos Discretos. Entre ellos esta: geometría, rango de radios, densidad, coeficiente de fricción, resistencia normal, cortante. En segundo lugar, define las dimensiones de los bordes lo cual generara partículas para el modelo y las condiciones de los mismos. El software reproduce simulaciones para hallar las fuerzas resultantes en cada elemento de acuerdo a las cargas aplicadas. Así, se definirá si se mantiene el equilibrio o se rompe las partículas. Se deduce que dado la distancia recorrida por el deslizamiento del suelo es inversamente proporcional al número de partículas en la simulación, se puede suponer que al aumentar el número de esferas se mantendrá el equilibrio estático del talud crítico. Sin embargo, la relación entre las dos propiedades tiene un orden similar al de una función exponencial, por lo que se puede anticipar que la cantidad necesaria de esferas es muy elevada o no se puede conseguir la estabilidad del sistema.

Hernández G. & Torres C. (2020), en su tesis realizan un análisis de confiabilidad de la propuesta de ingeniería de solución definitiva para la estabilización del talud de la vía evitamiento sector Zarumilla. Se realizó estudio en 4 taludes hallando así su factor de seguridad estático y pseudo estático todo esto mediante el programa Slide 6.0. Se comparó los resultados obtenidos de los 4 taludes a través de la propuesta de su investigación con la propuesta de ingeniería solución definitiva inicial, obteniendo una probabilidad de falla de 6% lo que resulta un riesgo muy bajo, pero los diseñadores en base a su experiencia proyectan asegurar su diseño con una cortina de micropilotes, Sin embargo, con base en el análisis de confiabilidad podemos determinar las acciones que podemos tomar para lograr con solo las actuaciones de los nailing asegurar la estabilidad general del talud y de esta manera reducir el costo de inversión adicional por lo que se ha determinado una longitud de 8 metros para los bulones, los cuales nos daban como resultado 0 % para condición estática y menores a 0.4% para condición pseudo estáticos, resultados que permiten validar el diseño de manera correcta.

Garrido N. (2019), en su tesis se centra en implementar un plan de contingencia ante la presencia de un sismo y posterior tsunami en el distrito de San Isidro priorizando la Costa Verde, todo ello como parte de la Gestión

de Riesgo de Desastres. Mediante encuestas y entrevistas a expertos en el área de Gestión de Riesgos de Desastres En la Costa Verde, se determinó que un 46.15 % de los encuestados considera los deslizamientos como un peligro en la zona de la Costa Verde. En el distrito de San Isidro en el sector de la Costa Verde se identificó tres zonas de alto riesgo: deslizamientos, sismos y tsunamis, pero no se evidencia un planteamiento para la Gestión de Riesgo de Desastres, donde gran parte de la población tiene poca información al respecto.

Jurado A. & Pérez R. (2019), proponen determinar cuáles serán los métodos destructivos y no destructivos que les permitan obtener con mejor precisión los parámetros geotécnicos para la evaluación de un talud en la Costa Verde-Miraflores. Se determinó mediante informes proporcionados por la Municipalidad de Miraflores, el Instituto Geofísico del Perú (IGP) , Programa de Ciudades Sostenibles (PCS), entre otros, que las calicatas fueron los métodos destructivos que consiguió con mejor precisión los parámetros geotécnicos para el análisis de estabilidad de talud, y de ellas se pudo hacer la toma de muestras que se llevaron al laboratorio determinado, donde se realizaron los ensayos de corte directo correspondientes para obtener dichos parámetros. También los ensayos realizados por los autores de esta investigación, se determinó que los métodos no destructivos que permitieron determinar con mayor precisión los parámetros de resistencia fueron los ensayos de refracción sísmica y MASW, y para ser más precisos a través del MASW, que midió las velocidades de ondas de corte en profundidad, se pudieron obtener los parámetros de resistencia para los 3 estratos encontrados.

Sanches B. & Vaca L. (2021), esta tesis se desarrolló en el distrito de Barranco. La investigación determinó el nivel de riesgo por deslizamiento en el acantilado de la costa verde, la zona de estudio fue desde la playa Barranco hasta el límite distrital con Chorrillos, por la cual se dividió en 17 sectores de estudio y 25 secciones de análisis. Se obtuvo como resultado final que el nivel de riesgo por deslizamiento en los acantilados estudiados de la Costa Verde - Barranco, dio como resultado en 7 sectores calificados en un nivel Moderado, 7 sectores en un nivel Alto y 3 sectores en un nivel Muy Alto, deduciendo que un mayor nivel de riesgo no indica obligatoriamente un

riesgo de colapso, sino áreas calificadas de manera global según la evaluación de varios aspectos, como la geología, la topografía, la eficiencia y el entorno urbano cerca de laderas. Además, existe la necesidad de más inspecciones periódicas y monitoreo geotécnico.

2.2.3. Artículos relacionados con el tema

Castillo R. (2020), el presente artículo es producto de reflexiones personales, investigaciones académicas y propuestas técnicas del autor acerca del desarrollo urbano sostenible de la Costa Verde de la megalópolis Lima Callao al 2050, el objetivo del artículo es hacer reflexiones y presentar propuestas técnicas sobre los planes urbanos de la Costa Verde de Lima Callao en el periodo de 1960 y 2020. Se toma que como conclusión que el logro más importante fue ganarle terreno al mar, para poder así generar un eje ribereño de playas y usarlo para actividades deportivas, recreativas y cultural. Se planea a futuro seguir ganando terreno y además el proyecto de la línea 2 del Metro de Lima Callao serán de gran ayuda para obtener material de relleno.

Valiente R., Sobrecases S., & Diaz A. (2016), el artículo desarrolla conceptos básicos para el estudio de la estabilidad de un talud. Los autores explican la clasificación de los tipos de inestabilidad de taludes de acuerdo a criterios geomorfológicos. Además, se realza la importancia de los parámetros de diseño el estudio de la estabilidad del talud, siendo uno de los más sobresalientes la resistencia. En el Perú, existe diversas normativas que regulan el coeficiente de seguridad que se empleará en el proyecto geotécnico. La elección del mismo deberá tomar en cuenta la temporalidad de la obra y si es talud estará sometido a condiciones estáticas y/o sísmicas. Los autores, mencionan los métodos de cálculos a analizar para la estabilidad de un talud. Entre ellos están los modelos de equilibrio limite y métodos numéricos.

Mucuta H., Cartaya M., & Watson R. (2020), el artículo desarrolla el cálculo del factor de seguridad en la evaluación de la estabilidad de tres taludes en el yacimiento Castellano en Cuba. En dicho yacimiento, durante su explotación se han observado deslizamientos producto de factores climáticos, geológicos e ingenieriles. Para conocer cuál es el factor de amenaza de falla de un talud una pieza fundamental es el factor de seguridad

para evaluar su estabilidad. Para el análisis de estos tres escenarios se utilizó el programa Slide v6.0, se consideraron condiciones estáticas y sísmicas de la región. Los factores de seguridad que se obtuvo concluyo que los tres taludes son inestables en condiciones sísmicas. Por ello, se sugiere emplear técnicas de estabilización, por ejemplo: zanjas de drenaje.

Camacho S., Ramos A., Escobar J. & Garzón A. (2016), el artículo explica que para mitigar los deslizamientos se deben tomar en cuenta el estudio de factores geológicos, geotécnicos, geomorfológicos e hidrogeológicos para así relacionarlos con las posibles causas que contribuyen al mecanismo de falla. Los autores analizan de forma cuantitativa la influencia de la geomorfología en el estudio de la estabilidad de un talud mediante el método de elementos finitos usando el software Abaqus. Se simuló nueve modelos de taludes, este análisis se hizo en tres dimensiones. Se logró el análisis de la variación espacial de esfuerzos, la forma de distribución de los contornos de esfuerzo, así como los grados de saturación. También, se consideró en el análisis de la estabilidad de los taludes la influencia de las geoformas. Mediante la envolvente de falla del tipo Mohr Coulomb se halló un indicador de falla. Este indicador se evaluó en los 9 taludes en estudio para así observar que zonas son más propensas a un deslizamiento. Además, se analizó su geoforma y el comportamiento que condicionan la estabilidad del talud.

Hernández J., Fernández D., Martínez M., Figueroa B., Rubio E. & García J. (2019), la investigación tiene como objetivo identificar las características topográficas y propiedades (físicas y mecánicas) del suelo debido a la formación de cárcavas. Las variables de estudio fueron la pendiente, altura, orientación, curvatura, densidad, espesor de la cresta y conductividad hidráulica. Las dos cárcavas en estudio se encuentran localizadas en Hidalgo – México, para el análisis de estabilidad en los taludes se utilizó un modelo de regresión lineal múltiple. El artículo dio como resultado que el avance lateral de las cárcavas está relacionado con los limos y arcillas. Estos tipos de suelos al ser propensos a procesos de hundimiento y secado favorecen a la formación de grietas, lo cual produce la disminución de su resistencia y causando inestabilidad en los taludes de cárcavas.

2.3. Bases teóricas

Según el autor del libro *Análisis geotécnico, Deslizamientos Volumen 1*, talud es una masa de tierra en forma de pendiente o presenta cambios evidentes de altura. Existen dos tipos de taludes, los artificiales que son construidos por el hombre como los rellenos o excavaciones y los naturales que son formados por la naturaleza sin intervención de la mano del hombre (figura 2). (Suarez, 2009)

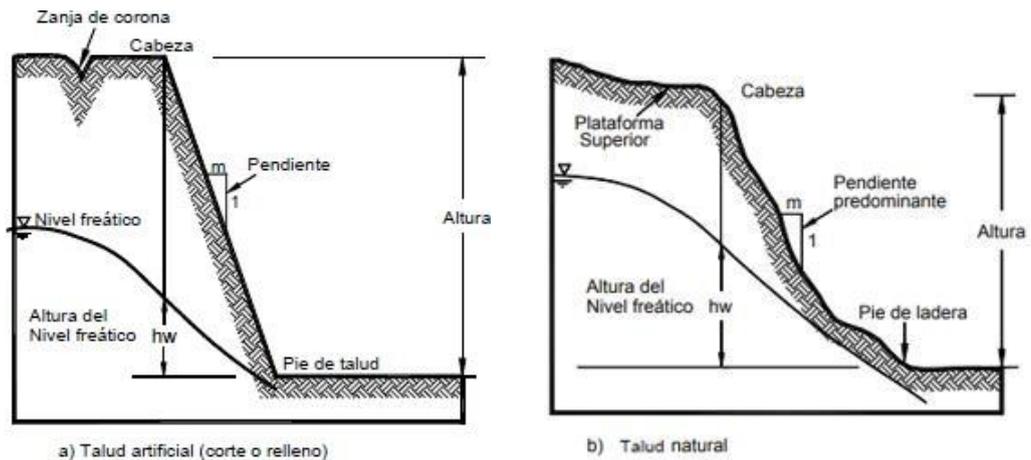


Figura 2. Nomenclatura de taludes

Fuente: Suarez (2009)

El análisis de estabilidad de taludes permite estimar la eventualidad de falla de un talud al momento de realizar un proyecto o construcción de ingeniería.

2.3.1. Factores que influyen en la inestabilidad del talud

a) Estratigrafía y litología

La inestabilidad de un talud está relacionada directamente con la naturaleza del material que forma el talud. El tamaño y las características físicas y mecánicas de las partículas del suelo condicionan su estabilidad. En los suelos homogéneos las diferencias en la compactación y granulometría con presencia de circulación de agua puede producir inestabilidad. En los macizos rocosos, la presencia de estratos distintos dificulta el análisis del comportamiento del talud. (Ferrer, Gonzales, Ortuno, & Oteo, 2002)

b) Estructura geológica y discontinuidades

La geología del material es fundamental para el análisis de la estabilidad del talud. Los parámetros geométricos: talud, altura e inclinación junto los elementos estructurales del talud determina los problemas de estabilidad. Sin embargo, el suelo puede presentar fallas y discontinuidades (estratificación) por ello es esencial tener en cuenta todos estos aspectos para el análisis (Ferrer et al.,2002).

c) Condiciones hidrogeológicas:

En su mayoría, las fallas en un talud es por la presencia de agua y los efectos que produce en el terreno. Se puede decir, que el agua es el mayor enemigo para la estabilidad de un talud.

La presencia de agua en el talud disminuye la estabilidad debido a que se reduce la resistencia el suelo y se incrementa las fuerzas tendentes a la inestabilidad. Los efectos más resaltantes son:

- Reducción de la resistencia al corte de los planos de rotura cuando se disminuye la tensión normal efectiva
- Presión en las grietas de tracción incrementa las fuerzas que provocan el deslizamiento
- Aumento del peso del material a consecuencia de la saturación
- Meteorización
- Erosión interna

El perfil de la superficie freática de un talud obedece a distintos factores: permeabilidad de los materiales, geometría y condiciones del talud. La estructura geológica influye en el nivel freático, así como si el material del terreno es permeable o con baja permeabilidad (figura 3) (Ferrer et al.,2002).

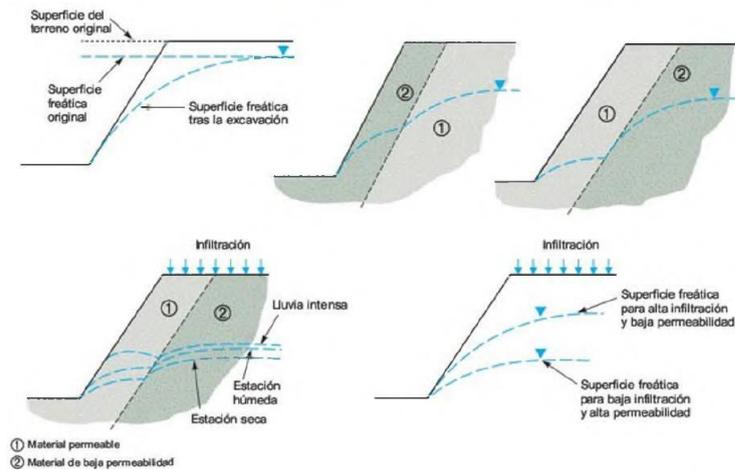


Figura 3. Nivel freático de un talud según la distribución de los materiales
Fuente: Ferrer *et al.* (2002)

d) Propiedades mecánicas de los suelos y de los macizos rocosos:

La probable rotura de un talud está relacionada con la resistencia al corte del suelo. Dicha resistencia depende de los parámetros geotécnicos de cohesión y rozamiento interno.

En macizos rocosos, las características y estructura del macizo la resistencia al corte estará gobernado por las propiedades de las discontinuidades y/o las propiedades de la matriz rocosa (Ferrer *et al.*,2002).

e) Tensiones naturales:

El estado estacional de un talud pende de su geometría y su estado de tensiones. Cuando se realizan excavaciones profundas, las altas tensiones que se desarrollan al pie del talud producen desequilibrio. De igual manera, en la cabecera del talud se crean estados tensionales anisótropos (Ferrer *et al.*,2002).

2.3.2. Tipos de deslizamiento o roturas

Los tipos de rotura en taludes se pueden dividir en dos grupos, según el tipo del material:

- Rotura de taludes en suelos
- Rotura de taludes en rocas

a) Rotura de taludes en suelos:

La rotura de los taludes en suelos se da mayormente a favor de superficies curvas, debido a las condiciones estratigráficas y morfológicas del talud.

Los tipos de rotura en suelos son:

- Rotura plana
- Rotura circular de pie
- Rotura circular profunda
- Rotura según una poligonal
- Falla por rotación

Las roturas de taludes en suelos a favor de un único plano paralelo son casi inexistentes, no obstante, este tipo de rotura puede ser apropiado en las laderas naturales con recubrimiento de suelo sobre las rocas (figura 4a)

La rotura más recurrente (figura 4b) es la circular de pie, ocurre en terrenos homogéneos o por las propiedades geotécnicas homogéneas de los distintos estratos.

Se llama la rotura circular profunda (figura 4c) porque la superficie de rotura pasa por debajo del pie del talud.

La rotura según una diagonal está formada por varios tramos planos (figura 4d) por la existencia de diferentes estratos con distinta composición y propiedades (Ferrer et al.,2002).

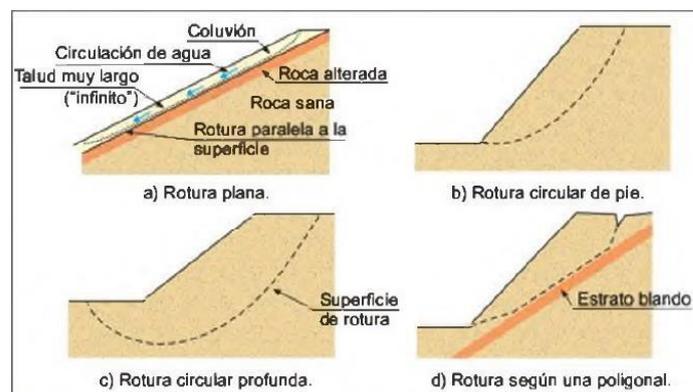


Figura 4. Tipos de superficies de rotura en suelos

Fuente: Ferrer *et al.* (2002)

b) Rotura de taludes en rocas:

Los tipos de rotura más frecuente en rocas son los siguientes:

- Rotura plana
- Rotura en cuña
- Vuelco de estratos
- Rotura por pandeo
- Rotura curva

En la figura 5, se observa la representación estereográfica de las condiciones estructurales de alguno de ellos.

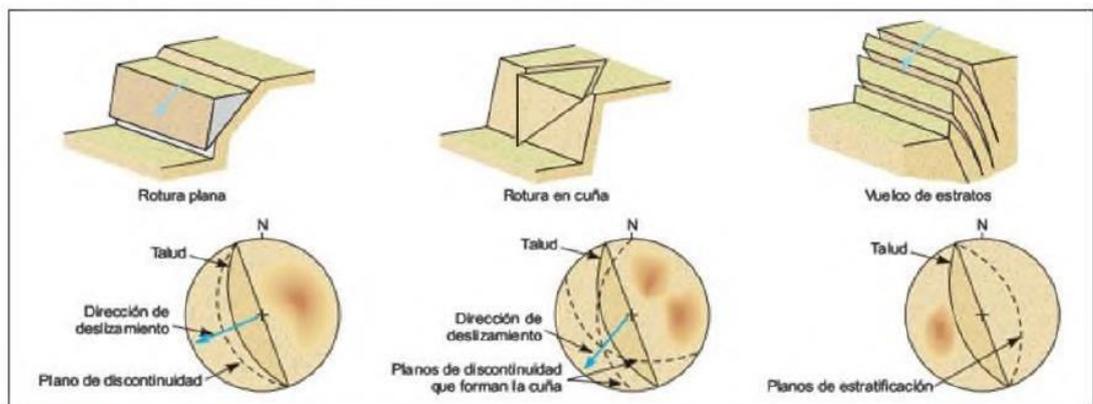


Figura 5. Representación estereográfica de los planos de discontinuidad con respecto a la orientación del talud para algunos tipos de roturas en macizos rocosos

Fuente: Ferrer et al. (2002)

c) Rotura plana:

Se da por la aparición de una discontinuidad o superficie plana ya existente. Las discontinuidades pueden ser: una falla, una junta tectónica, la estratificación, etc.

Estas discontinuidades (figura 6) deben cumplir la condición de buzamiento a favor del talud y tener la misma dirección ($\psi > \alpha$). El ángulo de buzamiento de la discontinuidad debe ser mayor al ángulo de rozamiento interno ($\alpha > \phi$) (Ferrer et al.,2002).

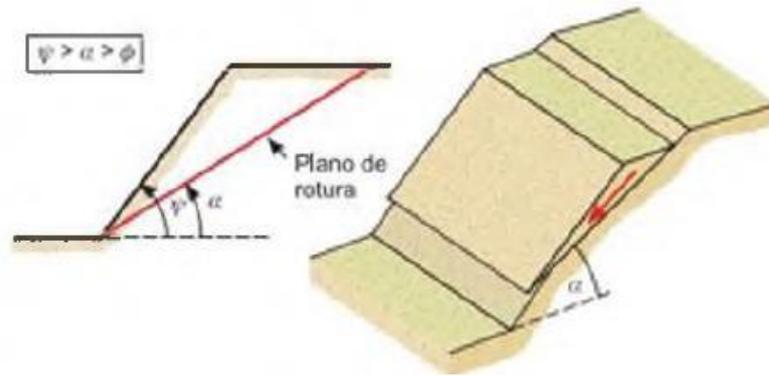


Figura 6. Condiciones para la rotura plana

Fuente: Ferrer et al. (2002)

d) Rotura en cuña:

El deslizamiento del bloque da la apariencia de una cuña, ello se da por la intersección de dos planos de discontinuidad. Para que este tipo de rotura exista, los planos de discontinuidad deben aparecer en la superficie del talud y se debe cumplir las mismas condiciones que para la rotura plana $\psi > \alpha > \phi$. (figura 7) (Ferrer et al.,2002)

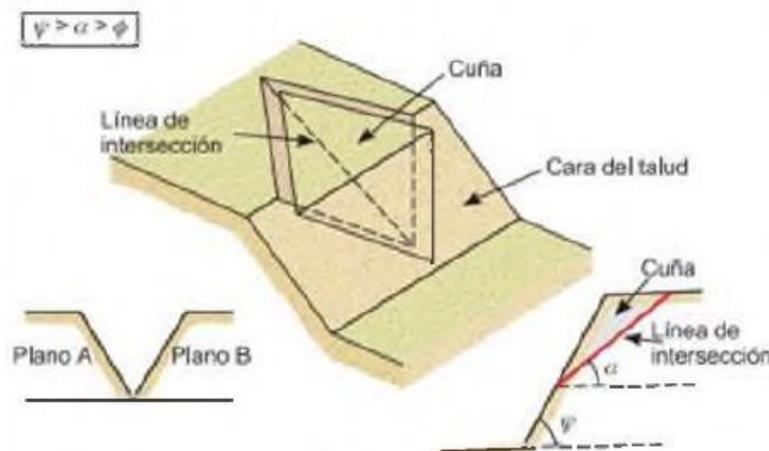


Figura 7. Condiciones para la rotura en cuña

Fuente: Ferrer et al. (2002)

e) Vuelco de estratos:

Se presenta en taludes de macizos rocosos en donde los estratos por general se presentan fracturados por bloques a favor de sistemas de discontinuidades entre si ortogonales (figura 8)

Los estratos presentan buzamientos de forma contraria a la inclinación que se encuentra el talud y la dirección es paralela o subparalela al mismo (Ferrer et al.,2002).

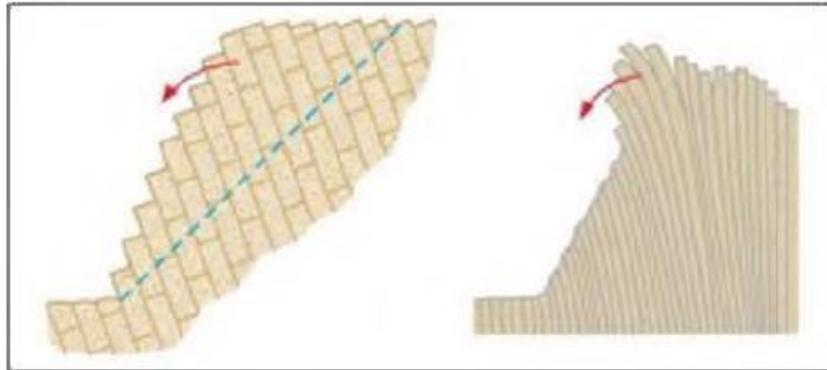


Figura 8. Esquemas de taludes con estructura favorable al vuelco de estratos
Fuente. Ferrer *et al.* (2002)

f) Rotura por pandeo

Se produce a favor de los planos de estratificación que se dan paralelos al talud $\alpha = \psi$ y el buzamiento es mayor que el ángulo de rozamiento interno $\alpha > \phi$.

La rotura se puede presentar con o sin flexión del estrato, para que ocurra es necesario que los estratos sean esbeltos (comprado a la altura del talud) para que se presente el pandeo (figura 9) (Ferrer et al.,2002).

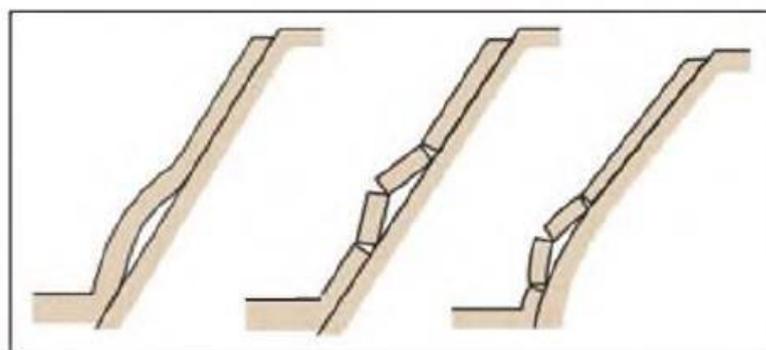


Figura 9. Esquema de pandeo en estratos verticalizados, con flexión y fractura
Fuente: Ferrer *et al.* (2002)

g) Rotura curva

Puede manifestarse en macizos rocosos blandos de escasa competencia y en macizos rocosos muy alterados o muy fracturados que muestran un comportamiento isótropo en el cual los planos de discontinuidad no controlan el comportamiento mecánico (figura 10), en otras palabras, el macizo se comporta como suelo (Ferrer et al.,2002).

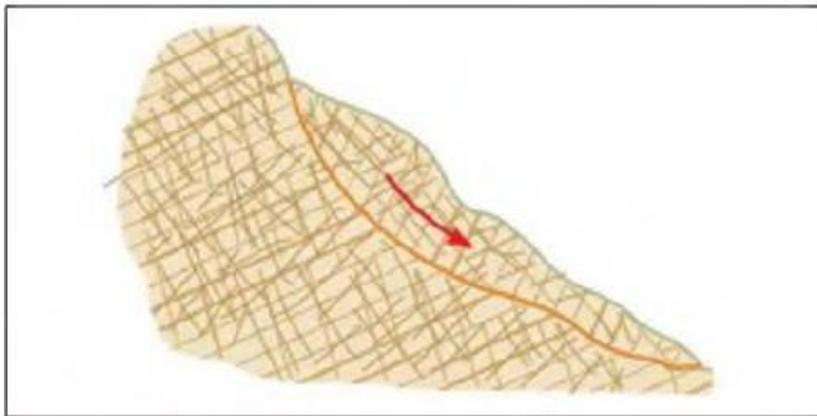


Figura 10. Esquema de rotura curva en macizos rocosos intensamente fracturados

Fuente: Ferrer *et al.* (2002)

2.3.3. Análisis de estabilidad de taludes

a) Evaluación de estabilidad de talud

Para poder evaluar la condición de estabilidad del talud el Profesional Responsable incluirá el desarrollo de los siguientes criterios de evaluación:

- Estudio de mecánica de suelos
- El comportamiento geodinámico del área.
- El flujo de agua (nivel freático).
- La geometría del talud y la topografía del entorno.

El Profesional Responsable deberá evaluar la condición de estabilidad del talud para solicitaciones estáticas y sísmicas. El factor de seguridad

mínimo del talud deberá ser 1.5 para condiciones estáticas y 1.25 para condiciones sísmicas (tabla 1). Si estos factores de seguridad no son cumplidos, el Profesional Responsable deberá seleccionar un método de estabilización o la combinación de varios métodos de estabilización y probarlos hasta que la solución propuesta alcance la aprobación de ambos factores de seguridad. La solución de forma complementaria, pero necesaria, deberá prever protección adecuada de la superficie del talud contra la erosión. (NORMA CE 0.20, s.f.)

Tabla 1
Factor de seguridad a emplear en el análisis de estabilidad de taludes

Normativa	Factor de Seguridad del talud	
	Estática	Pseudo estática
CE.0.20	1.5	1.25

Fuente: NORMA CE 0.20, s.f.

b) Análisis probabilístico de la estabilidad del talud

Cuando las decisiones se toman en condiciones de incertidumbre, como en la mayoría de los casos de diseño de taludes, no es práctico utilizar métodos de análisis deterministas, ya que requieren parámetros constantes y puede decidir utilizar el valor medio dependen de la suposición de diseño. De esta forma consiguen resultados completamente diferentes.

El análisis de probabilidad permite cuantificar tanto la variabilidad como el incierto, se determina primero por la ocurrencia de eventos fortuitos que pueden ser calculados por las probabilidades, el otro se define como cierto. Las variables impredecibles son probabilidades desconocidas de un evento que pueden estar sobreestimadas por la percepción y práctica de la ingeniería.

Dentro de las variabilidades de la ingeniería de taludes, uno puede distinguir:

- Como un resultado de la composición geológica del suelo, la existencia de heterogeneidades, anisotropías, comportamiento inelástico y presencia de discontinuidades.
- Como una consecuencia de errores de observación, debido a dificultades de observación, desperfectos de los instrumentos y problemas de acercamiento.
- Los errores de las muestras de diferentes tipos, tales como el tamaño incorrecto de la muestra, como consecuencia del método escogido y la baja representatividad de la muestra.

Tan lejos como las incertidumbres están comprometidas, algunas conclusiones pueden ser realizadas:

- La aplicación de cargas impredecibles o inesperadas durante la vida del talud.
- Desconocimiento del verdadero comportamiento mecánico del talud.
- Observaciones erróneas y mediciones de pendientes pasadas
- Simplificaciones o aproximaciones de modelos matemáticos para el análisis de estabilidad.

De todas estas dificultades y limitaciones es claro que cualquier sistema específico de evaluación de estabilidad de taludes debe tomar dentro del cálculo la variabilidad y la incertidumbre. Las técnicas determinísticas no son adecuadas para este propósito. Sin embargo, el uso de métodos probabilísticos no ha sido completamente explorado por algunos ingenieros. Para empezar con la definición de la probabilidad de falla de un talud, es necesario distinguir las definiciones de diferentes autores:

- Shuk en 1970 consideró que una probabilidad representa el porcentaje de taludes que fallan dentro de un número cierto de taludes geoméricamente similares.
- Coates en 1965 propuso que la probabilidad de falla no es más que el porcentaje de un talud que falla, con respecto al volumen estable inicial.

- In 1981, Coates condicionó que este tiene el sentido de probabilidad relativa de ocurrencia de falla en un talud, dado a la geométrica crítica y a las variaciones de resistencia, nivel freático y las depresiones para producir inestabilidad.
- Otros autores imaginan como en un proceso de Bernoulli o binario a una variable estocástica, debido a la hipótesis de que todos los taludes van a fallar a lo largo de los periodos geológicos, así es que las mediciones relativas de tiempo para que cada talud falle respecto a los demás es el mismo que el de la población.

Sin embargo, la elección de la definición no está motivada por los métodos matemáticos de su definición, hay algunas ventajas de comprender los conceptos probables de estabilidad o la confiabilidad estructural, para que se pueda hacer el uso correcto de estos métodos.

c) Métodos de cálculo

Para la estabilidad de taludes existen dos métodos de cálculo:

- Métodos numéricos

En el cálculo se analiza las deformaciones del terreno, asimismo, las leyes de la estática. Su aplicación es compleja por ello debe utilizarse el método de los elementos finitos u otros métodos numéricos.

- Métodos de equilibrio límite

No toma en cuenta las deformaciones del terreno solo se basa en las leyes de la estática para determinar la inestabilidad del talud haciendo uso de las técnicas de equilibrio límite.

Se puede clasificar en 3 grupos:

- Métodos exactos

Mediante casos de geometría sencilla: rotura planar y rotura por cuñas se da una posible solución aplicando las leyes de la estática.

- Métodos no exactos:

En la mayoría de casos de geometría de superficie de rotura no hay una solución exacta aplicando las ecuaciones de la estática. Por tanto, mediante los métodos de estabilidad global (en desuso) y métodos de dovela, la masa deslizante se subdivide en fajas verticales.

- Métodos aproximados

Son aquellos que no cumplen con la ecuación de la estática

En la figura 11, se muestra un mapa conceptual con los diferentes métodos de cálculo para estabilidad de talud.

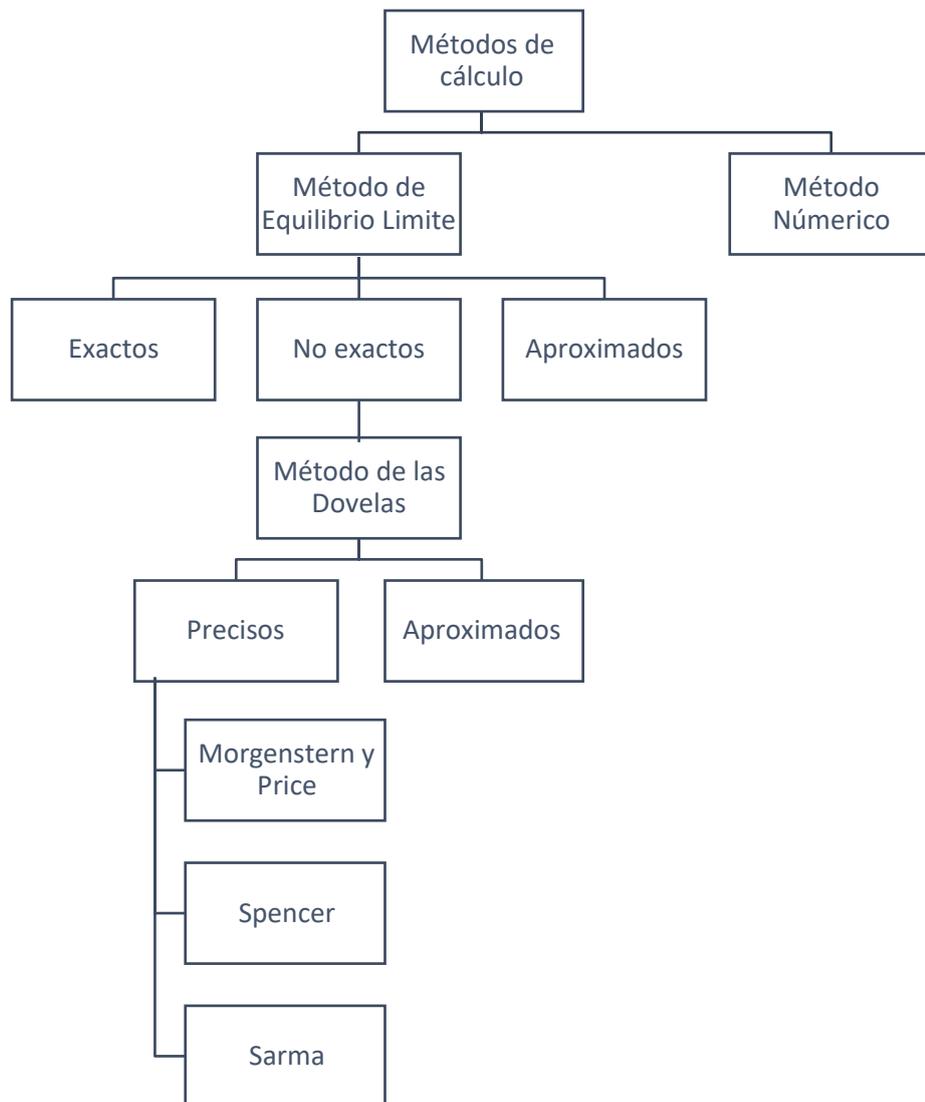


Figura 11. Métodos de cálculos de estabilidad de talud
Fuente: Instituto Geológico y Minero de España IGME (1994)

d) Método Morgenstern y Price

El método Morgenstern y Price (1965) asume la existencia de una función, la cual es una relación entre las fuerzas de cortante y las fuerzas normales entre dovelas. (Suarez, 2009)

La regla de correspondencia entre estas fuerzas puede estimarse constate, tal cual es el caso del método de Spencer, o se puede considerar otro tipo de función. La eventualidad de suponer cierta función para hallar los valores de las fuerzas entre dovelas, lo presenta como un método más preciso que el de Spencer. (Suarez, 2009)

No obstante, esta suposición de funciones distintas tiene muy poca consecuencia para el cálculo del factor de seguridad cuando se satisface

el equilibrio estático y existe muy poca desigualdad en los resultados del método de Spencer y el de Morgenstern y Price. La técnica de Morgenstern y Price, de la misma manera que el de Spencer, es un método muy preciso, el cual es aplicable a la mayoría de geometrías y perfiles de suelo (Suarez, 2009)

e) Método Spencer

El método de Spencer satisface completamente el equilibrio de momentos, así como el de esfuerzos. La técnica de Spencer (1967) se fundamenta en la suposición de que las fuerzas son paralelas entre dovelas, entre sí, es decir tienen igual ángulo de inclinación (figura 12) (Suarez, 2009)

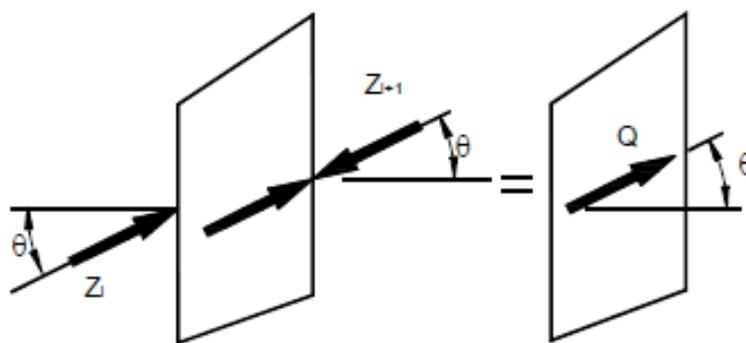


Figura 12. Paralelismo de las fuerzas entre dovelas en el método de Spencer
Fuente: Suarez (2009)

La inclinación definida de estas fuerzas entre partículas, no es conocida y se halla como una de las incógnitas en el resultado de las ecuaciones de equilibrio. Spencer en un principio planteo su método para superficies circulares sin embargo esta técnica se puede expandir de forma sencilla a superficies no circulares (Suarez, 2009)

Spencer propone dos ecuaciones: una de equilibrio y otra de momentos, estas se solucionan para hallar los factores de seguridad F y los ángulos de inclinación de las fuerzas entre dovelas θ (figura 13) (Suarez, 2009)

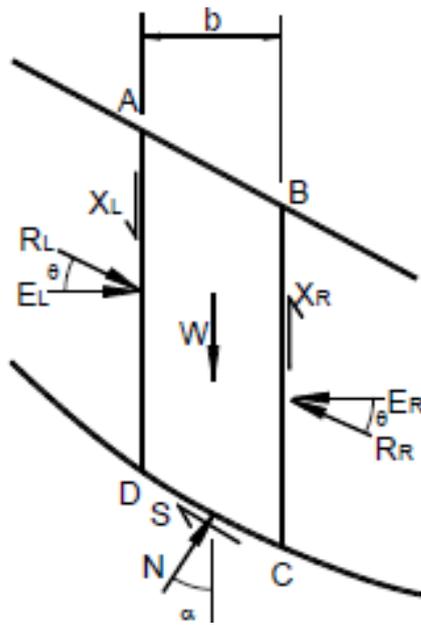


Figura 13. Fuerzas que actúan sobre las dovelas en el método de Spencer
Fuente: Suarez (2009)

Las ecuaciones F y θ se resuelven utilizando un sistema de ensayo y error en el cual se asumen los valores de estos elementos (de manera reiterada) hasta que se logra un nivel tolerable de error. (Suarez, 2009)

Cuando se obtienen los valores de F y θ , se procede a hallar las demás fuerzas sobre las dovelas individuales. El método de Spencer es considerado muy preciso y aplicable, abarca la mayoría de tipos de geometría de talud y perfiles de suelo y es quizás, la técnica de equilibrio más completo y más sencillo para hallar el factor de seguridad. (Suarez, 2009)

f) Método Sarma

El método de Sarma (1973) es aplicable a cualquier superficie de deslizamiento con cualquier. Es un método riguroso ya que satisface el equilibrio tanto de fuerzas como de momentos, y se diferencia de los otros enfoques en que admite una aceleración ficticia K_c como medida de seguridad. Este coeficiente K_c se llama aceleración de Sarma y se puede describir como el valor de aceleración horizontal necesaria para hacer

inminente la ruptura de la masa, es decir, para hacer unitaria el valor del factor de seguridad. (Sarma, 1973)

Por otro lado, un valor nulo de K corresponde al factor de seguridad estático. La figura 14, contiene las fuerzas que actúan sobre una rebanada genérica considerada por el Método Sarma. Como en el método de Morgenstern y Price, este método también asume una función dada de distribución de fuerzas normales y tangenciales entre rebanadas y, por lo tanto, el valor del coeficiente de aceleración puede calcularse directamente para un FS asumido dado. Dado que este método es el objetivo de todo el estudio llevado a cabo en el marco de esta tesis, el próximo capítulo está destinado única y exclusivamente a su explicación detallada. (Sarma, 1973)

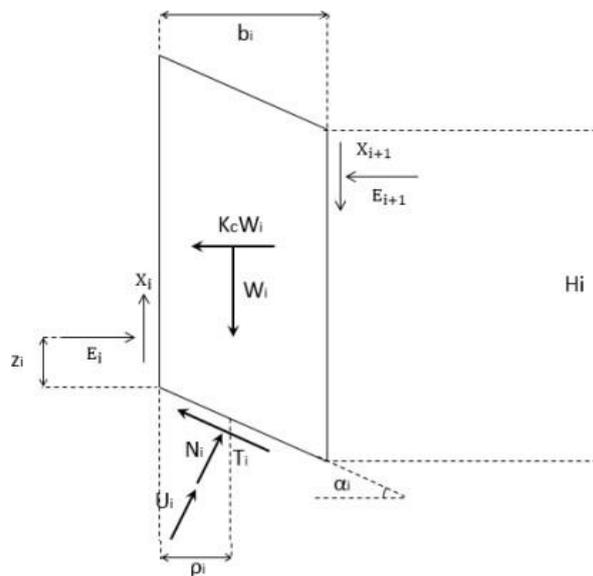


Figura 14. Fuerzas sobre una rebanada genérica considerada por el Método Sarma
Fuente: Sarma (1973)

g) Análisis Pseudo estático

En el Análisis Pseudo estático, se pone en todos los componentes examinados en el talud, una fuerza horizontal semejante a un coeficiente k el cual se multiplica por el peso del elemento.

En el año 1950, Terzaghi propuso que la fuerza sísmica Pseudo estático se debe aplicar en el centro de gravedad de cada una de las dovelas. Posteriormente, en 1978 Makdisi y Seed señalaron que la aceleración

más alta del talud aumenta de abajo hacia arriba, por consiguiente, la fuerza sísmica se debe aplicar arriba del centro de gravedad.

El método usa la misma técnica para los distintos métodos de equilibrio limite, lo que lo hace diferente es que se incorporan las fuerzas Pseudoestático horizontales y verticales como resultado del evento sísmico. Dichas fuerzas se consideran que son proporcionales al peso de la masa de deslizamiento potencial. Los coeficientes sísmicos se representarán por k_v y k_h , estos se encuentran en función de la aceleración de la gravedad debido al sismo (figura 15). (Suarez, 2009)

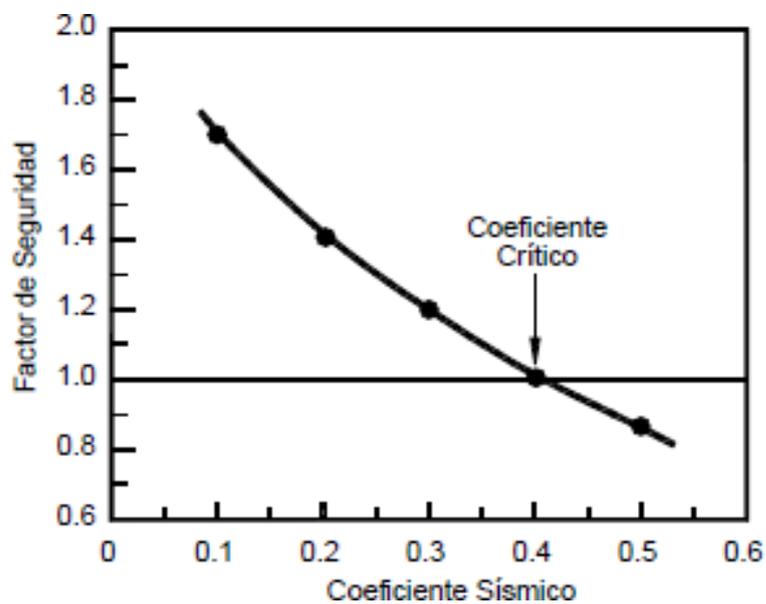


Figura 15. Variación del factor de seguridad con el coeficiente sísmico horizontal k_h

Fuente: Suarez (2009)

Por lo general, se sugiere el análisis (con carga sísmica pseudo estática) exclusivamente a la superficie que es más crítica reconocida en el análisis estático. Normalmente, los análisis solo se utiliza la fuerza sísmica horizontal y k_v se asume que es cero porque su valor no es representativo. Además, para un análisis muy conservador se asume k_h deberá ser igual a la máxima aceleración pico esperada en el sismo. (Suarez, 2009)

Para el análisis sísmico (figura 16) se usarán las fuerzas pseudo estáticas siguientes:

$$F_h = \frac{a_h W}{g} = k_h W$$

$$F_v = \frac{a_v W}{g} = k_v W$$

Donde:

F_h y F_v = Fuerzas pseudo estáticas horizontales y verticales

a_h y a_v = Aceleraciones máximas horizontales y verticales

k_h y k_v = Coeficientes pseudoestáticos

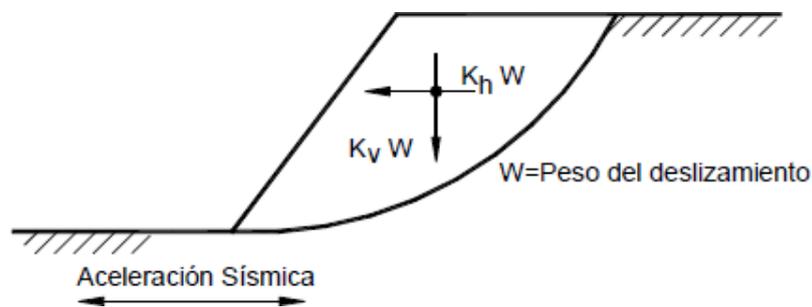


Figura 16. Análisis sísmico pseudoestático de equilibrio límite para una falla curva

Fuente: Suarez (2009)

h) Ensayos de laboratorio e in situ

- Ensayo Granulométrico

El análisis granulométrico de suelos da a conocer y determina el tamaño de las partículas que componen la muestra de suelo analizada. Para conocer el tamaño de las partículas del agregado se utiliza tamices de malla cuadrada. En la tabla 2, se muestra la determinación de la granulometría de agregados gruesos. (ASTM-D422, s.f)

Tabla 2

Análisis granulométrico

TAMIZ	Malla (mm)	Peso Retenido (g.) (a)	% Retenido (b)	% Ret. Acumulado (e)	% Pas. Acumulado (d)
3"	75 mm				
2"	50.8 mm				
1 1/2"	38.1 mm				
1"	25.4 mm				
3/4"	19 mm				
1/2"	12.7 mm				
3/8"	9.5 mm				
#4	4.76 mm				
# 10	2 mm				
#20	0.84 mm				
#40	0.425 mm				
#60	0.25 mm				
#140	0.106 mm				
#200	0.075 mm				
FONDO					
Total (g.)		$\Sigma(a)$			

Fuente: ASTM-D422, (s.f)

Cálculos:

% Retenido $(a / \Sigma a) \times 100$

% Retenido Acumulado $c + b$

% Pasante Acumulado $100 - c$

- Clasificación de suelos

La clasificación del suelo es importante para conocer las propiedades del suelo, en el área de ingeniería se utilizan principalmente dos sistemas de clasificación de suelos. El primero, el Sistema Unificado de Clasificación del Suelo (SUCS o USCS). Y el segundo, el sistema de clasificación AASHTO (American Association of State Highway and Transportation Officials)

SUCS

El sistema de clasificación SUCS es utilizado en gran parte de la ingeniería geotécnica. Los suelos se clasifican en términos generales en tres divisiones: 1) suelo de grano grueso: gravas y arenas. 2) suelo de grano fino: a) limos y arcillas donde el límite líquido es menor de 50 y b) limos y arcillas donde el límite líquido es mayor de 50 y 3) suelos muy orgánicos. (ASTM D2487, s.f.)

AASHTO

La clasificación de suelos AASHTO es de uso especial para la construcción de vías, en particular en subrasantes y terraplenes. No obstante, es importante mencionar que un suelo que es bueno para el uso de subrasantes de carreteras puede llegar a ser muy pobre en otros fines. Los suelos se dividen en ocho grupos, A-1 a A-8. Los grupos A-1, A-2 y a-3 corresponde a suelos granulares y los A-4, A-5, A-6 y A-7 corresponde a suelos cohesivos. A-8 son turba, compostas orgánicas y otros tipos de suelos orgánicos se identifican mediante inspección visual. (ASTM D3282, s.f.)

- Ensayo de densidad in situ

Mediante este ensayo se puede determinar la densidad in situ del suelo. Uno de los métodos más utilizados es el método de cono de arena, aplicado a suelos cuyas partículas no superan el tamaño de 38mm. (ASTM D1556, s.f.)

Para la realización de este ensayo se utiliza un equipo compuesto de una jarra, un cono metálico y arena de Ottawa (figura 17). La jarra se llena con arena de Ottawa que se encuentra seca y uniforme, y se halla el peso de la jarra, el cono y la arena que se introdujo en la jarra. Luego, se excava un pequeño agujero donde el suelo esta compactado, se coloca la base en esa superficie y se pesa la muestra extraída. Des pues, el cono con la jarra se voltea y se pone donde se encuentra el agujero excavado. Se abre la válvula y se deja que la arena fluya por el envase del agujero. Cuando se llena el agujero se extrae la arena del agujero y se pesa el recipiente. Finalmente, se halla el volumen del agujero excavado y luego la densidad del suelo. (Braja, 2001)

Es importante recalcar que este tipo de método se limita a suelos saturados y muy blandos o muy sueltos

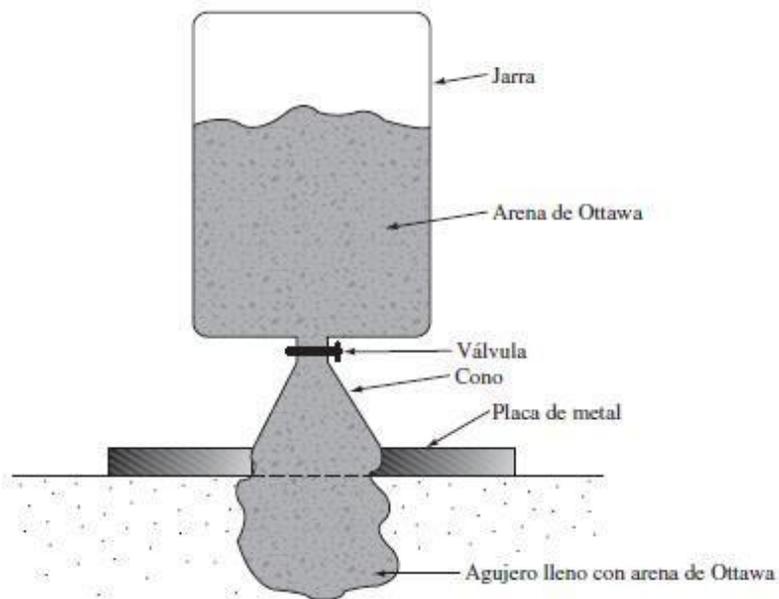


Figura 17. Método de cono de arena para hallar densidad

Fuente: Braja (2001)

- Ensayo corte directo a gran escala

El ensayo de corte directo estándar permite hallar la resistencia de una muestra de suelo, para ello se aplican cargas y/o deformaciones que simulen lo que ocurrirá en un terreno si es sometido a carga. No obstante, el equipo que se usa en este tipo de ensayo tiene dimensiones que no facilitan el adecuado estudio de los parámetros de los suelos granulares.

En los suelos gravosos, por ejemplo: el conglomerado o grava de Lima, se sugiere el uso de equipos de gran escala ello permitirá obtener resultados más óptimos, muy cercanos a la realidad del tamaño máximo de las partículas.

Por consiguiente, el ing. Daniel Basurto para cuantificar en suelos gravosos los parámetros de resistencia diseñó e implementó un ensayo de corte directo a gran escala en el laboratorio Geotécnico del Centro Peruano Japonés de Investigaciones Sísmicas y Mitigación de Desastres (CISMID). La construcción del equipo de 0.60x0.60x0.60m.

y la ejecución del mismo (Basurto, 2010) siguió como referencia la norma ASTM -D3080.

En la figura 18, se observa el esquema de ensayo de corte directo en gran escala

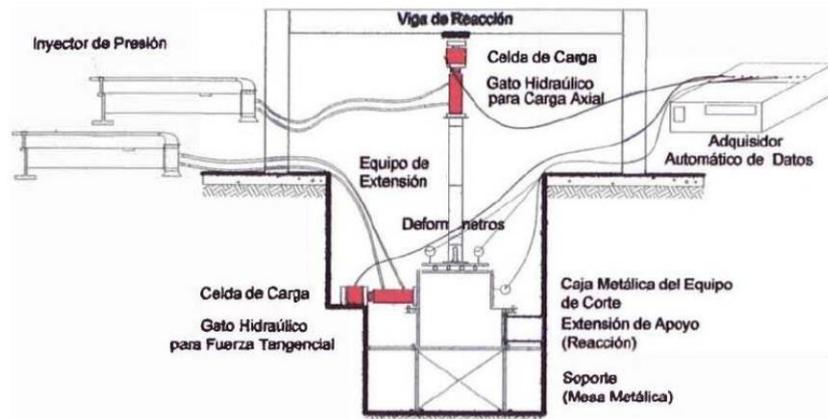


Figura 18. Representación esquemática del equipo de Corte Directo a Gran Escala
Fuente: Basurto (2010)

En la figura 19, se observa el equipo de corte directo a gran escala.



Figura 19. Equipo para ensayo de corte directo a gran escala
Fuente: (Basurto, 2010)

- Ensayo triaxial

Ensayo de corte triaxial es uno de los métodos más fiables para determinar parámetros de resistencia al corte. Es ampliamente utilizado para la investigación y pruebas periódicas. La prueba se considera confiable por las siguientes razones: (Braja, 2001)

Brinda información sobre el comportamiento esfuerzo-deformación del suelo que la prueba de corte directo no.

Genera condiciones de esfuerzo más uniformes que la prueba de corte directo al hacer su concentración de esfuerzos a lo largo del plano de falla.

Da más flexibilidad en términos de la trayectoria de carga.

Generalmente se usa una muestra de suelo de 38 mm de diámetro y 76 mm de longitud en la prueba de corte triaxial. La muestra está rodeada por una fina membrana de goma y se coloca dentro de una cámara cilíndrica de plástico que generalmente se llena con agua o glicerina. La muestra se somete a presión de confinamiento comprimiendo el fluido en la cámara. (Tenga en cuenta que a veces se usa aire como medio de compresión). La falla por cortante en el esfuerzo axial del espécimen se aplica a través de un pistón cargado verticalmente (a veces llamado estrés desviado). El esfuerzo se añade de dos formas: (Braja, 2001)

Aplique pesos muertos o presión hidráulica en incrementos iguales hasta que la muestra llegué al fracaso. (La deformación axial de la muestra resultante de la carga aplicada a través del pistón se mide con un indicador de cuadrante).

Aplicación de deformación axial a velocidad constante mediante un reductor o una prensa carga hidráulica. Esta es una prueba de deformación controlado. La carga aplicada por el pistón correspondiente a una deformación axial dada se mide por un anillo de prueba o celda de carga unida al pistón.

En la figura 20, se muestra un diagrama de la disposición de la prueba triaxial.

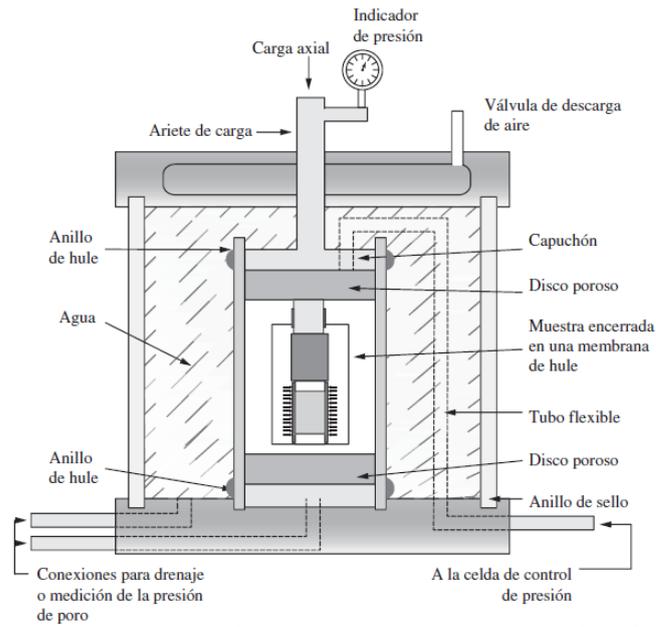


Figura 20. Diagrama de un equipo de ensayo triaxial
Fuente: Braja (2001)

Realizando varias pruebas se lograría obtener la envolvente de Mohr para un suelo determinado (figura 21).

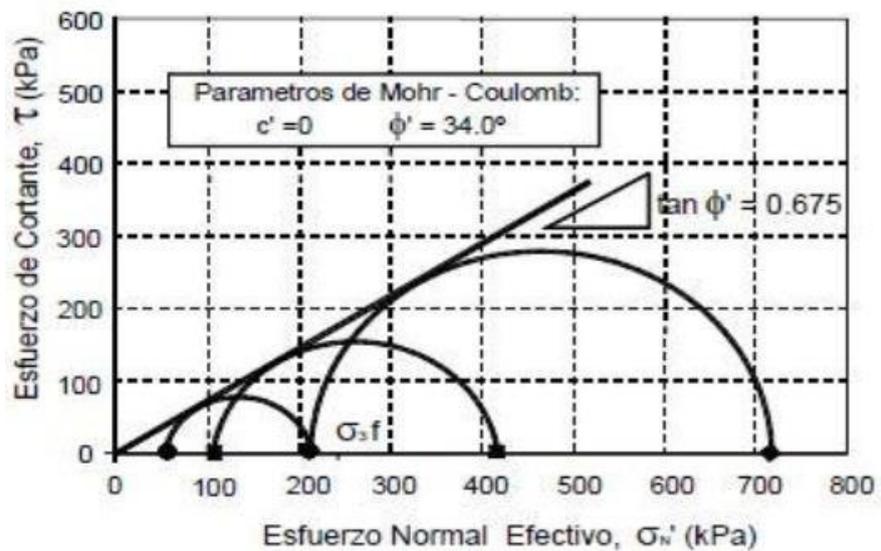


Figura 21. Círculos de Mhor y envolvente de un ensayo triaxial
Fuente: Suarez (2009)

i) Uso de Software: Slide V. 6.0

Slide es un software que evalúa la estabilidad de taludes en 2D donde se utiliza el método de equilibrio límite para calcular la estabilidad de un talud. Además, se puede evaluar efectos de cargas externas, sísmicas. Este programa fue desarrollado por Rocscience para hallar el factor de seguridad tanto en suelos como en rocas, por ello analiza criterios de rotura: Mohr-Coulom, Hoek -Brown, entre otros. En el Slide se puede utilizar distintos métodos de análisis: Fellenius, Janbu, Bishop, Spencer, Morgentern Price, entre otros. También, se pueden desarrollar análisis estadísticos y pseudoestáticos de sensibilidad y probabilísticos (Rocscience, 2017)

j) Técnicas de estabilización de taludes

La estabilización es un proceso físico en el que se mejoran las condiciones del suelo y aumentar la estabilidad de taludes. De acuerdo con la normativa peruana se denomina CE.020. Estabilización de suelos y taludes (2012), la estabilización de taludes consiste en una solución geotécnica compleja que se implementa en el talud para permitirle equilibrar adecuadamente y estable en condiciones estáticas y pseudoestáticas. Esta norma define 5 métodos de estabilización y restauración de taludes, que consisten en caminos a seguir proporciona estabilidad de taludes, estos son: (NORMA CE 0.20, s.f.)

Presión hidrostática reducida: para taludes saturados, la presión hidrostática acumulada reduce la resistencia al corte, lo que hace cambiar la estabilidad. Por lo tanto, esta metodología establece la inclusión de soluciones de drenaje superficial y drenaje profundo al talud.

Reducción de los esfuerzos cortantes solicitantes: esta metodología sugiere reducir la pendiente del talud a una determinada pendiente. Es posible sugerir el uso de bermas de equilibrio, cortes en la cumbre, relleno en la base, entre otras opciones de configuración de particiones.

Introducción de fuerzas resistentes: consiste en tener en cuenta las fuerzas resistentes que se integra a la pendiente para mantener la estabilidad. Estas pueden consistir en un sistema de anclajes.

Mejoría de las propiedades del depósito del talud: esto incluye mejorar los parámetros geotécnicos del material del talud utilizando aditivos químicos, vegetación, entre otras medidas.

Inclusión de inhibidores o reguladores de energía de caída: consisten en medidas tales como soportes estructurales externos o barreras protectoras para taludes en bloques inestables, rocas fuertemente fracturadas. entre las barreras. Para la protección de pantallas metálicas, muros de impacto y vallas de preservación.

- Método de corte de talud

Este método consiste en realizar movimientos de tierra que producen excavaciones y rellenando el terraplén para darle una configuración que aumente su estabilidad general. Las obras pueden reducir ángulos en perfiles inclinados, reducir altura, formar aceras o alguna forma de escalado. La principal limitación es la cuestión del presupuesto, ya que este trabajo está ligado a la necesidad de grandes máquinas. Este método se recomienda para pendientes muy pronunciadas y empinadas, con partes sobresalientes que inevitablemente se caen o en peligro de desprenderse por su posición inestable. (Díaz, 2008)

- Método de vegetación

El paisajismo es un método activo que mejora las condiciones naturales de las laderas y luchando directamente con los procesos de erosión, una falla común en la Costa Verde. Este método consiste en colocar una barrera de vegetación física frente a la superficie del talud, que le impida aflojar el material. (Díaz, 2008)

Los acantilados de la Costa Verde presentan varios tramos con vegetación que protegen a los taludes de los procesos erosivos fluviales y eólicos. Sin embargo, en varios tramos existen dificultades para el crecimiento de vegetación por condiciones como la verticalidad excesiva y el tipo de material gravoso. Para ello, existen metodologías como la hidrosiembra que permite el plantado de la vegetación y se realiza por medio de rociamiento de una emulsión compuesta por

aglutinante, nutrientes que permite la vegetación. Así también existe un sistema de geomallas que permite crear un espesor de estrato orgánico para la vegetación en caso el terreno no sea apto para este método. (Díaz, 2008)

Cabe señalar que, según Díaz (2008), se debe tener cuidado con el riego y emplear para esta metodología un riego de tipo por goteo y no por inundación, pues este último puede llegar a debilitar las propiedades resistentes al aumentar la presión de poros y aumentar su peso, incrementando así las fuerzas desestabilizantes.

- Muros de gaviones

Los muros de gaviones son los más fáciles de construir para evitar el colapso rocas procesos erosivos de los taludes afecten a las zonas próximas. Este muro es un sistema de mallas rellenas de piedras de diferentes tamaños. Su configuración lo convierte en un elemento flexible y funciona como la estructura monolítica que es construidos en diferentes niveles y diferentes espesores. Además del tamaño de partícula la piedra también se considera un material permeable en el que se puede plantar vegetación. (Díaz, 2008)

- Mallas metálicas ancladas

Las mallas metálicas consisten en un sistema de mallas de alambre de doble o triple torsión que se fijan y se crea una especie de pantalla a lo largo de la pendiente que trabaja en equilibrio final para resistir el impacto del suelo. Las mallas metálicas se pueden dividir en dos grandes grupos, dependiendo de la densidad de sujeción y de cómo se coloquen: mallas colgantes y mallas adosadas. El primero dirige el movimiento del material que cae del relleno, haciendo que se acumule en la base del relleno. Al mismo tiempo, la malla adosada prácticamente se adhiere al talud, impidiendo el movimiento de materiales en zonas inestables. (Díaz, 2008)

2.4. Definición de términos básicos

Angulo de fricción:

Angulo entre el eje de esfuerzos normales y la tangente en la envolvente de Mohr en un punto que representa una condición dada de esfuerzo de ruptura de un material sólido. (Hoyos, 2001)

Cohesión:

Componente de la resistencia al corte del suelo dada por el término “c” y es una característica propia de los materiales que presentan resistencia la corte bajo un esfuerzo normal nulo. (Hoyos, 2001)

Peso específico del suelo:

Relación numérica entre peso unitario de un cuerpo y el peso unitario del agua en las mismas condiciones de presión y temperatura. (Hoyos, 2001)

Aceleración sísmica:

La aceleración sísmica es una medida utilizada en terremotos que consiste en una medición directa de las aceleraciones que sufre la superficie del suelo. (Hoyos, 2001)

Factor de seguridad:

En estabilidad de talud es la relación entre las fuerzas o momentos resistentes y las fuerzas o momentos en una masa de suelo. (Hoyos, 2001)

Falla Local:

Cuando la superficie de falla corta el plano inclinado del talud entre el hombro y del pie, sin cortar el pie del talud. (Montoya, 2009)

Falla Global:

Cuando la superficie de falla tiene salida en la cercanía del pie del talud, y corresponde a una falla catastrófica del talud. (Montoya, 2009)

CAPITULO III: SISTEMA DE HIPOTESIS

3.1. Hipótesis

3.1.1. Hipótesis General

En condiciones estáticas la estabilidad del talud es estable, mientras que en condiciones pseudo estáticas existe inestabilidad.

3.1.2. Hipótesis Especificas

- a) Los parámetros geotécnicos específicos brindan un mejor resultado final para el análisis del talud.
- b) Los factores de seguridad en condiciones estáticos y pseudo estáticos en fallas locales usando el programa Slide da a conocer en qué condiciones a nivel de seguridad se encuentra el talud.
- c) Los factores de seguridad en condiciones estáticos y pseudo estáticos en fallas globales usando el programa Slide da a conocer en qué condiciones a nivel de seguridad se encuentra el talud.

3.2. Sistema de variables

Para el siguiente trabajo de investigación se determinó las siguientes variables:

- a) Variable dependiente: Estabilidad del talud
- b) Variable independiente: Análisis en condición estático y pseudo estático.

3.2.1. Definición conceptual y operacional

- a) Estabilidad del talud: Estudia al talud dando como resultado si este presenta una estabilidad o inestabilidad por la presencia de una gran altura del nivel freático, falla por suelos cohesivos o gravosos, la cual genera un deslizamiento del talud.
- b) Análisis en condición estática: Es el análisis del talud que sea realiza sin la presencia del sismo, solo está presente la carga que pueda presentar el talud.

- c) Análisis en condición pseudo estática: Es el análisis del talud que se realiza con la presencia del sismo, siendo estas las aceleraciones sísmicas en horizontal y vertical.

3.2.2. Operalización de las variables

A continuación, se presentará las variables e indicadores dependientes e independientes respectivamente

a) Variable Dependiente

En la tabla 3, se presenta las variables dependientes e indicadores de nuestra investigación.

Tabla 3

Variable e indicadores dependientes

	VARIABLE	DEFINICION	INDICADORES	ÍNDICES
DEPENDIENTE	Estabilidad del talud	Es una solución geotécnica integral que se implementa en un talud, ya sea natural o artificial. Además, es capaz de incorporarle equilibrio suficiente y sostenible, que atienda los criterios gravitatorios y sísmicos, medidos por factores de seguridad, sin afectar negativamente a su entorno.	Parámetros geotécnicos Factor de seguridad	%

Fuente: Elaboración propia.

b) Variable Independiente

En la tabla 4, se presenta las variables independientes e indicadores de nuestra investigación.

Tabla 4

Variable e indicadores independientes

	VARIABLE	DEFINICION	INDICADORES	INDICE
INDEPENDIENTE		Es el análisis que se realiza	Cohesión	Kg/cm ²
	Análisis en condición estática y pseudo estática	en el talud, siendo la condición estática sin sismo y la condición pseudo estático con la presencia de sismo.	Angulo de fricción	° (grados)
			Peso especifico	Kg/m ³
			Aceleraciones máximas	g

Fuente: Elaboración propia.

CAPITULO IV: METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

4.1. Método, orientación, enfoque e instrumento de recolección de datos

El presente estudio es una investigación documental, bibliográfica. Por medio de investigaciones internacionales, nacionales y de artículos científicos los autores y especialistas realizan estudios y ensayos de laboratorio para el análisis de la estabilidad de un talud.

El método de investigación empleado es deductivo en el marco teórico; la orientación es básica porque describe y predice la estabilidad del talud en la Costa Verde, Baja de Armendáriz en Miraflores.

El enfoque de la investigación es cuantitativo debido busca explicar causas y efectos de la inestabilidad de un talud crítico; y el instrumento de recolección de datos es retro lectiva porque se utiliza fuente de información y estudios realizada por otros investigadores.

4.2. Tipo de investigación

La investigación es de tipo descriptiva porque se describe la estabilidad de un talud critico de la Bajada de Armendáriz en el distrito de Miraflores.

4.3. Nivel de investigación

El nivel de investigación descriptica debido a que tiene como propósito describir la estabilidad de un talud crítico.

4.4. Diseño de la investigación

El diseño usado en la investigación es no experimental, ya que se usa como fuente de información los informes técnicos, tesis y libros de autores calificados, Sin embargo, también es experimental ya que se realizó un levantamiento topográfico por vuelo drone, obteniendo de esto los perfiles de talud. Es retrospectiva-transversal puesto que la investigación se desarrollará con datos existentes.

4.5. Población y muestra

4.5.1. Población

La población de estudio son los acantilados de la Costa Verde (figura 22). Su ámbito geográfico abarca en el sur desde el distrito de Chorrillos y en el norte hasta la Provincia Constitucional del Callao.

El atractivo esencial de la Costa Verde es el acceso a sus playas, siendo visitado especialmente por los surfistas. También, se encuentran parques y malecones ideales para un paseo.

Esta vía facilita el tránsito entre los distritos litorales, y se caracteriza por su acceso a la orilla del Océano Pacífico.

Por otro lado, los acantilados de la Costa Verde exhiben erosión e inestabilidad en ciertos tramos y por ello, pueden presentar derrumbes y deslizamientos de rocas que es un peligro para la vía y los transeúntes.



Figura 22. Costa Verde-Lima, Perú
Fuente: Google Earth

4.5.2. Muestra

La muestra para la investigación es un talud de la Costa Verde que se encuentra en la Bajada de Armendáriz en el distrito de Miraflores (figura 23). Este se encuentra en los límites de los distritos de los Barranco y Miraflores. El talud en estudio tiene una distancia aproximada de 160m. Los estudios realizados por geólogos señalan que en su mayoría los terrenos en esta zona son de suelos suaves y blandos (Mercado, 2021).



Figura 23. Bajada Armendáriz, Miraflores

Fuente: Elaboración propia

4.6. Técnicas e instrumentación de recolección de datos

La técnica usada es del tipo documental, la cual nos permite recopilar y seleccionar información de intereses para la investigación de la estabilidad de un talud de la Costa Verde en la Baja de Armendáriz del distrito de Miraflores.

La recolección de datos se hizo mediante investigaciones internacionales, nacionales y artículos científicos. Además, se utilizó como fuente informes técnicos y estudios realizados por la Municipalidad de Miraflores.

Las herramientas a utilizar en la investigación son:

- a) Norma técnica E.050 Suelos y cimentaciones.
- b) Norma técnica ce.020 Estabilización de suelos y taludes.
- c) Norma técnica E.030 Diseño sismorresistente

4.6.1. Instrumento de recolección de datos

El instrumento usado para la recolección de datos es la ficha de ensayos realizados por los autores de las investigaciones. En el laboratorio se realizaron ensayos de SUCS, Corte Directo, entre otros para determinar las características del suelo. También, se utilizó la información de las calicatas encontradas en los expedientes técnicos para el reconocimiento geotécnico respectivo.

4.6.2. Métodos y técnicas

En la tabla 5, se puede observar los instrumentos, técnicas, herramientas y softwares que son requeridos para realizar la investigación.

Tabla 5

Métodos y técnicas para realizar la investigación

METODOS Y TECNICAS	
Técnica y método	Estudios Geológicos realizados por los investigadores Estudios Topográficos Estudios de Mecánica de Suelos realizados por los investigadores
Herramientas	Norma E.050 Norma ce.020 Norma E.030
Instrumentos	Ficha de recolección de datos de ensayos realizados por los autores
Procesamiento de datos	Google Earth Google Maps AutoCAD Excel Slide 6.0
Presentación de resultados	de Modelamiento en Slide Cuadro comparativo

Fuente: Elaboración propia.

4.7. Descripción de procesamientos de datos

Para el procesamiento de datos de la investigación se utiliza en primer lugar los programas Google Earth y Google Maps, estos nos permiten ubicar la zona de estudio. Esta zona se localiza en la Costa Verde, Bajada de Armendáriz en el distrito de Miraflores.

En segundo lugar, las curvas de nivel de terreno se crean con el programa AutoCAD a partir de la topografía del lugar. Debido a ello se delimita el área de análisis de la estabilidad del talud.

En tercer lugar, se utiliza el programa Excel para recopilar la información de los ensayos de SUCS, Corte Directo entre otros para el respectivo análisis de estabilidad. Por el último, el programa Slide permite la modelización geotécnica del talud para así analizar su estabilidad en condiciones estáticas y pseudo estáticas.

CAPITULO V: PROCEDIMIENTO Y METODO DE ANÁLISIS

5.1. Condiciones climáticas e hidrología

Según la clasificación climática de Thornthwaite que considera los climas según: precipitación efectiva, distribución de la precipitación en el año, eficiencia de temperatura y humedad atmosférica, el área de influencia directa e indirecta se ubica en la siguiente zona climática:

- Zona desértica semicálida, con deficiencia de lluvias en todas las estaciones del año y con humedad relativa calificada como húmeda E (d) B'1 H3, este tipo de clima le corresponde a Lima Metropolitana (tabla 6).

Tabla 6

Clasificación climática

Símbolo	Descripción
E(d) B'1 H3	Zona desértica semicálida, con deficiencia de lluvias en todas las estaciones del año y con humedad relativa calificada como húmeda

Fuente: SENAMHI, Mapa de clasificacion climatica (2020)

Se ha trabajado con la información de una Estación Meteorológica cercana al área de estudio, la cual es controlada y operada por Senamhi: la estación Campo de Marte.

5.1.1. Temperatura

La Estación Campo de Marte registra los últimos años, una temperatura máxima promedio mensual, que varía desde 24.0°C registrada en el mes de julio hasta 29.8 °C registrada en el mes de marzo, y para el caso de los valores de temperatura mínima promedio mensual varía desde 14.0°C registrada en el mes de agosto hasta 21.3 °C registrada en el mes de febrero, y para el caso de los valores de temperatura promedio mensual varía desde 17.0°C registrada en el mes de julio hasta 24.5 °C registrada en el mes de febrero. En la Tabla 7, se puede observar la temperatura promedio mensual entre los años 2015 y 2019.

Tabla 7

Temperatura (°C) promedio mensual 2015 – 2019 en la Estación Campo de Marte

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic
Temp. Max	29.0	30.5	29.8	27.8	26.5	24.5	24.0	24.5	24.5	24.4	25.2	26.8
Temp. Min	19.0	21.3	19.8	18.3	16.0	15.0	14.5	14.0	14.3	15.1	15.9	17.8
Temp. Prom	23.3	24.5	23.5	21.5	19.5	17.3	17.0	16.0	16.3	17.8	19.0	20.8

Fuente: SENAMHI, Dirección de redes de observación y datos-oficina estadística (2019)

5.1.2. Precipitación

La Estación Campo de Marte registra una precipitación máxima mensual, que varía desde 0.0 mm registrada en varios meses del año hasta 1.6 mm registrada en el mes de marzo, y para el caso de precipitación mínima se registraron valores de 0.0 mm. La precipitación promedio mensual es de 0.0 mm registrada en todos los meses del año. En la Tabla 8, se puede observar la precipitación promedio mensual entre los años 2015 y 2019.

Tabla 8

Precipitación (mm) promedio mensual 2015 – 2019 en la Estación Campo de Marte

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic
Prec. Max	0.2	0.0	1.6	0.0	0.0	0.3	0.0	0.0	0.0	0.6	0.0	0.0
Prec. Min	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Prec. Prom	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

Fuente: SENAMHI, Dirección de redes de observación y datos-oficina estadística (2019)

5.1.3. Humedad relativa

La Estación Campo de Marte registra una Humedad máxima mensual, que varía desde 94.5% registrada en el mes de febrero hasta 97.3% registrada en el mes de marzo, en cuanto a humedad mínima mensual, se obtienen valores que van desde 49.8% registrada el mes de marzo hasta 64% registrada en el mes de julio. En la Tabla 9, se puede observar la humedad relativa promedio mensual entre los años 2015 y 2019.

Tabla 9

Humedad Relativa (%) promedio mensual 2015 – 2019 en la Estación Campo de Marte

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic
Hum. Max	95.5	94.5	97.3	96.0	97.0	97.0	95.8	96.5	97.0	96.2	95.2	95.0
Hum. Min	54.0	50.3	49.8	53.0	58.0	63.5	64.0	61.8	62.5	61.8	59.0	55.4
Hum. Prom	78.7	77.5	78.0	80.0	84.3	86.8	85.8	86.0	86.8	83.5	81.4	81.4

Fuente: SENAMHI, Dirección de redes de observación y datos-oficina estadística (2019)

5.2. Geomorfología

La geomorfología estudia al relieve terrestre y los procesos que la producen, este relieve es producto de la interacción de las fuerzas endógenas y exógenas.

En el área de estudio se reconocen las siguientes unidades geomorfológicas

5.2.1. Llanura aluvial

Son terrenos de superficie plana, se encuentran al este del litoral costero, siendo terrenos llanos (en la actualidad, están en su totalidad urbanizados). Está conformado por materiales de origen aluvial (figura 24), como gravas, arenas, limos y arcillas, que provienen del transporte y sedimentación del río Rímac (Instituto Geofísico del Perú [IGP], 2019).



Figura 24. Abanico aluvial del río Rímac
Fuente: Instituto Geofísico del Perú, (2019)

5.2.2. Acantilados

Es una inclinación vertical formada por la acción erosiva del mar y por la quebrada Armendáriz. El acantilado está compuesto de depósitos aluviales. Los acantilados con laderas de pendiente fuerte a moderada, se perciben en la parte inferior de éstos, donde se observan cárcavas (figura 25) de dimensiones medianas y pequeñas, también se encuentran deslizamientos (Instituto Geofísico del Perú [IGP], 2019).



Figura 25. Cárcava en el acantilado de la Costa Verde - Miraflores
Fuente: Instituto Geofísico del Perú (2019)

5.2.3. Llanura antropogenética

Estos terrenos de origen tectógeno se ubican entre los acantilados y el mar. Son producto del Proyecto Costa Verde, el cual ha ganado artificialmente terrenos al mar, mediante rompeolas que ha producido arenamientos, simultáneamente acumulando material de desmonte, procedente de la ciudad (Instituto Geofísico del Perú [IGP], 2019).

5.3. Geología

5.3.1. Depósitos antropogenéticos

La parte superficial llana que queda en la parte superior del talud, antes fue utilizada como terreno de cultivo (chacra); en la actualidad ha sido urbanizado, donde se halla construcciones de edificios, casas, parques,

avenidas, calles, etc. Además, el acantilado ha sido afectado por varias construcciones. Probablemente se han hecho rellenos a antiguas quebradas y canales, con fines de construir viviendas. En el litoral cercano, antes el mar colindaba con el acantilado, pero ahora como consecuencia del Proyecto Costa Verde se ha ganado terreno, alejando al mar de manera antrópica, para ello se está produciendo arenamiento artificiales por medio de rompeolas y también echando materiales de construcciones. De tal manera, el acantilado ya no es afectado por la erosión marin (Instituto Geofísico del Perú [IGP], 2019).

5.3.2. Depósito aluvial

En un inicio tanto el acantilado como los terrenos llanos que se encuentran en la parte superior consistieron en un material denominado como “conglomerado” que conforma un depósito aluvial. El conglomerado está compuesto por cantos rodados de origen polimítico, mayormente provenientes de rocas especialmente intrusivas y volcánicas, gravas subangulosas, embebidos en una matriz de arenas de diferente granulometría y en menor proporción limos y arcillas.

Todos estos materiales se encuentran intercalados formando paquetes de grosores considerables como se puede apreciar también en otros sectores del acantilado. Al pie del acantilado (parte más próxima al litoral costero) se observan algunas costras calcáreas (travertino) (figura 26), que han sido originadas cuando existieron afloramientos de aguas subterráneas, en su composición con carbonatos en disolución. Los niveles de arena, limo y arcilla se pierden lenticularmente y a veces se interdigitan entre ellos o entre los horizontes con cantos rodados (figura 27). (Instituto Geofísico del Perú [IGP], 2019).

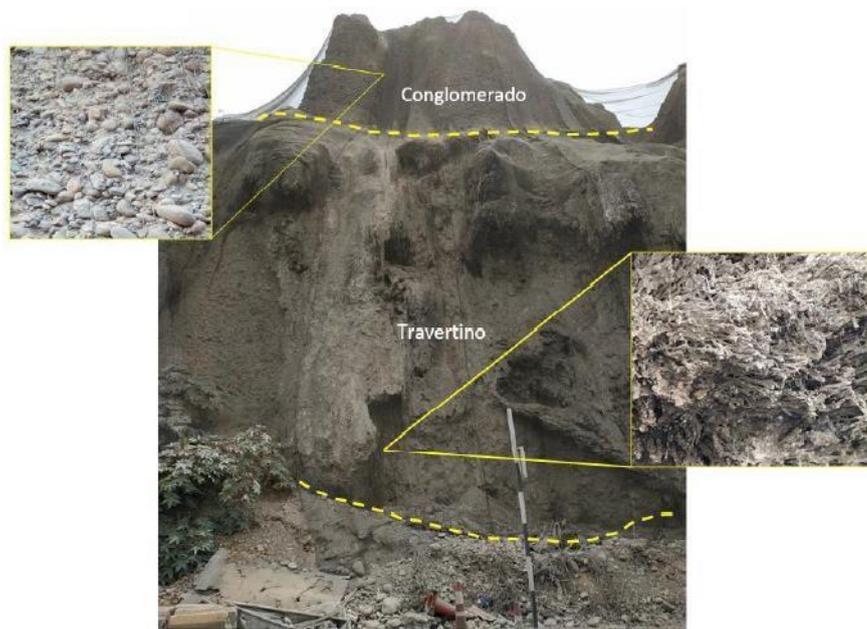


Figura 26. Travertino en forma de cavernas en el acantilado de la Costa Verde - Miraflores
 Fuente: Instituto Geofísico del Perú [IGP], (2019)

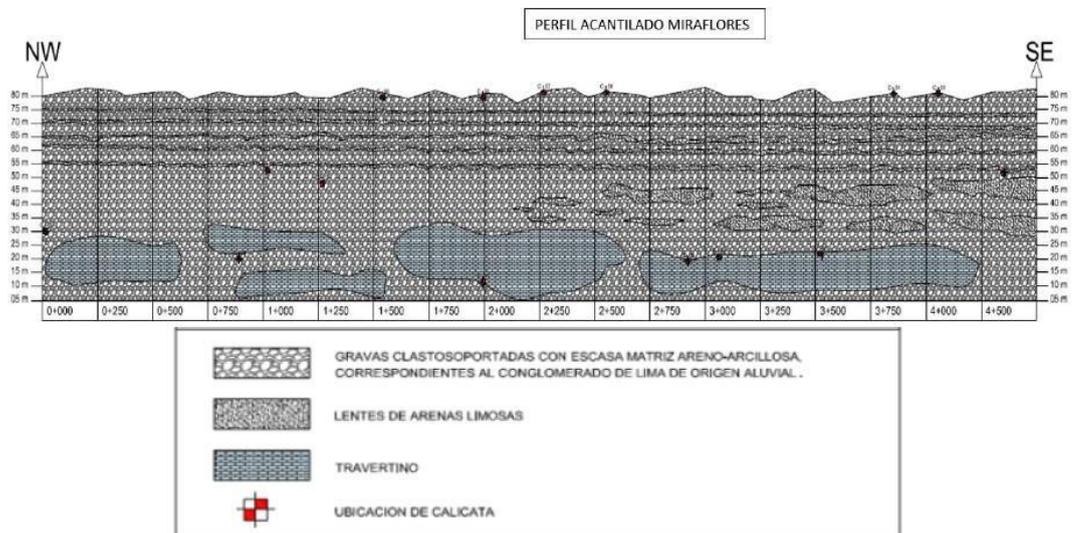


Figura 27. Perfil del acantilado del distrito de Miraflores en donde se evidencian los lentes de arenas y limo y arcillas intercalados con el conglomerado y el travertino
 Fuente: Instituto Geofísico del Perú [IGP], (2019)

5.4. Geodinámica

Por lo general, todos los acantilados del litoral, que corresponden a la Costa Verde, presentan acentuado grado de inestabilidad, el cual está en razón directa de la morfología general de la zona.

En la zona de estudio, la inestabilidad se debe principalmente a la caída de cantos rodados que se produce en la parte superior y a lo largo del acantilado, debido a factores detonantes como la erosión eólica, brisa marina y llovizna; todas actúan sobre la matriz areno limosa arcillosa (factor condicionante) que llegan a inestabilizar los cantos produciendo la caída de los mismos.

En la actualidad, el acantilado del distrito de Miraflores se encuentra cubierto por geomallas (figura 28) con vegetación cuyo propósito es retener el material desprendido (Instituto Geofísico del Perú [IGP], 2019).



Figura 28. Geomalla recubre el acantilado en el distrito de Miraflores

Fuente: Instituto Geofísico del Perú [IGP], (2019)

5.5. Geotecnia

La geotecnia es la rama de la geología aplicada que se encarga del estudio de las propiedades físicas y mecánicas, así como, el comportamiento de los suelos, mediante la aplicación de técnicas de exploración e investigación geotecnia, entre las cuales se tiene: calicatas, perforaciones, ensayos de mecánica de suelos, etc.

5.5.1. Investigaciones geotécnicas de laboratorio

Para la realización del análisis de estabilidad del talud de la Bajada de Armendáriz se utilizará los datos en base a resultados de ensayos del proyecto “CREACIÓN DE LA PLAZA BICENTENARIO DE MIRAFLORES EN EL MALECON DE ARMENDARIZ, DISTRITO DE MIRAFLORES, LIMA”.

En el expediente técnico de la Plaza Bicentenario se realizaron excavaciones IN SITU de 13 calicatas. Sin embargo, para el análisis del talud de la Bajada de Armendáriz, se usarán los resultados de laboratorio de las calicatas 5,6,7,8 y 9 de dicho proyecto.

La ubicación de las calicatas a utilizar se muestra en el anexo 12 y las coordenadas de las mismas se observa en la tabla 10:

Tabla 10

Coordenadas de calicatas

CALICATAS	NORTE	ESTE
5	8657383	0279388
6	8657395	0279395
7	8657361	0279350
8	8657368	0279395
9	8657484	0279459

Fuente: Municipalidad de Miraflores (2019)

La descripción del perfil estratigráfico del terreno del talud en cada calicata se muestra en la tabla 11.

Tabla 11

Descripción de calicatas

Calicata	Descripción
5	Cobertura superficial de plantas menores de la zona, seguido por grava (TM 4", TP 3") pobremente gradada con presencia de arena y finos (limo) en un espesor de 1.20m; y finalmente por suelo de fundación constituido por grava pobremente gradada con presencia de arena y finos (limo), además de bolones y bolonerías de TM 8", TP 4" hasta la profundidad explorada de 3.00m.
6	Cobertura superficial de plantas menores de la zona, seguido por grava (TM 4", TP 2") pobremente gradada con presencia de arenas y finos (limo) en un espesor de 50cm; y finalmente por suelo de fundación constituido por grava pobremente gradada con presencia de arena y finos (limo), además de bolones y bolonerías de TM 10", TP 5" hasta la profundidad explorada de 3.00m.
7	Cobertura superficial de plantas menores de la zona, seguido por suelo de fundación constituido por grava pobremente gradada con presencia de arenas y finos (limo), además de bolones y bolonerías de TM 11", TP 5" hasta la profundidad explorada de 3.00m.
8	Cobertura superficial de plantas menores de la zona, seguido por suelo de fundación constituido por grava pobremente gradada con presencia de arenas y finos (limo), además de bolones y bolonerías de TM 10", TP 4" hasta la profundidad explorada de 3.00m.
9	Cobertura superficial de plantas menores de la zona, seguido por suelo de fundación constituido por grava pobremente gradada con presencia de arenas y finos (limo), además de bolones y bolonerías de TM 10", TP 4" hasta la profundidad explorada de 3.00m.

Fuente: Municipalidad de Miraflores (2019)

a) Clasificación SUCS y AASHTO

Las muestras ensayadas se han clasificado usando el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS) y AASHTO; como se detalla a continuación en la tabla 12.

Tabla 12

Clasificación SUCS y AASHTO

Calicata	Prof.	Muestra	Clasificación	
			SUCS	AASHTO
5	0.00 - 1.20m	M-1	GP	A-1-a(0)
	1.20 - 3.00m	M-2	GP	A-1-a(0)
6	0.00 - 0.50m	M-1	GP	A-1-a(0)
	0.50 - 3.00m	M-2	GP	A-1-a(0)
7	0.00 - 3.00m	M-1	GP	A-1-a(0)
8	0.00 - 3.00m	M-1	GP	A-1-a(0)
9	0.00 - 3.00m	M-1	GP	A-1-a(0)

Fuente: Municipalidad de Miraflores (2019)

b) Análisis granulométrico

El ensayo de análisis granulométrico (anexo 2, 3, 4, 5 y 6) se realizó siguiendo los procedimientos de la norma ASTM D422. Los resultados de las curvas granulométricas se muestran la figura 29:

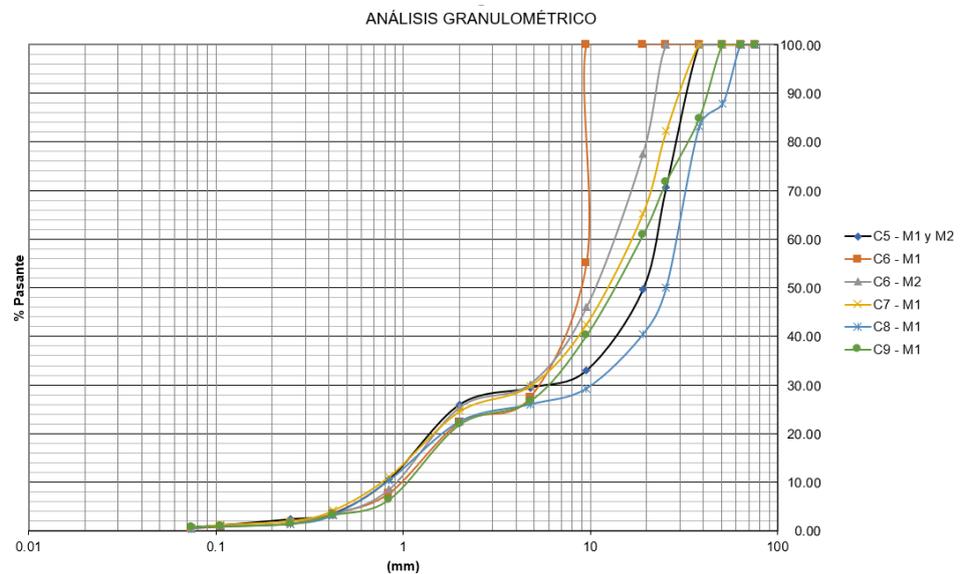


Figura 29. Curvas granulométricas

Fuente: Municipalidad de Miraflores (2019)

c) Ensayo de densidad in situ

Se usarán los resultados de laboratorio de las densidades 3,4,5 y 6. La ubicación de las densidades a utilizar se observa en el anexo 13 y las coordenadas de las mismas se muestra en la tabla 13.

Tabla 13

Coordenadas de densidades

DENSIDADES	NORTE	ESTE
3	8657424	0279360
4	8657391	0279365
5	8657362	0279353
6	8657367	0279395

Fuente: Municipalidad de Miraflores (2019)

El ensayo de densidad del suelo in situ (anexo 8, 9, 10 y 11) se realizó por el método de cono de arena siguiendo los procedimientos de la norma ASTM D1556. En la tabla 14, se muestra los resultados del ensayo de densidad in-situ.

Tabla 14

Resultados del ensayo densidad in-situ

	Contenido de humedad (%)	Densidad seca (gr/cm ³)
D3	10.14	2.033
D4	6.93	2.027
D5	6.47	2.027
D6	7.70	2.033

Fuente: Municipalidad de Miraflores (2019)

d) Ensayo de corte directo

El ensayo de corte directo (anexo 7) se realizó siguiendo el procedimiento establecido en la norma ASTM D3080. La figura 30, muestra la curva esfuerzo deformación obtenida como resultado del ensayo de corte directo a gran escala.

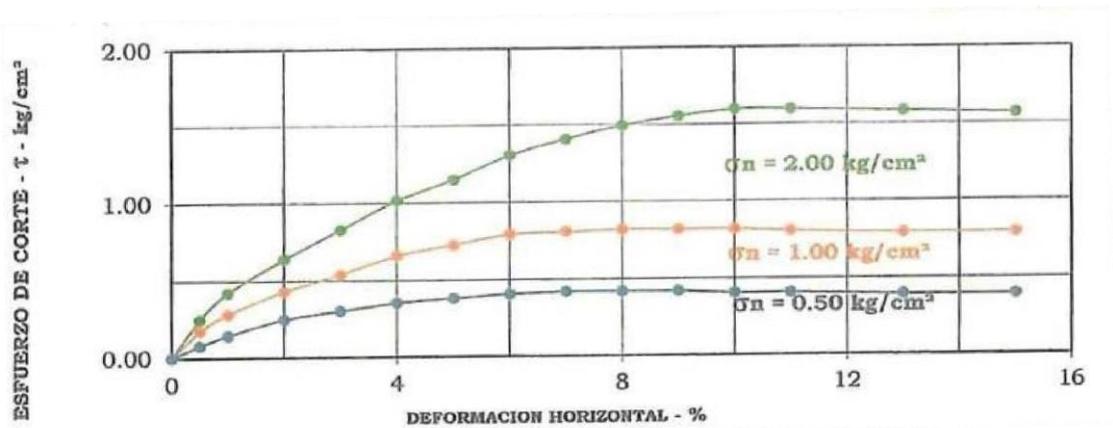


Figura 30. Curva esfuerzo – deformación. Ensayo de corte directo

Fuente: Municipalidad de Miraflores (2019)

La figura 31, presenta la envolvente de resistencia máxima basado en el modelo Mohr-Coulomb.

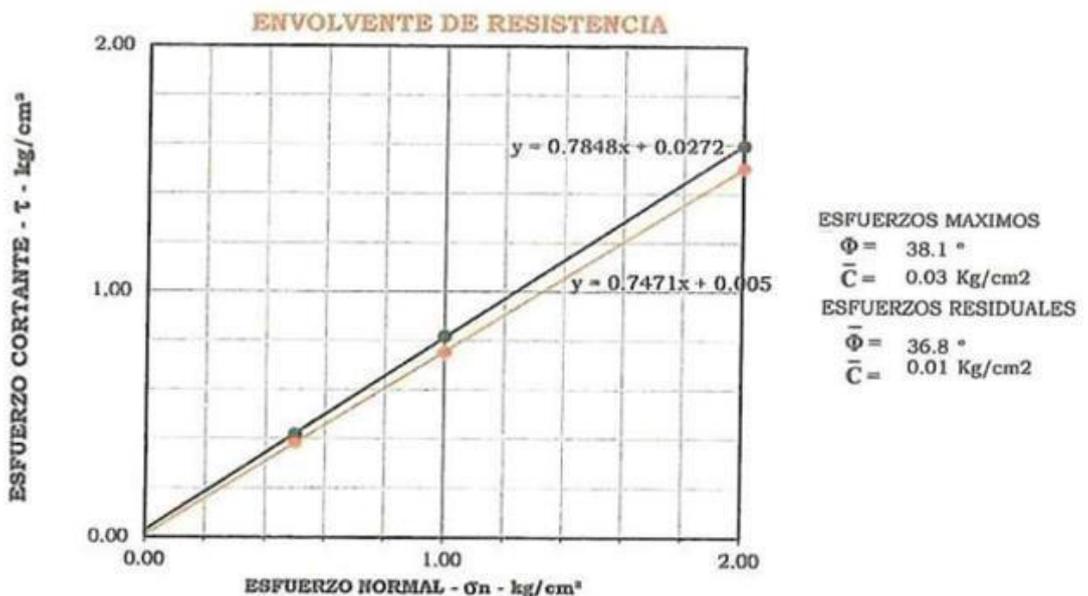


Figura 31. Envolvente de resistencia máxima. Ensayo de corte directo

Fuente: Municipalidad de Miraflores (2019)

5.5.2. Parámetros geotécnicos

Para esta investigación de análisis de estabilidad de talud de la Bajada de Armendáriz se usarán los siguientes parámetros geotécnicos (tabla 15) extraídos de los ensayos de laboratorio del expediente técnico de la Plaza Bicentenario – Miraflores.

Tabla 15

Parámetros geotécnicos

Materiales	Densidad (kN/m ³)	Cohesión (kPa)	Angulo de Fricción (°)
Grava	19.91	2.94	38.1

Fuente: Municipalidad de Miraflores (2019)

5.6. Riesgo sísmico

5.6.1. Aceleraciones máximas

El análisis sísmico de un talud puede ser estudiado mediante la representación de un sismo. En la presente investigación se usará registros reales de acelerogramas del sismo de Lima del 17 de octubre de 1966 (tabla 16). Este sismo es el mayor registrado instrumentalmente en Lima como se observa en la tabla 16 cuya magnitud fue de $M_w = 8.1$.

Tabla 16

Información de sismos registrados

Fecha	Hora local	Magnitud (IGP)	Profundidad d (km)	Estación	Institución	Distancia epicentral (km)
17/10/1966	16:41	8.1 (Mw)	37.3	Parque de la Reserva	IGP	223.1
31/05/1970	15:23	7.9 (Mw)	711	Parque de la Reserva	IGP	368.3
03/10/1974	09:21	7.7 (Ms)	21.2	Parque de la Reserva	IGP	58.8
23/06/2001	15:33	8.4 (Mw)	29.0	Moquegua	CISMID	325.6
				Unica	IGP	117.0
				Parcona	CISMID	121.0
15/08/2007	18:40	7.9 (Mw)	40.0	Cip lima	IGP	178.0
				Mayorazgo U. Católica	IGP PUCP	180.0 180.0

Fuente: Instituto Geofísico del Perú [IGP] (2019)

En la tabla 17, se observa las aceleraciones máximas de 5 sismos.

Tabla 17

Aceleraciones máximas de 5 sismos

Fecha	Magnitud (igp)	Profundidad (km)	Estación	Distancia epicentral (km)	Aceleraciones máximas (cm/s ²)		
					PGA EO	PGA NS	PGA V
17/10/1966	8.1 (Mw)	37.3	Parque de la Reserva	223.1	180.6	269.3	94.2
31/05/1970	7.9 (Mw)	711	Parque de la Reserva	368.3	104.8	97.7	73.5
03/10/1974	7.7 (Ms)	21.2	Parque de la Reserva	58.8	192.5	179.0	99.7
23/06/2001	8.4 (Mw)	29.0	Moquegua	325.6	288.5	230.5	158.8
			Unica	117.0	272.2	334.1	192.2
			Parcona	121.0	483.9	443.2	326.0
15/08/2007	7.9 (Mw)	40.0	Cip lima	178.0	51.0	57.2	31.3
			Mayorazgo	180.0	53.4	55.8	31.4
			U. Católica	180.0	66.6	56.9	41.7

Fuente: Instituto Geofísico del Perú [IGP] (2019)

En la tabla 17, se observa las aceleraciones máximas del sismo del 17/10/1966 registradas según IGP:

- PGA EO: 180.6 cm/s²
- PGA NS: 269.3 cm/s²
- PGA V: 94.2 cm/s²

Para el análisis de la estabilidad de talud se usará las aceleraciones:

- ah= 0.275g
- av=0.165g

CAPITULO VI: ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

6.1. Perfiles del talud

A continuación, se realizó el análisis de estabilidad del talud de la Bajada Armendáriz, la cual se dividió en 6 perfiles como se muestra en la figura 32.

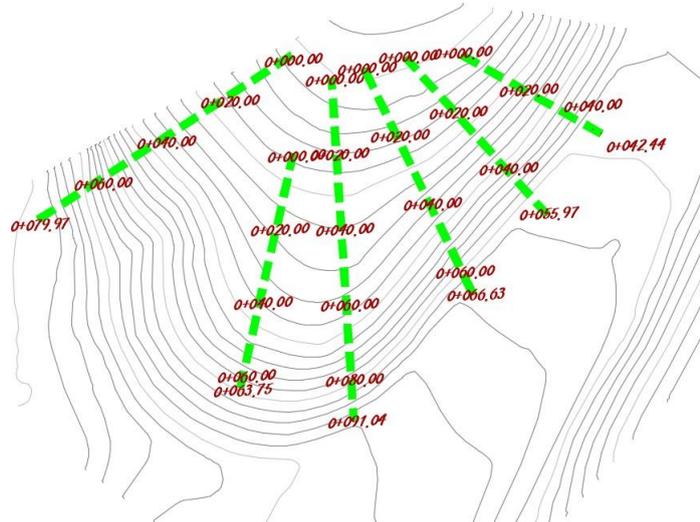


Figura 32. Perfiles de la Bajada Armendáriz

Fuente: Elaboración propia

En las siguientes imágenes se visualizan los perfiles obtenidos por medio de vuelo drone, como se observa en las figuras 33, 34, 35, 36, 37 y 38.



Figura 33. Perfil longitudinal 1

Fuente: Elaboración propia

PERFIL LONGITUDINAL - TALUD 2

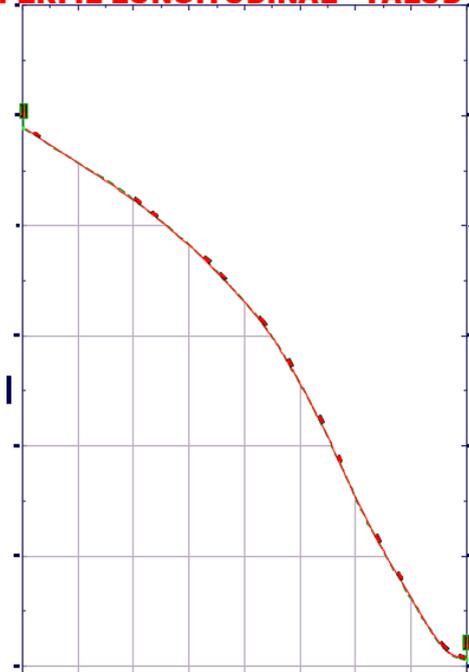


Figura 34. Perfil Longitudinal 2
Fuente: Elaboración propia

PERFIL LONGITUDINAL - TALUD 3

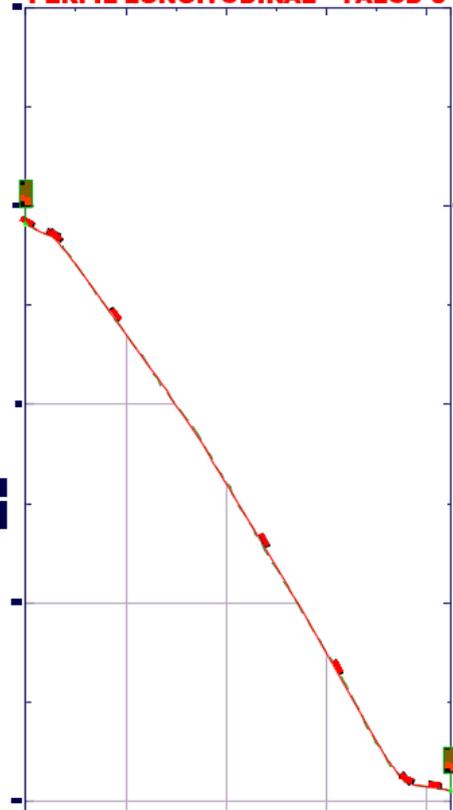


Figura 35. Perfil Longitudinal 3
Fuente: Elaboración propia

PERFIL LONGITUDINAL - TALUD 4

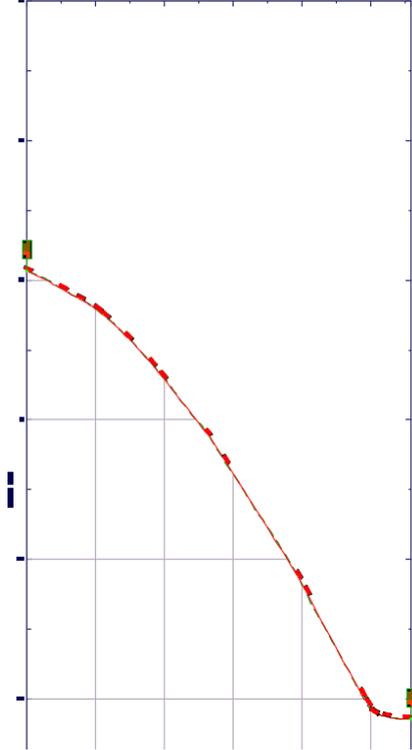


Figura 36. Perfil Longitudinal 4
Fuente: Elaboración propia

PERFIL LONGITUDINAL - TALUD 5

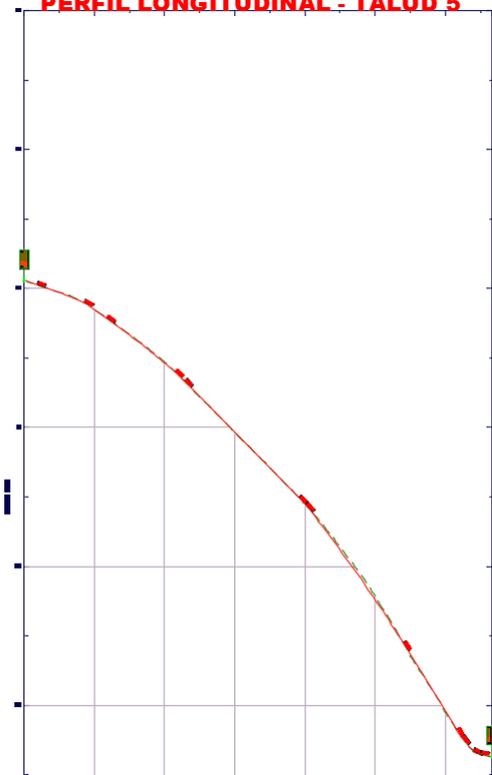


Figura 37. Perfil Longitudinal 5
Fuente: Elaboración propia

PERFIL LONGITUDINAL - TALUD 6

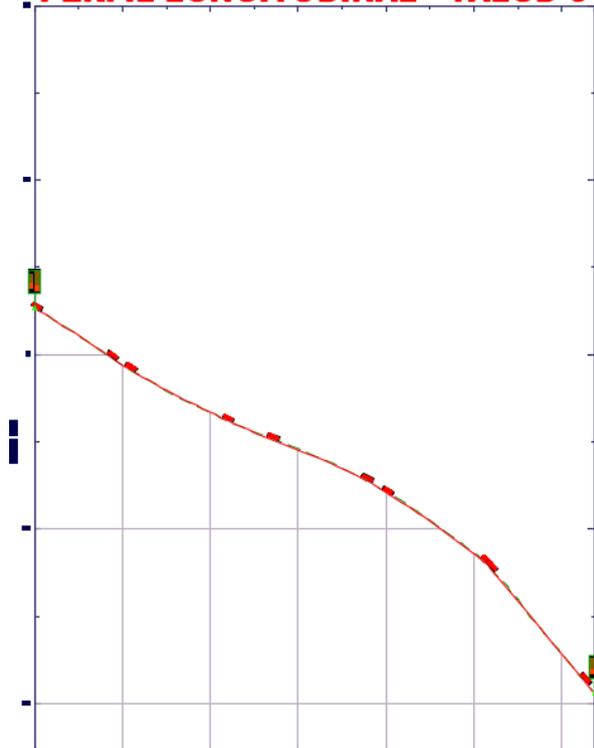


Figura 38. Perfil Longitudinal 6

Fuente: Elaboración propia

Se observa los resultados obtenidos de los perfiles realizando un análisis de estabilidad estática y pseudo estática con los métodos de Spencer y Morgenstern-Price con el programa Slide 6.0.

6.2. Análisis estático

6.2.1. Método Spencer

El análisis de estabilidad en condición estática del talud realizado en el Perfil 1 presenta un $FS=0.686$ (figura 39), siendo esto una falla local, mientras que en una falla global resulta un $FS=0.713$ (figura 40), el cual los dos valores son menores al factor de seguridad mínimo requerido que es de 1.5.

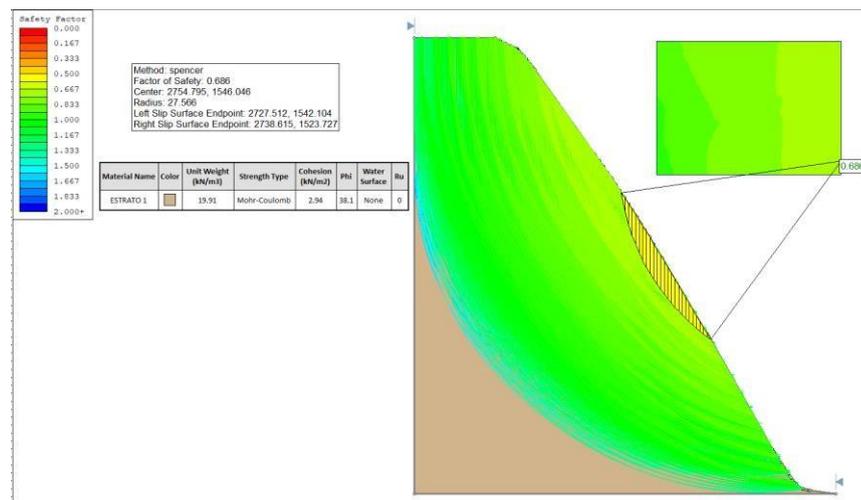


Figura 39. Análisis estático del perfil 1 Método Spencer (Falla Local)

Fuente: Elaboración propia

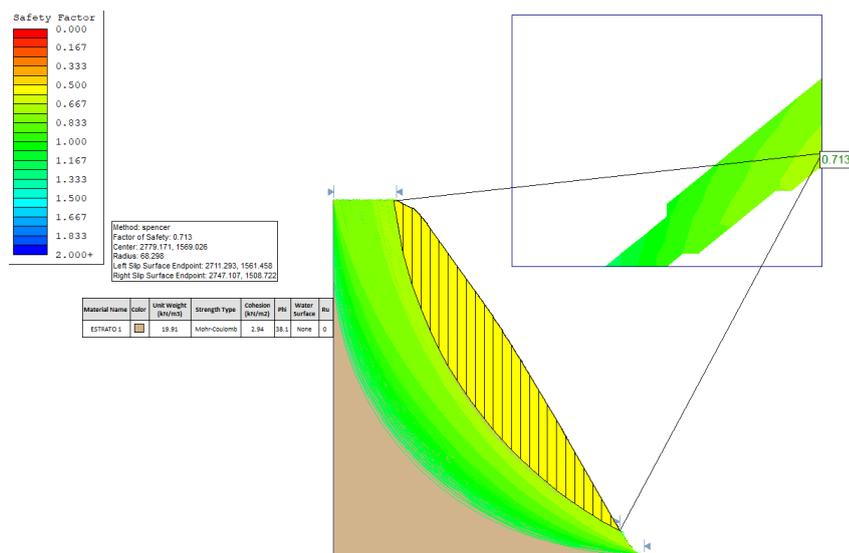


Figura 40. Análisis estático del perfil 1 Método Spencer (Falla Global)

Fuente: Elaboración propia

El análisis de estabilidad en condición estática del talud realizado en el Perfil 2 presenta un $FS=0.687$ (Figura 41), siendo esto una falla local, mientras que en una falla global resulta un $FS=0.793$ (figura 42), el cual los dos valores son menores al factor de seguridad mínimo requerido que es de 1.5.

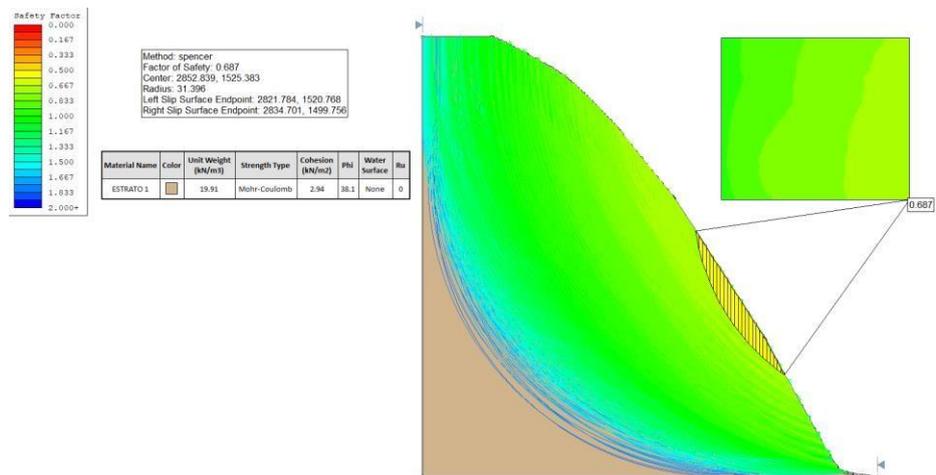


Figura 41. Análisis estático del perfil 2 Método Spencer (Falla Local)

Fuente: Elaboración propia

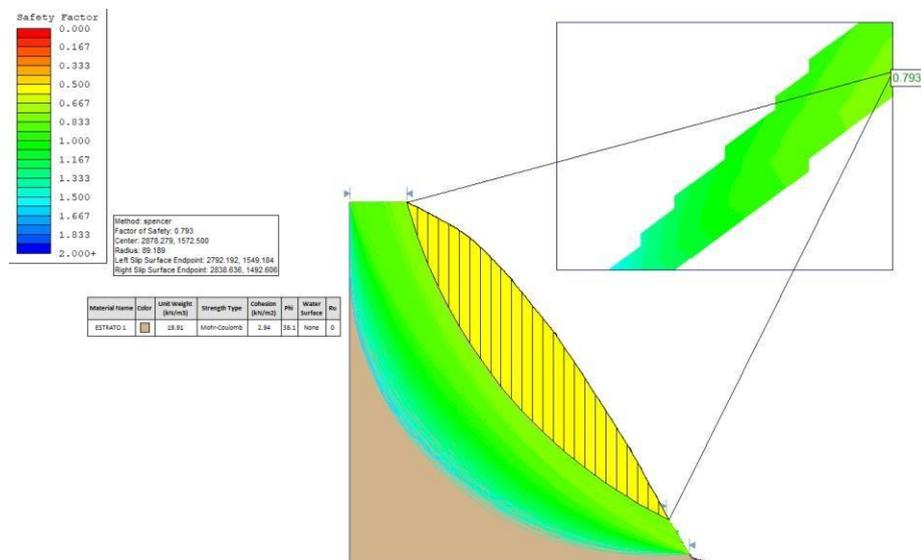


Figura 42. Análisis estático del perfil 2 Método Spencer (Falla Global)

Fuente: Elaboración propia

El análisis de estabilidad en condición estática del talud realizado en el Perfil 3 presenta un FS=0.768 (figura 43), siendo esto una falla local, mientras que en una falla global resulta un FS=0.853 (figura 44), el cual los dos valores son menores al factor de seguridad mínimo requerido que es de 1.5.

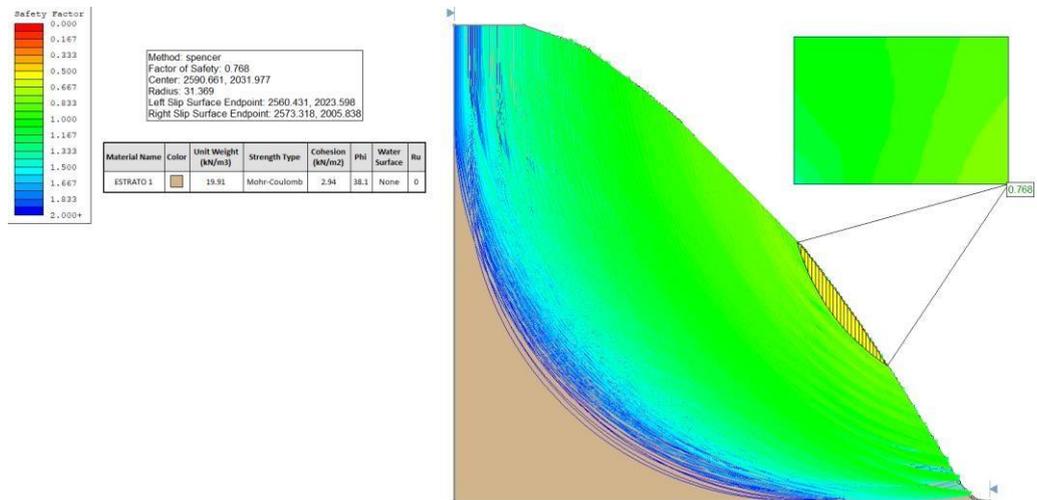


Figura 43. Análisis estático del perfil 3 Método Spencer (Falla Local)

Fuente: Elaboración propia

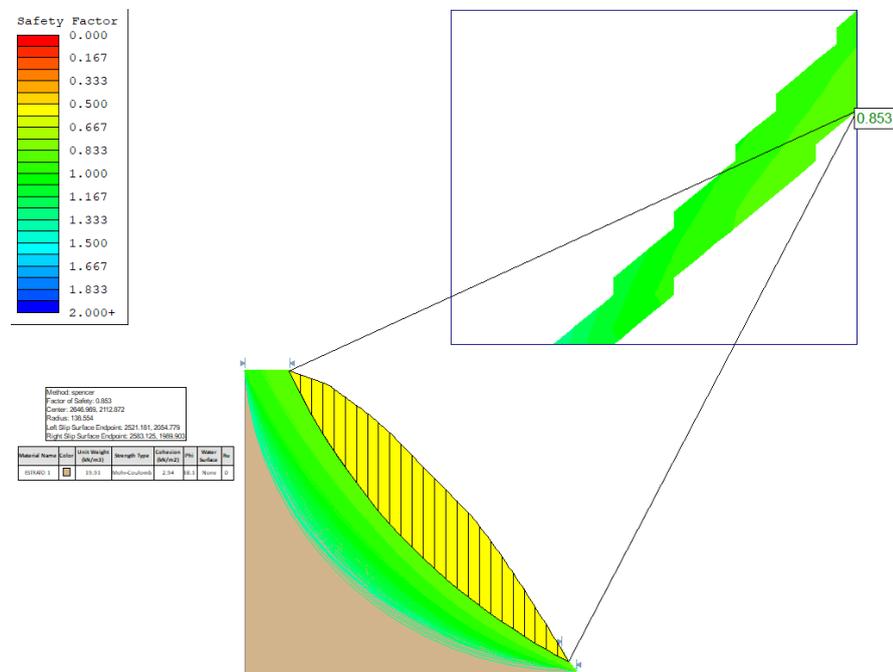


Figura 44. Análisis estático del perfil 3 Método Spencer (Falla Global)

Fuente: Elaboración propia

El análisis de estabilidad en condición estática del talud realizado en el Perfil 4 presenta un FS=0.889 (figura 45), siendo esto una falla local, mientras que en una falla global resulta un FS=1.247 (figura 46), el cual los dos valores son menores al factor de seguridad mínimo requerido que es de 1.5.

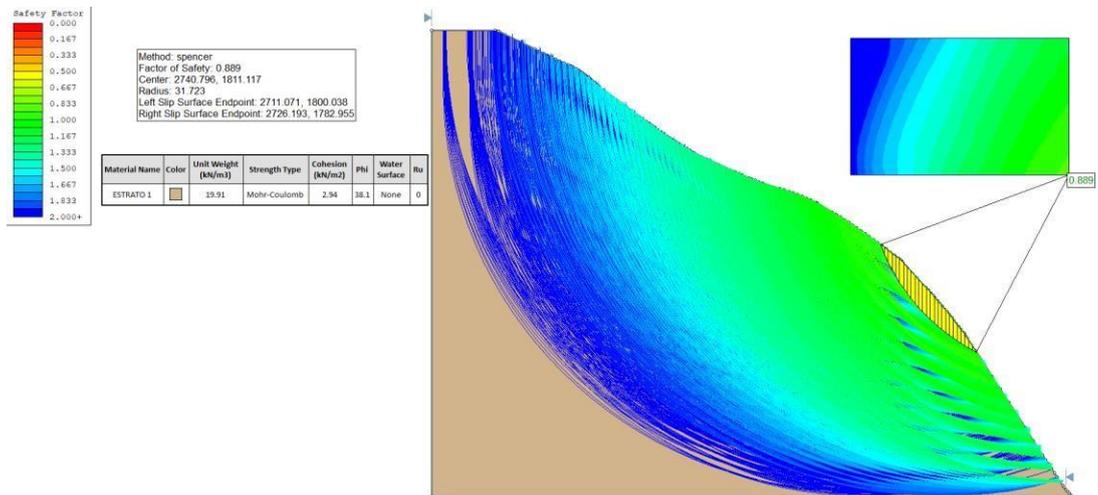


Figura 45. Análisis estático del perfil 4 Método Spencer (Falla Local)

Fuente: Elaboración propia

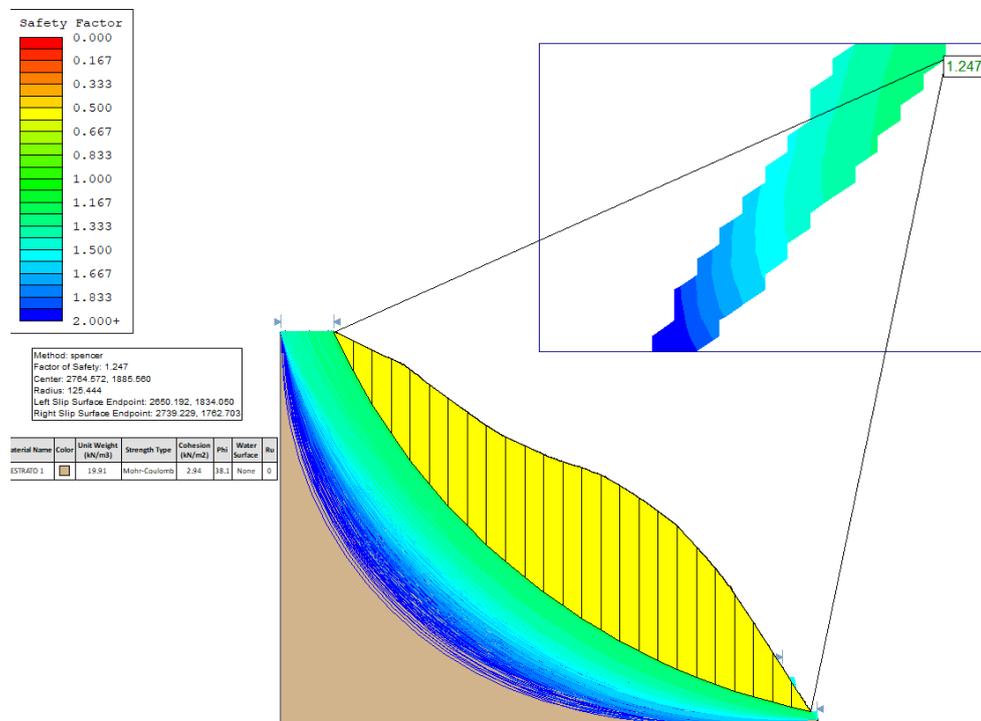


Figura 46. Análisis estático del perfil 4 Método Spencer (Falla Global)

Fuente: Elaboración propia

El análisis de estabilidad en condición estática del talud realizado en el Perfil 5 presenta un FS=1.560 (figura 47), siendo esto una falla local, mientras que en una falla global resulta un FS=1.543 (figura 48), el cual los dos valores son menores al factor de seguridad mínimo requerido que es de 1.5.

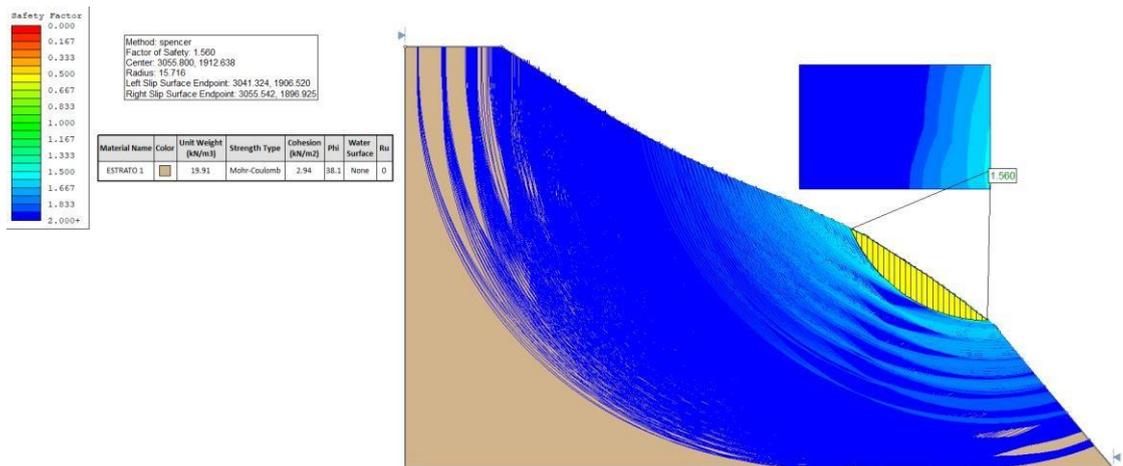


Figura 47. Análisis estático del perfil 5 Método Spencer (Falla Local)

Fuente: Elaboración propia

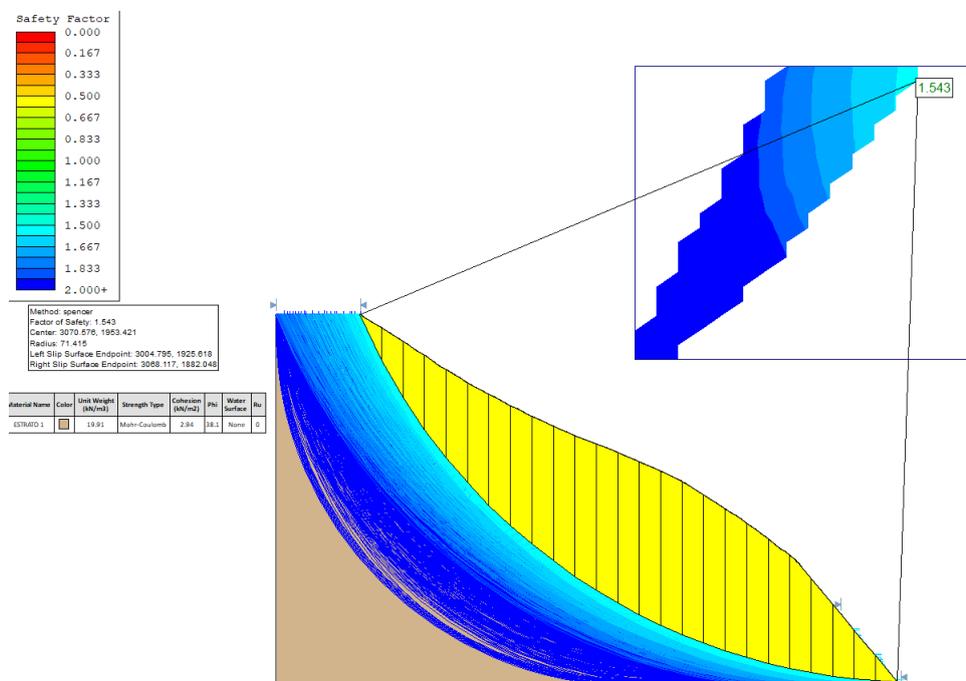


Figura 48. Análisis estático del perfil 5 Método Spencer (Falla Global)

Fuente: Elaboración propia

El análisis de estabilidad en condición estática del talud realizado en el Perfil 6 presenta un FS=0.582 (figura 49), siendo esto una falla local, mientras que en una falla global resulta un FS=0.861 (figura 50), el cual los dos valores son menores al factor de seguridad mínimo requerido que es de 1.5.

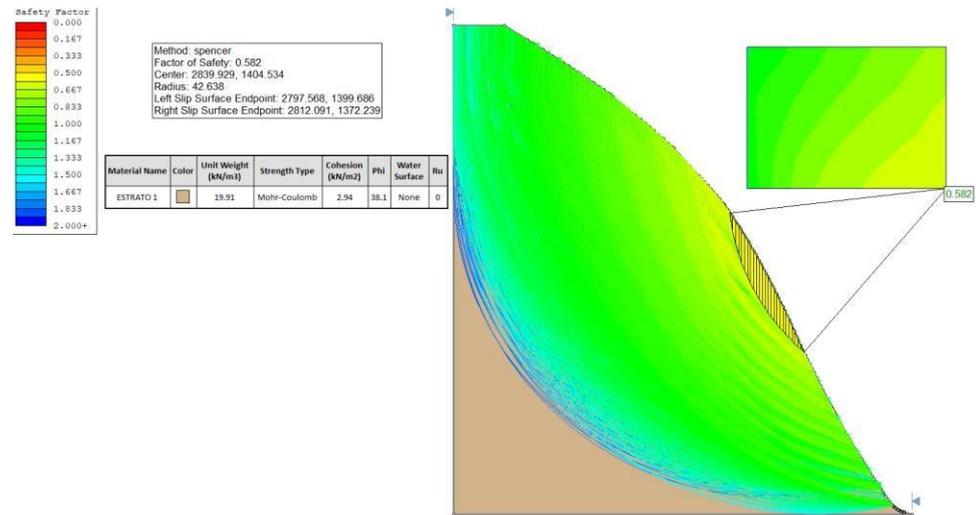


Figura 49. Análisis estático del perfil 6 Método Spencer (Falla Local)

Fuente: Elaboración propia

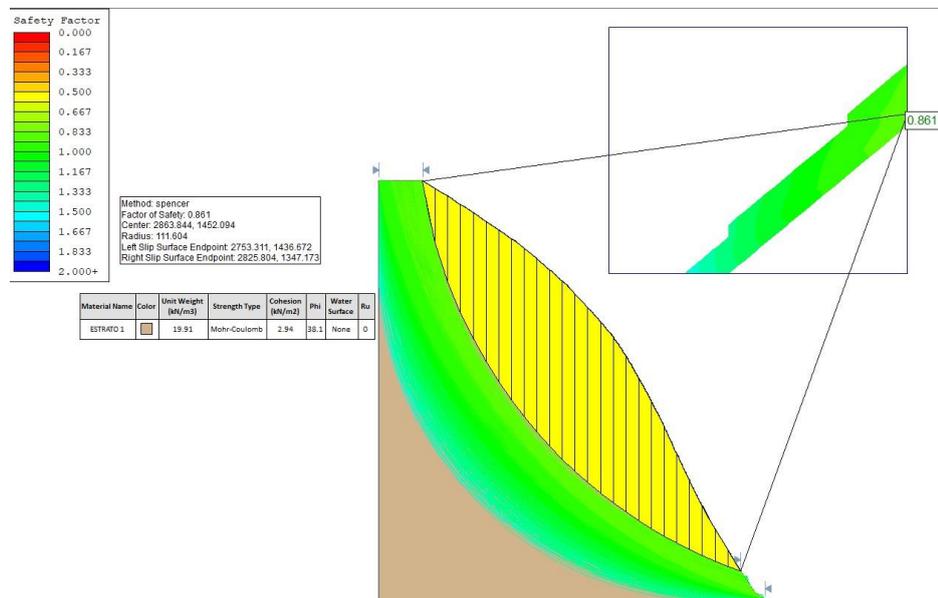


Figura 50. Análisis estático del perfil 6 Método Spencer (Falla Global)

Fuente: Elaboración propia

6.2.2. Método Morgenstern-Price

El análisis de estabilidad en condición estática del talud realizado en el Perfil 1 presenta un $FS=0.686$ (figura 51), siendo esto una falla local, mientras que en una falla global resulta un $FS=0.712$ (figura 52), el cual los dos valores son menores al factor de seguridad mínimo requerido que es de 1.5.

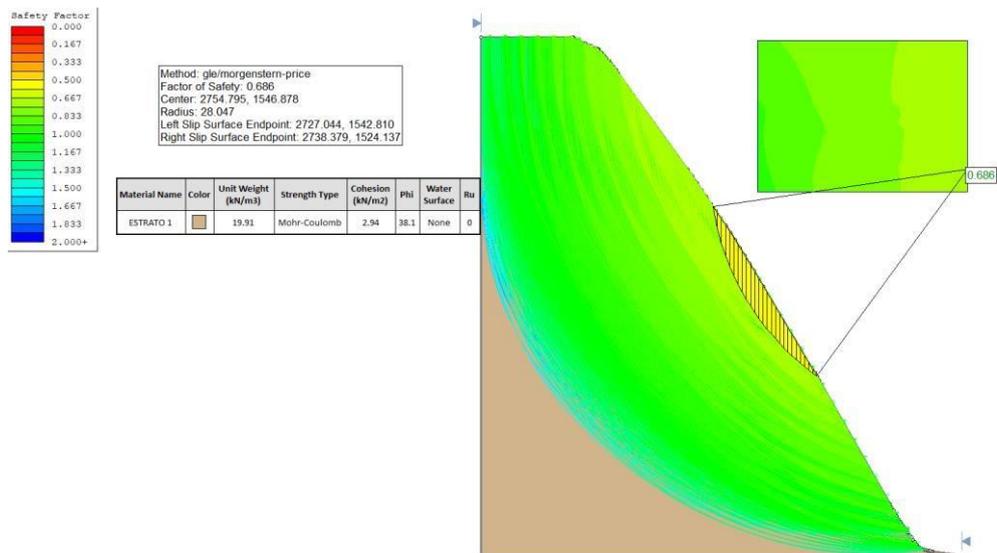


Figura 51. Análisis estático del perfil 1 Método Morgenstern Price (Falla Local)

Fuente: Elaboración propia

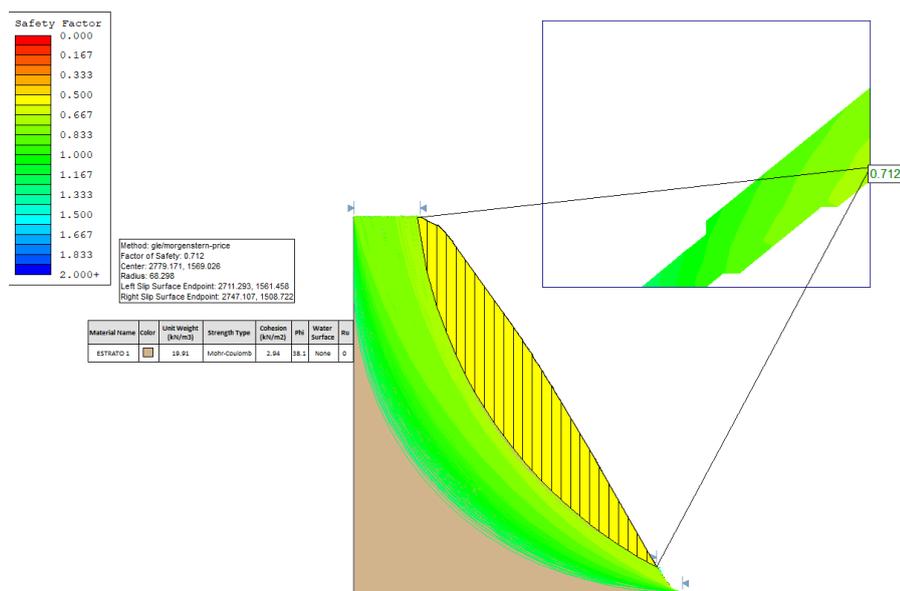


Figura 52. Análisis estático del perfil 1 Método Morgenstern Price (Falla Global)

Fuente: Elaboración propia

El análisis de estabilidad en condición estática del talud realizado en el Perfil 2 presenta un $FS=0.688$ (figura 53), siendo esto una falla local, mientras que en una falla global resulta un $FS=0.794$ (figura 54), el cual los dos valores son menores al factor de seguridad mínimo requerido que es de 1.5.

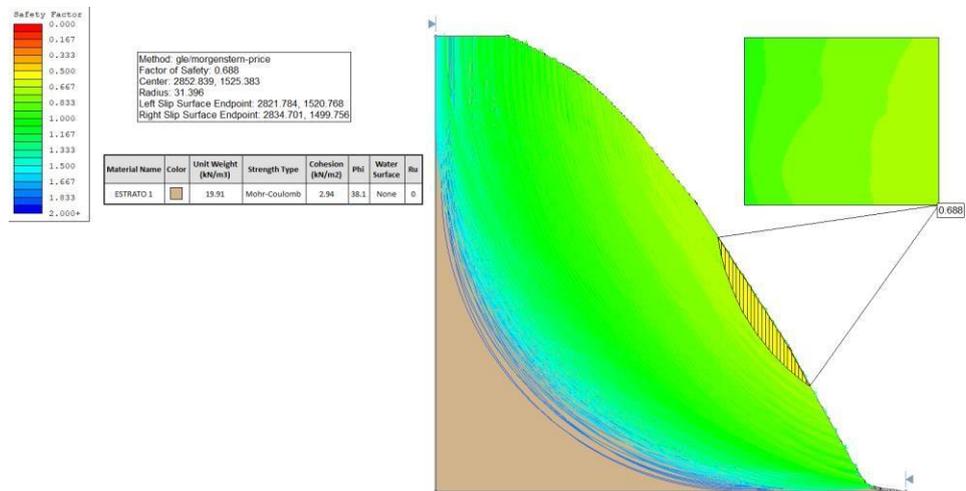


Figura 53. Análisis estático del perfil 2 Método Morgenstern Price (Falla Local)

Fuente: Elaboración propia

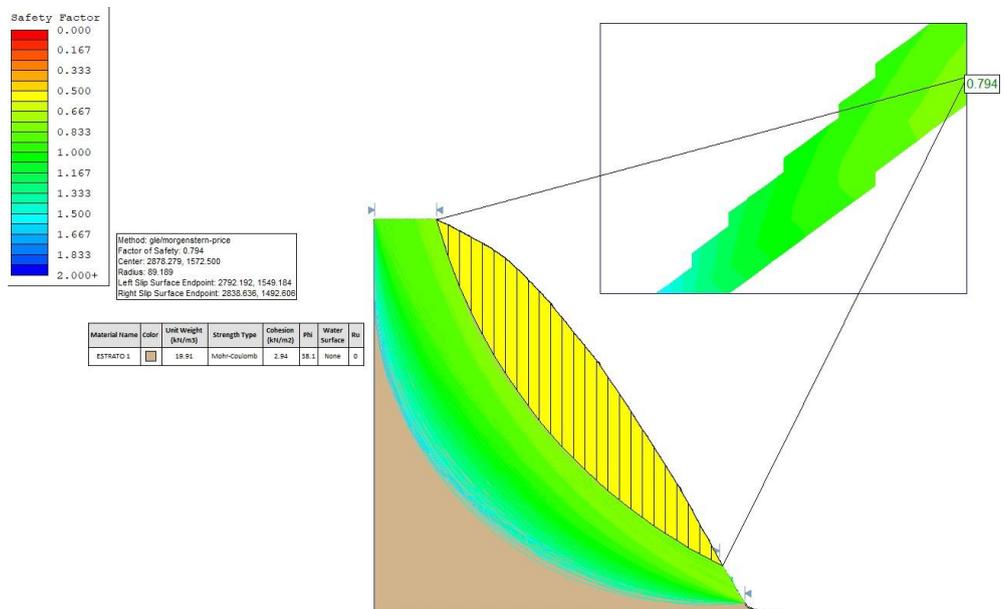


Figura 54. Análisis estático del perfil 2 Método Morgenstern Price (Falla Global)

Fuente: Elaboración propia

El análisis de estabilidad en condición estática del talud realizado en el Perfil 3 presenta un FS=0.768 (figura 55), siendo esto una falla local, mientras que en una falla global resulta un FS=0.852 (figura 56), el cual los dos valores son menores al factor de seguridad mínimo requerido que es de 1.5.

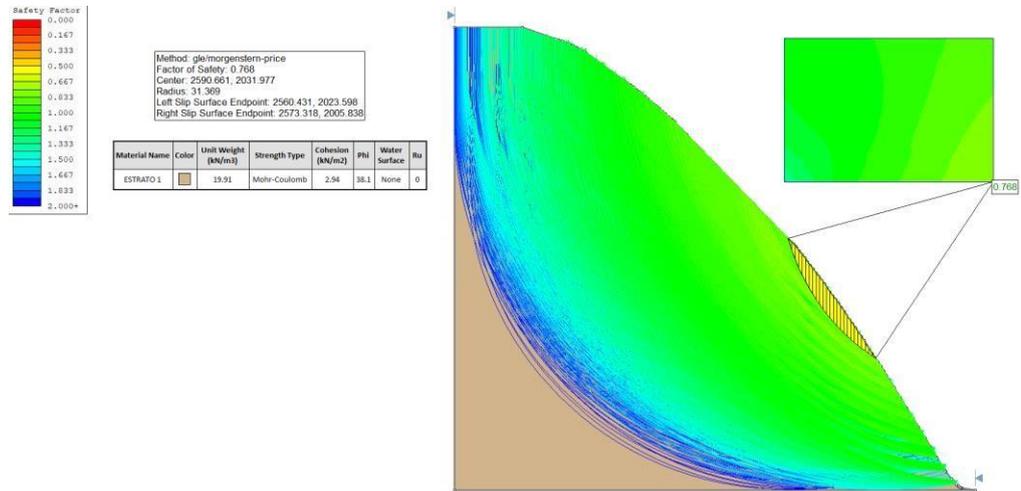


Figura 55. Análisis estático del perfil 3 Método Morgenstern Price (Falla Local)

Fuente: Elaboración propia

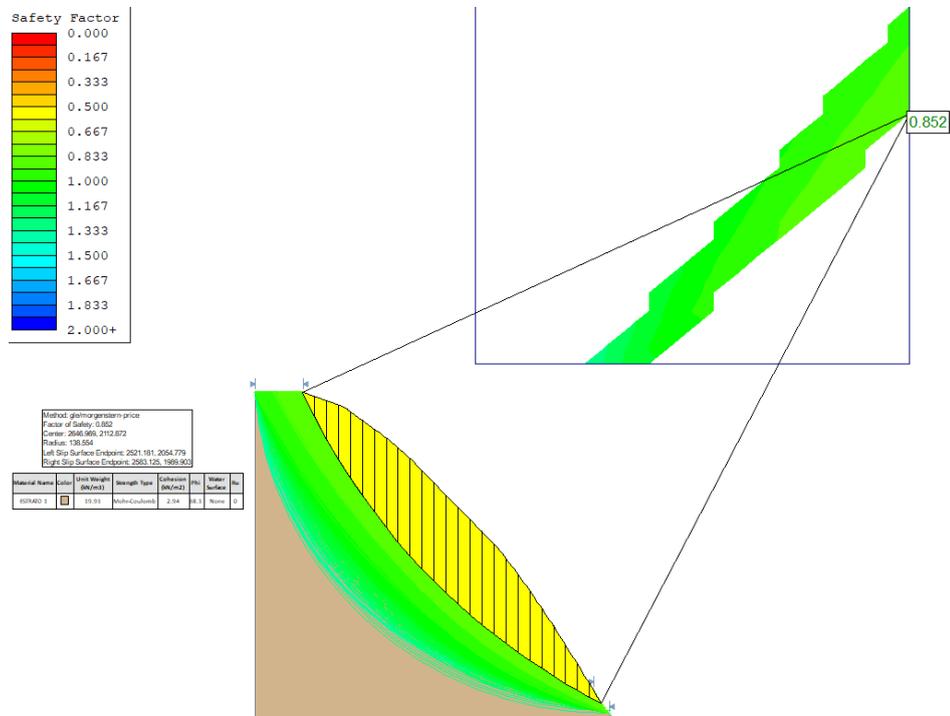


Figura 56. Análisis estático del perfil 3 Método Morgenstern Price (Falla Global)

Fuente: Elaboración propia

El análisis de estabilidad en condición estática del talud realizado en el Perfil 4 presenta un $FS=0.888$ (figura 57), siendo esto una falla local, mientras que en una falla global resulta un $FS=1.247$ (figura 58), el cual los dos valores son menores al factor de seguridad mínimo requerido que es de 1.5.

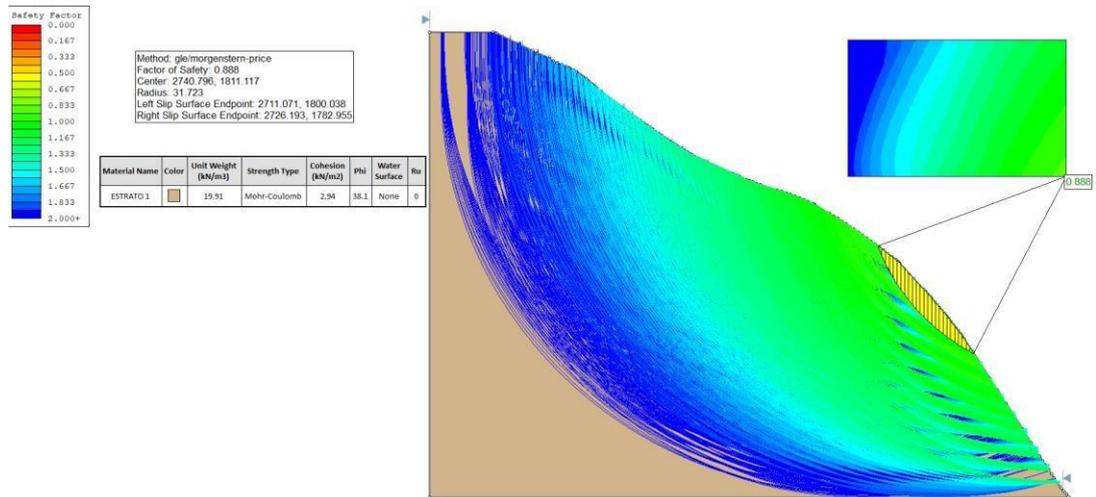


Figura 57. Análisis estático del perfil 4 Método Morgenstern Price (Falla Local)

Fuente: Elaboración propia

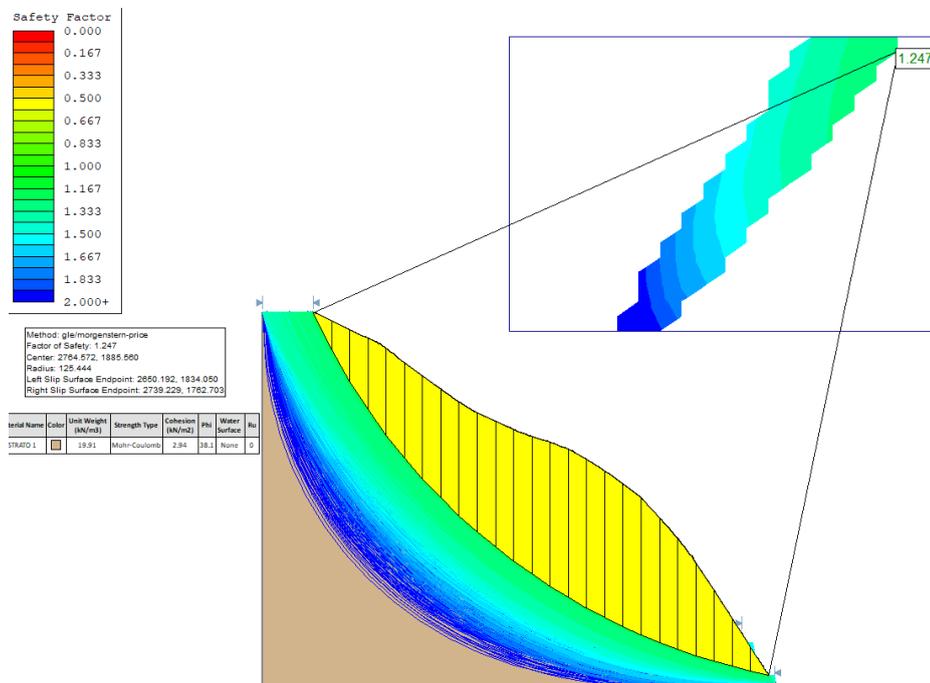


Figura 58. Análisis estático del perfil 4 Método Morgenstern Price (Falla Global)

Fuente: Elaboración propia

El análisis de estabilidad en condición estática del talud realizado en el Perfil 5 presenta un FS=1.563 (figura 59), siendo esto una falla local, mientras que en una falla global resulta un FS=1.543 (figura 60), el cual los dos valores son menores al factor de seguridad mínimo requerido que es de 1.5.

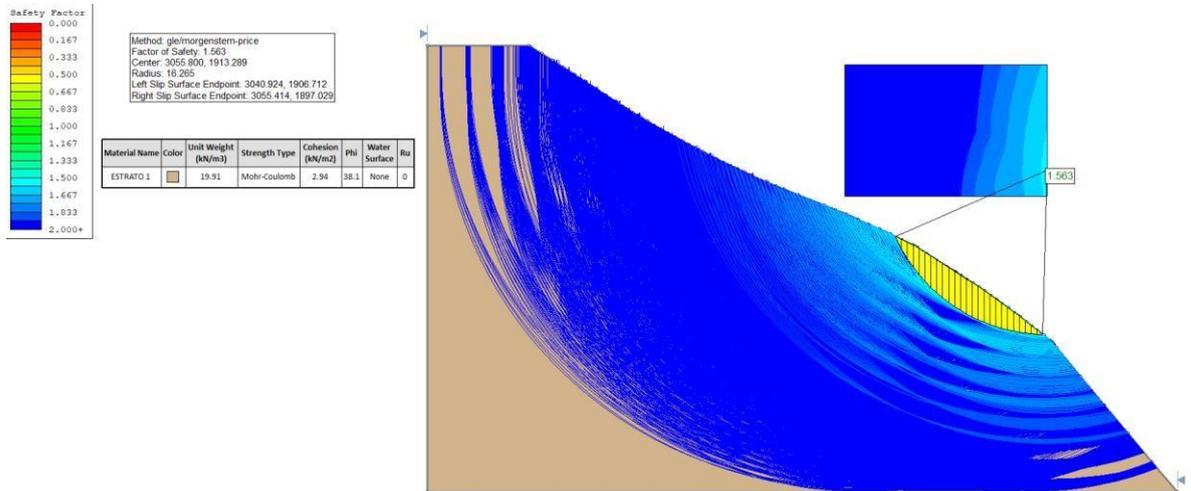


Figura 59. Análisis estático del perfil 5 Método Morgenstern Price (Falla Local)

Fuente: Elaboración propia

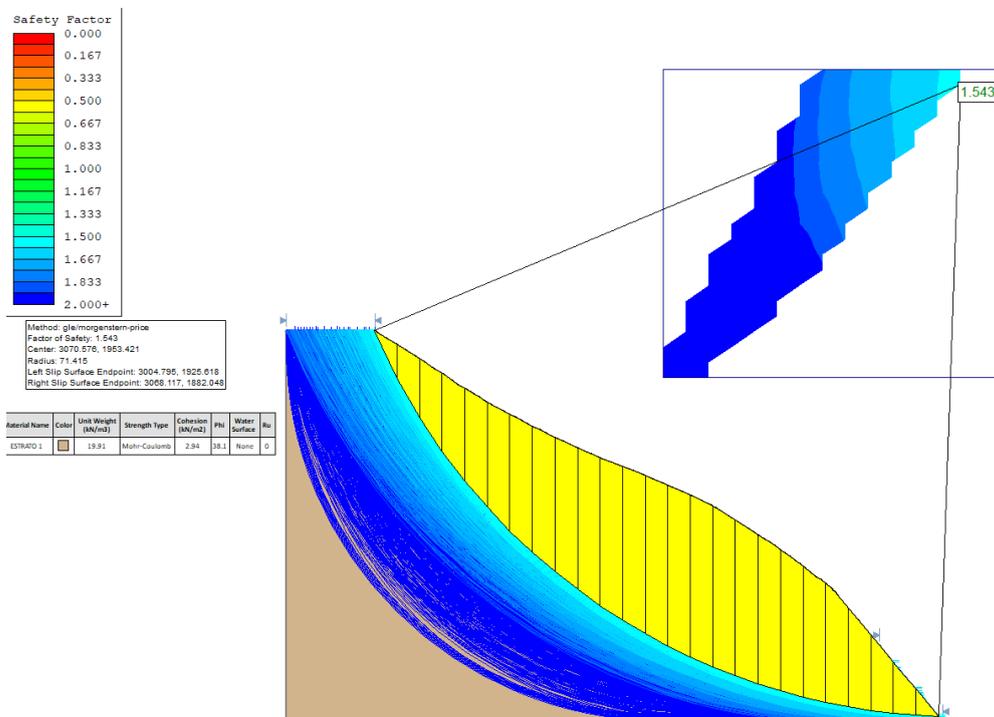


Figura 60. Análisis estático del perfil 5 Método Morgenstern Price (Falla Global)

Fuente: Elaboración propia

El análisis de estabilidad en condición estática del talud realizado en el Perfil 6 presenta un $FS=0.583$ (figura 61), siendo esto una falla local, mientras que en una falla global resulta un $FS=0.863$ (figura 62), el cual los dos valores son menores al factor de seguridad mínimo requerido que es de 1.5.

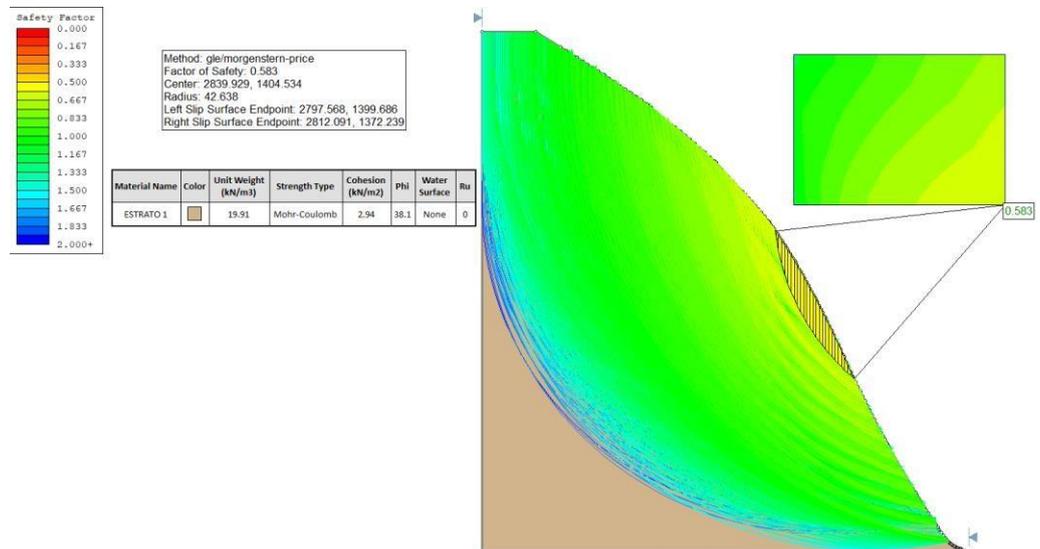


Figura 61. Análisis estático del perfil 6 Método Morgenstern Price (Local)

Fuente: Elaboración propia

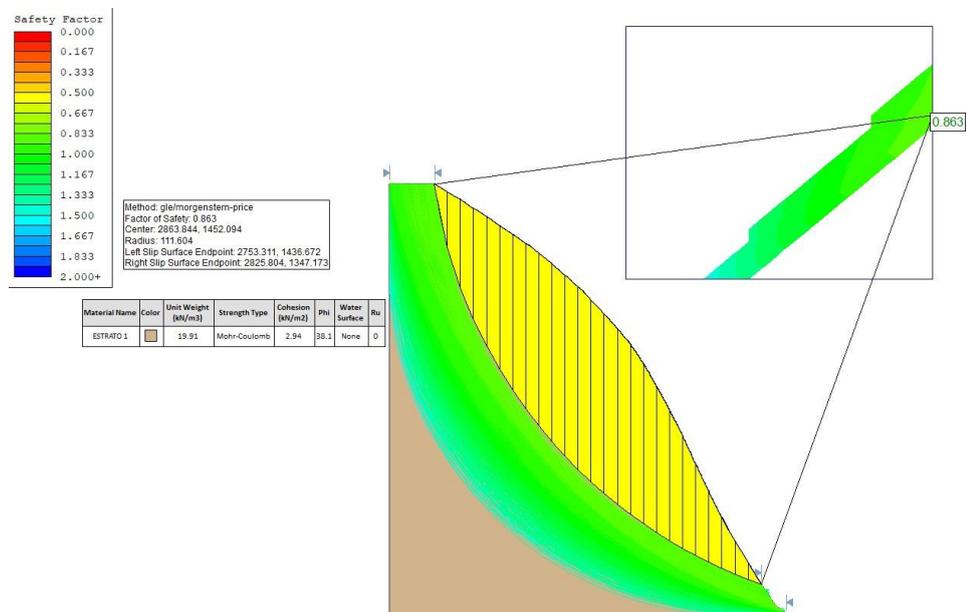


Figura 62. Análisis estático del perfil 6 Método Morgenstern Price (Global)

Fuente: Elaboración propia

6.3. Análisis pseudoestático

6.3.1. Método Spencer

El análisis de estabilidad en condición pseudoestática del talud realizado en el Perfil 1 presenta un $FS=0.465$ (figura 63), siendo esto una falla local, mientras que en una falla global resulta un $FS=0.507$ (figura 64), el cual los dos valores son menores al factor de seguridad mínimo requerido que es de 1.25.

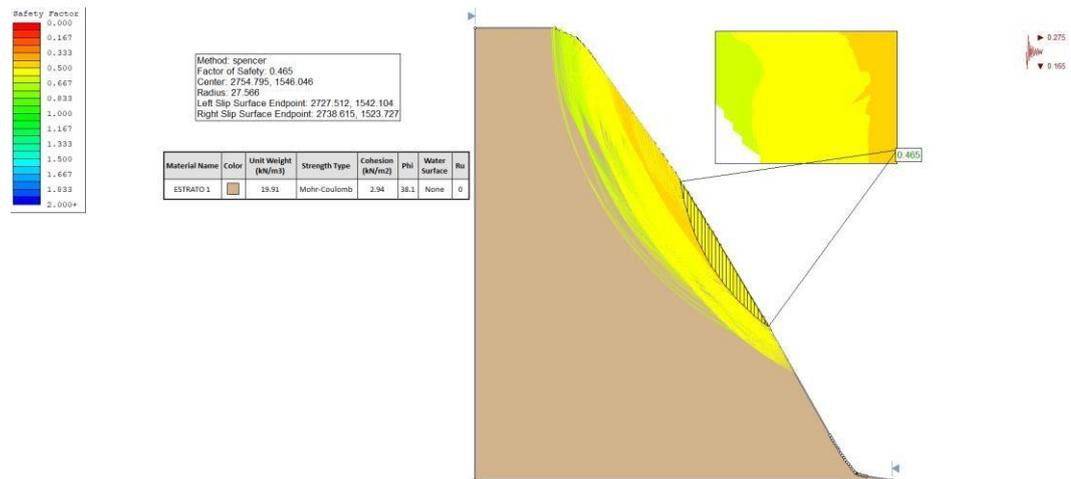


Figura 63. Análisis Pseudoestático del perfil 1 Método Spencer (Falla local)

Fuente: Elaboración propia

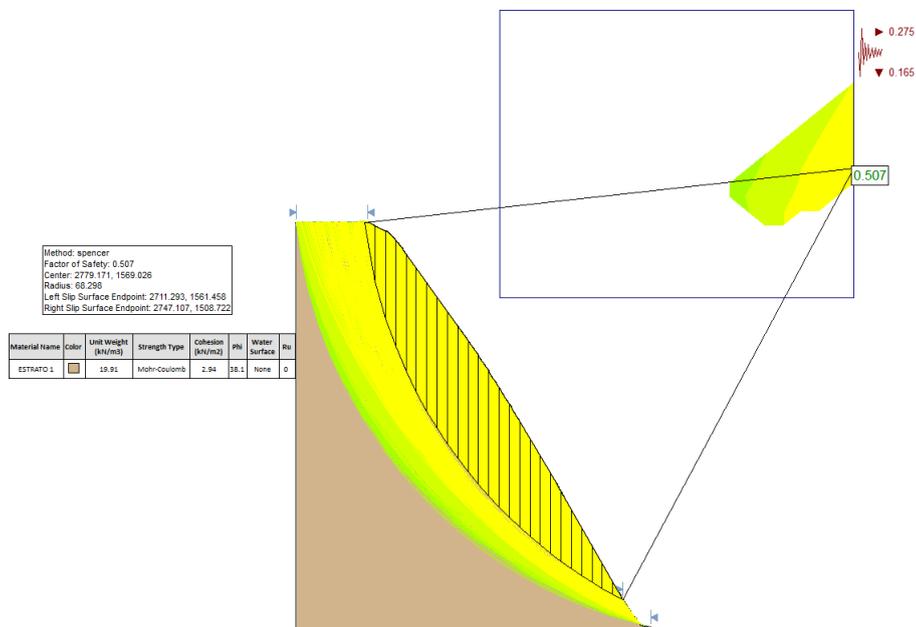


Figura 64. Análisis Pseudoestático del perfil 1 Método Spencer (Falla Global)

Fuente: Elaboración propia

El análisis de estabilidad en condición pseudoestática del talud realizado en el Perfil 2 presenta un FS=0.460 (figura 65), siendo esto una falla local, mientras que en una falla global resulta un FS=0.554 (figura 66), el cual los dos valores son menores al factor de seguridad mínimo requerido que es de 1.25.

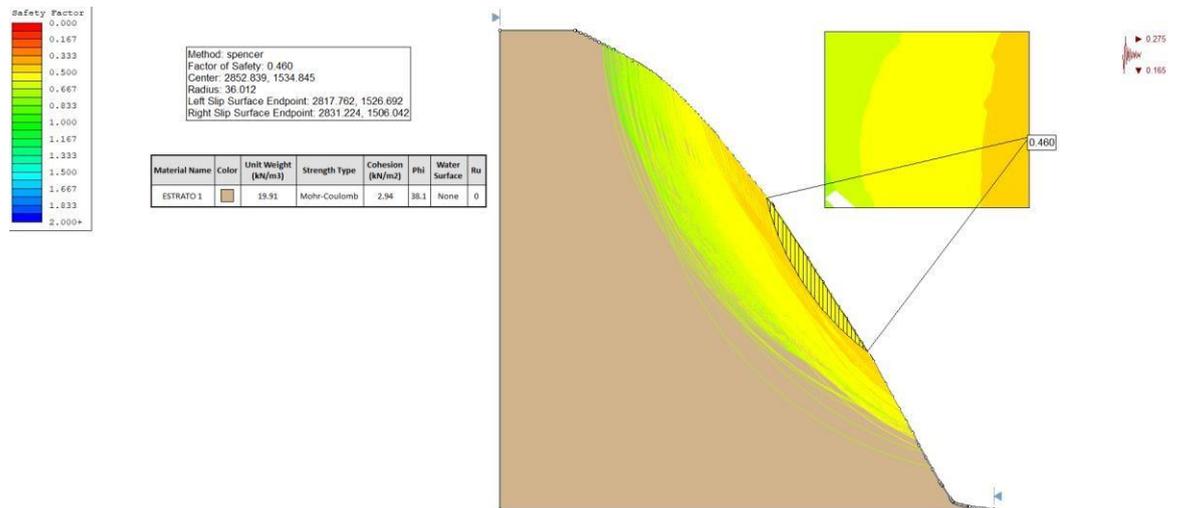


Figura 65. Análisis Pseudoestático del perfil 2 Método Spencer (Falla Local)

Fuente: Elaboración propi

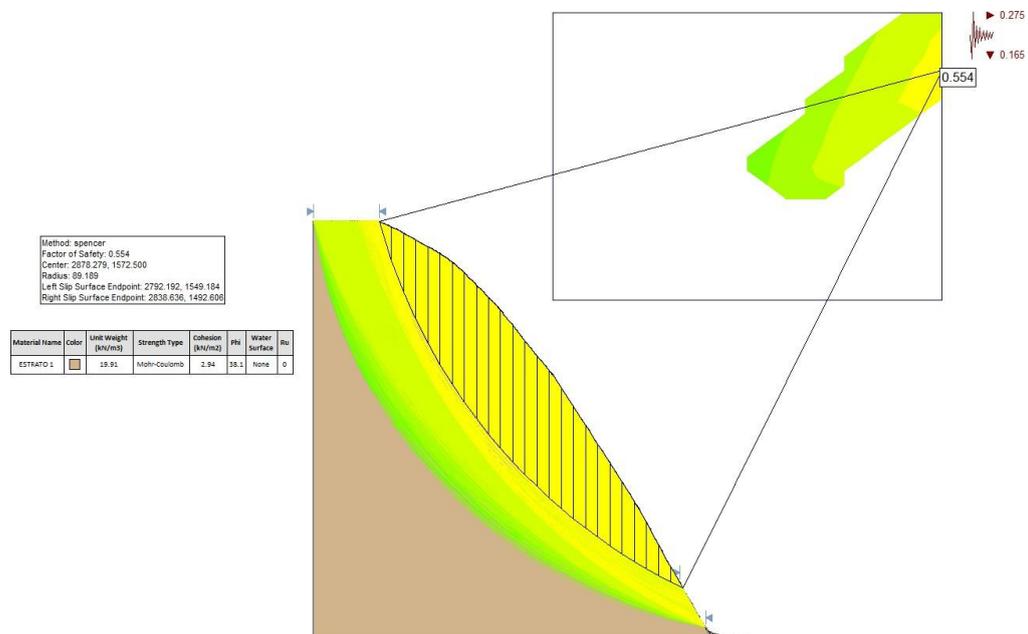


Figura 66. Análisis Pseudoestático del perfil 2 Método Spencer (Falla Global)

Fuente: Elaboración propia

El análisis de estabilidad en condición pseudoestática del talud realizado en el Perfil 3 presenta un $FS=0.511$ (figura 67), siendo esto una falla local, mientras que en una falla global resulta un $FS=0.571$ (figura 68), el cual los dos valores son menores al factor de seguridad mínimo requerido que es de 1.25.

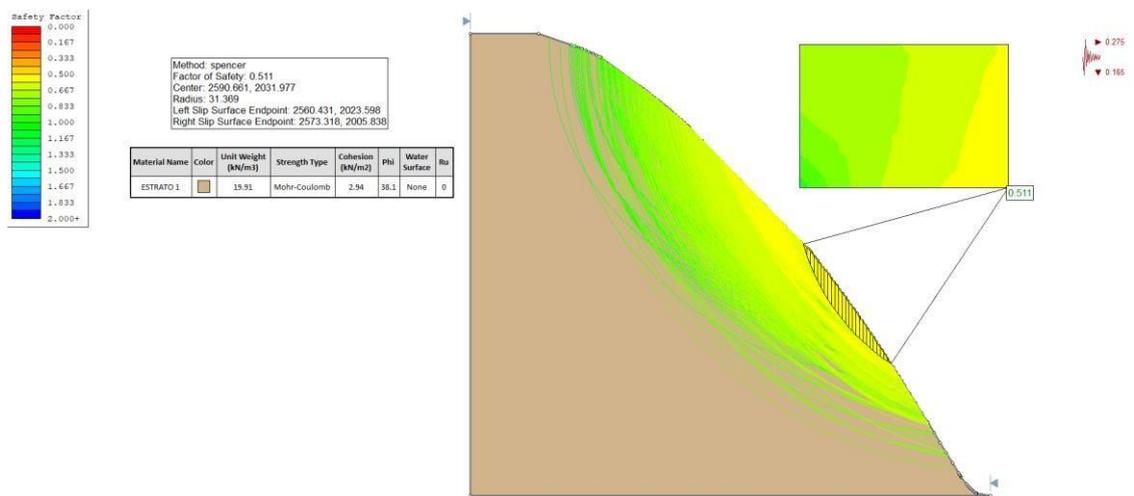


Figura 67. Análisis Pseudoestático del perfil 3 Método Spencer (Falla Local)

Fuente: Elaboración propia

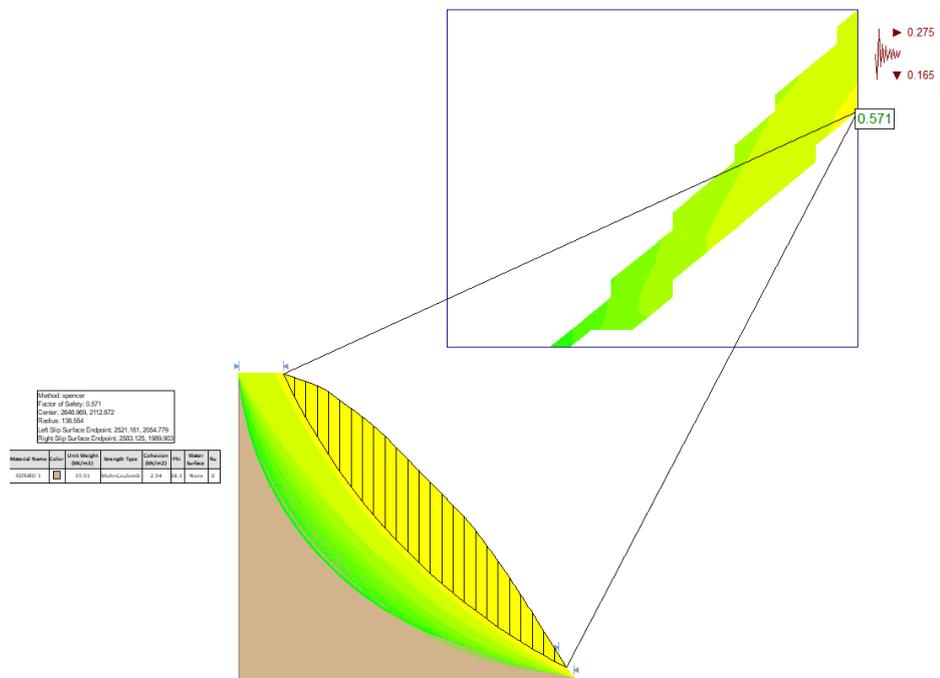


Figura 68. Análisis Pseudoestático del perfil 3 Método Spencer (Falla Global)

Fuente: Elaboración propia

El análisis de estabilidad en condición pseudoestática del talud realizado en el Perfil 4 presenta un $FS=0.597$ (figura 69), siendo esto una falla local, mientras que en una falla global resulta un $FS=0.845$ (figura 70), el cual los dos valores son menores al factor de seguridad mínimo requerido que es de 1.25.

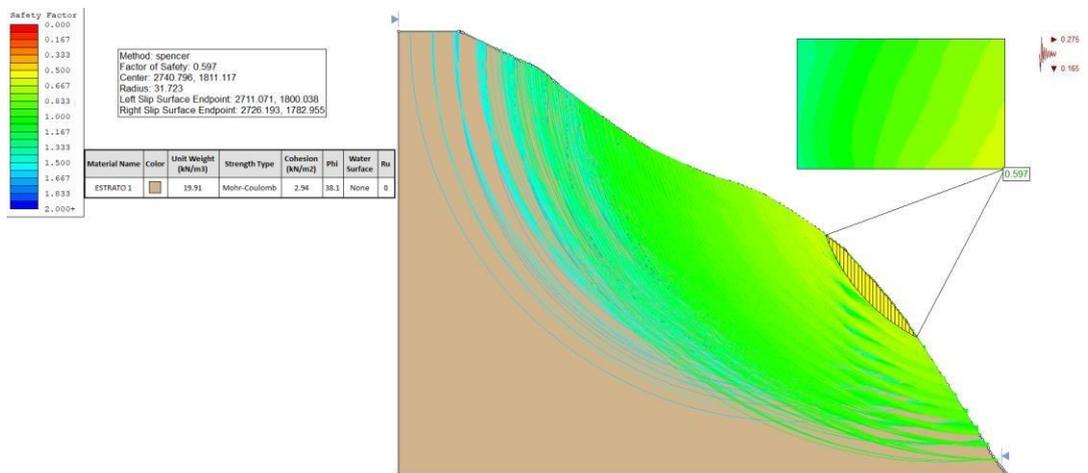


Figura 69. Análisis Pseudoestático del perfil 4 Método Spencer (Falla Local)

Fuente: Elaboración propia

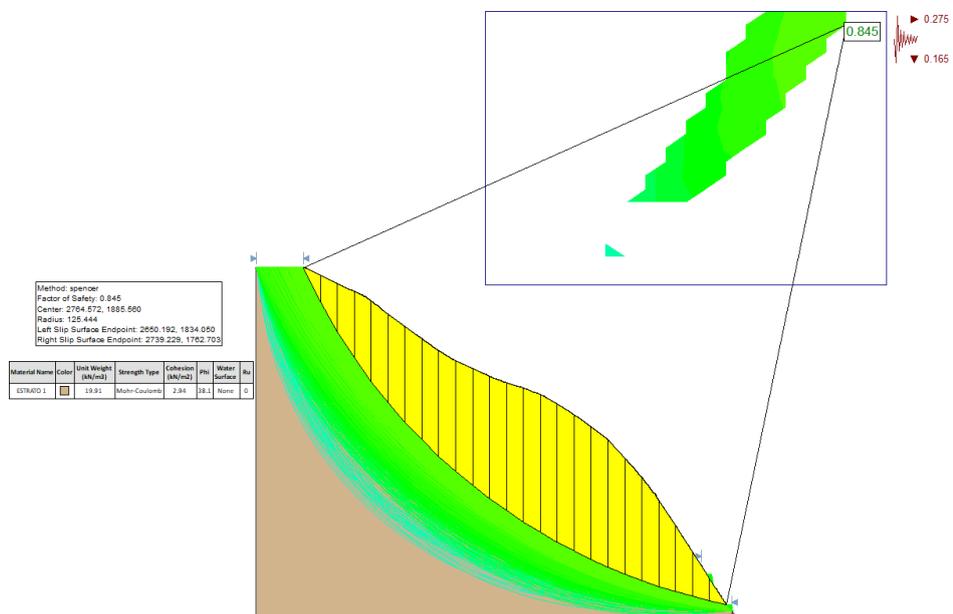


Figura 70. Análisis Pseudoestático del perfil 4 Método Spencer (Falla Global)

Fuente: Elaboración propia

El análisis de estabilidad en condición pseudoestática del talud realizado en el Perfil 5 presenta un FS=1.028 (figura 71), siendo esto una falla local, mientras que en una falla global resulta un FS=1.019 (figura 72), el cual los dos valores son menores al factor de seguridad mínimo requerido que es de 1.25.

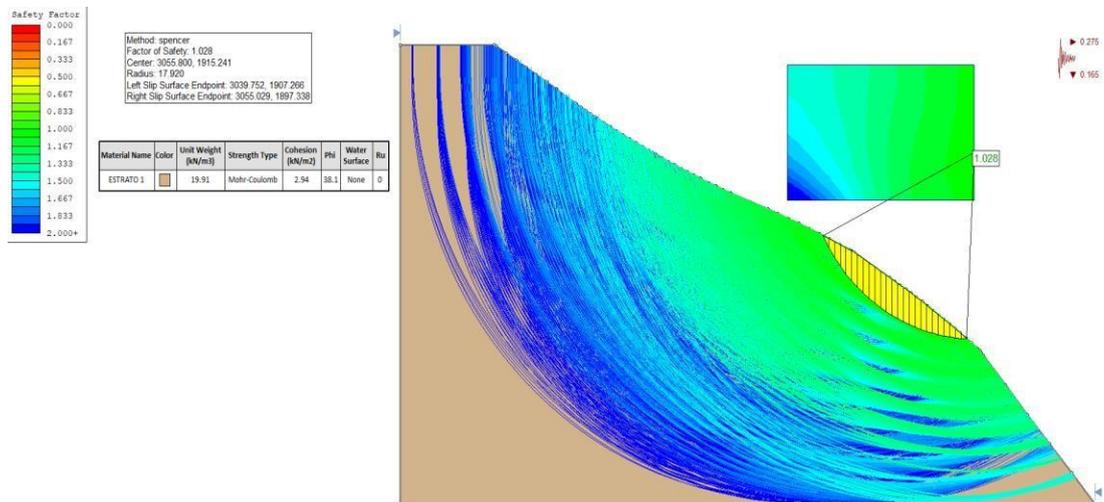


Figura 71. Análisis Pseudoestático del perfil 5 Método Spencer (Falla Local)

Fuente: Elaboración propia

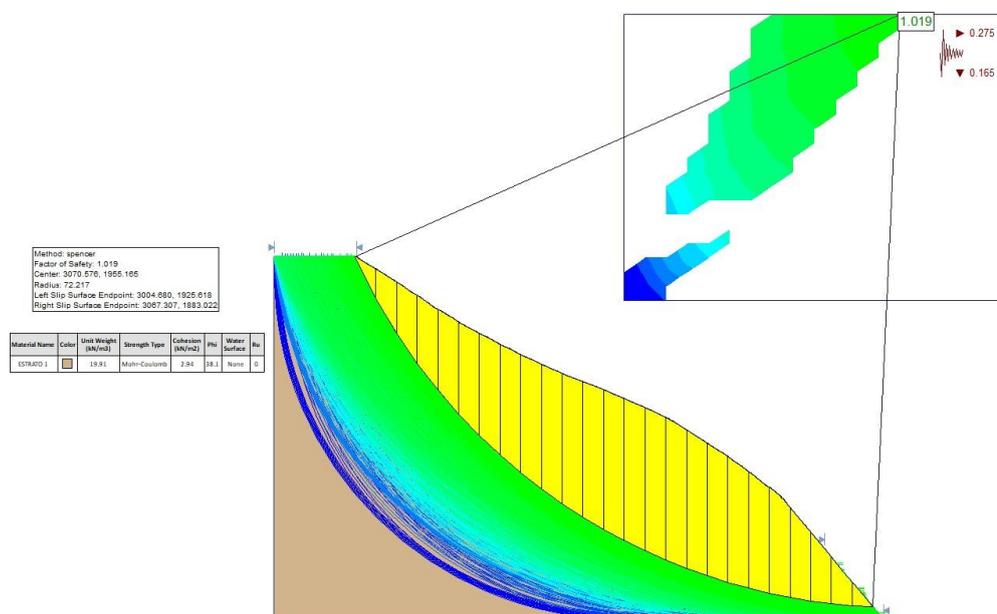


Figura 72. Análisis Pseudoestático del perfil 5 Método Spencer (Falla Global)

Fuente: Elaboración propia

El análisis de estabilidad en condición pseudoestática del talud realizado en el Perfil 6 presenta un FS=1.028 (figura 73), siendo esto una falla local, mientras que en una falla global resulta un FS=0.640 (figura 74), el cual los dos valores son menores al factor de seguridad mínimo requerido que es de 1.25.

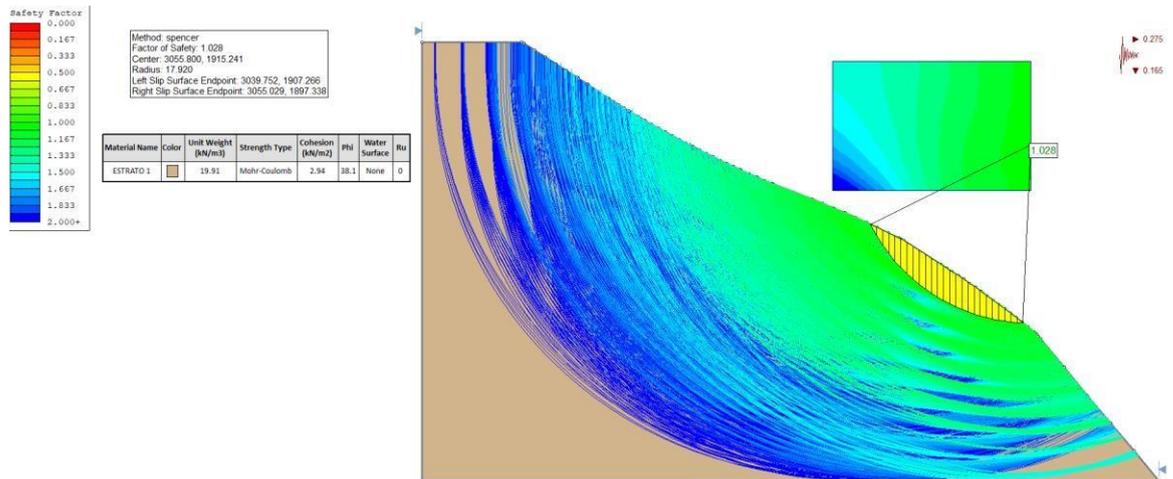


Figura 73. Análisis Pseudoestático del perfil 6 Método Spencer (Falla Local)

Fuente: Elaboración propia

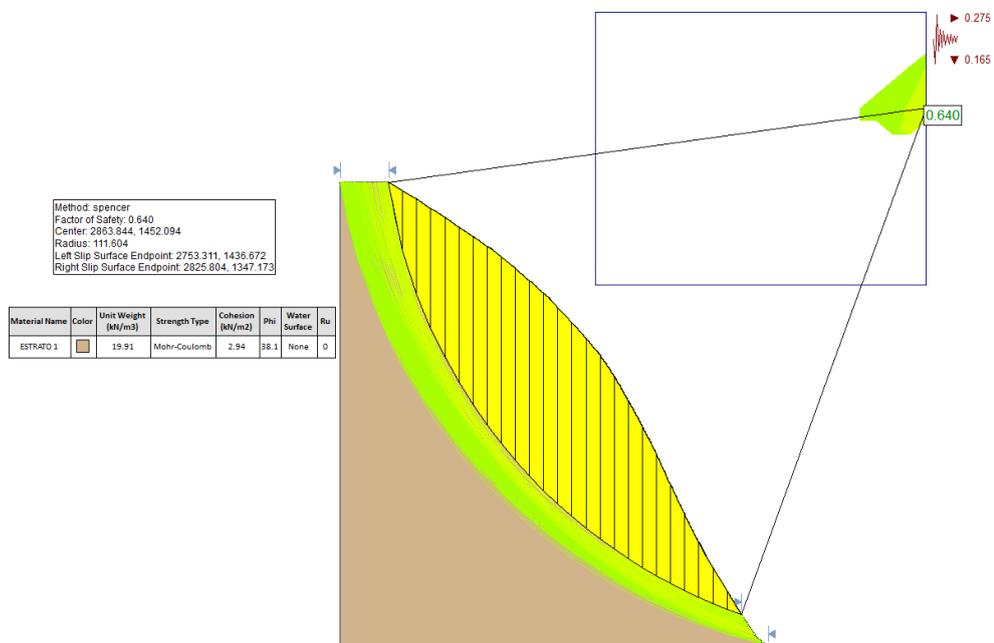


Figura 74. Análisis Pseudoestático del perfil 6 Método Spencer (Falla Global)

Fuente: Elaboración propia

6.3.2. Método Morgenstern-Price

El análisis de estabilidad en condición pseudoestática del talud realizado en el Perfil 1 presenta un $FS=0.462$ (figura 75), siendo esto una falla local, mientras que en una falla global resulta un $FS=0.506$ (figura 76), el cual los dos valores son menores al factor de seguridad mínimo requerido que es de 1.25.

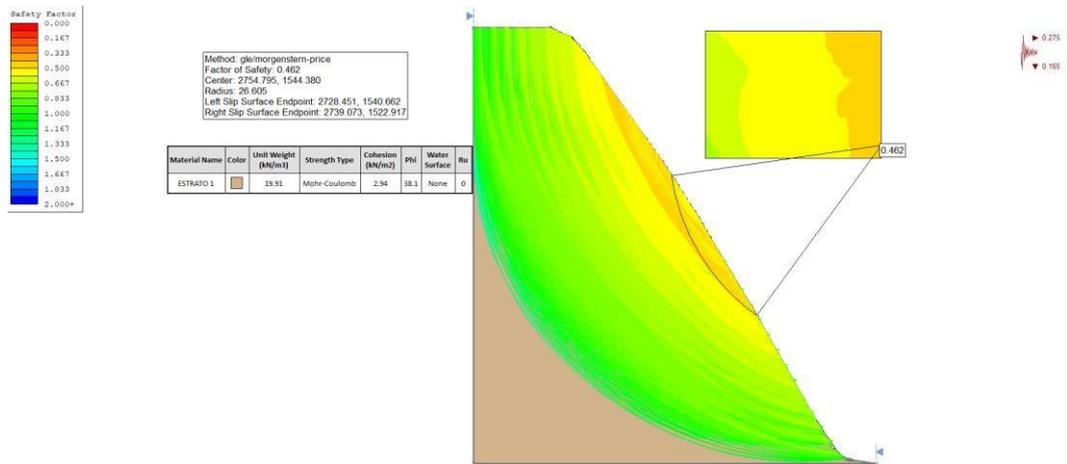


Figura 75. Análisis Pseudoestático del perfil 1 Método Morgenstern Price (Falla Local)

Fuente: Elaboración propia

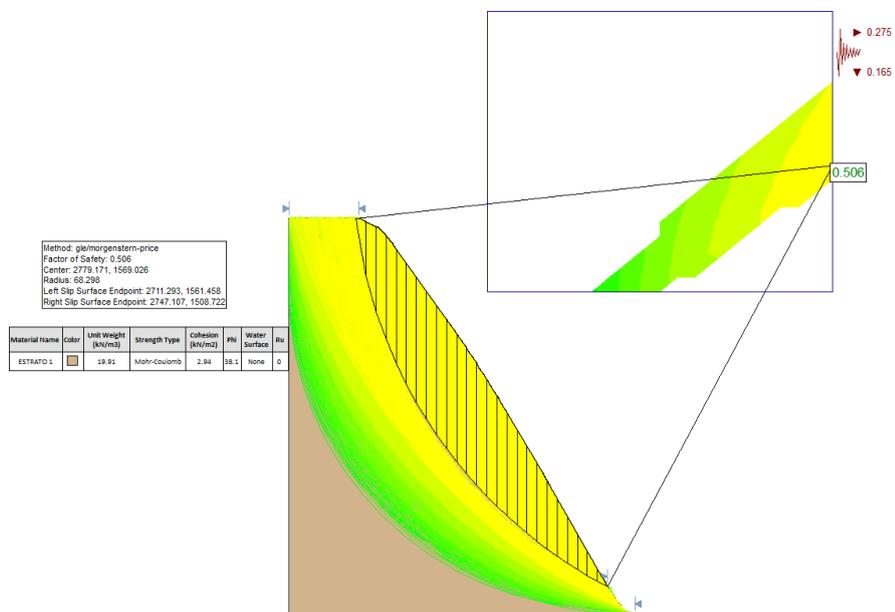


Figura 76. Análisis Pseudoestático del perfil 1 Método Morgenstern Price (Falla Global)

Fuente: Elaboración propia

El análisis de estabilidad en condición pseudoestática del talud realizado en el Perfil 2 presenta un $FS=0.460$ (figura 77), siendo esto una falla local, mientras que en una falla global resulta un $FS=0.555$ (figura 78), el cual los dos valores son menores al factor de seguridad mínimo requerido que es de 1.25.

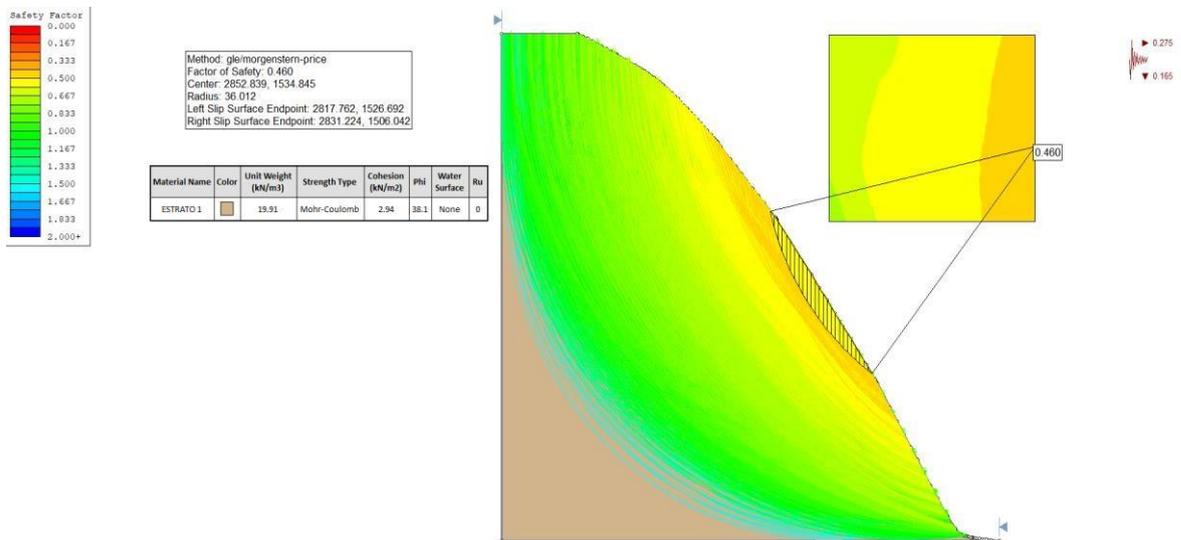


Figura 77. Análisis Pseudoestático del perfil 2 Método Morgenstern Price (Falla local)

Fuente: Elaboración propia

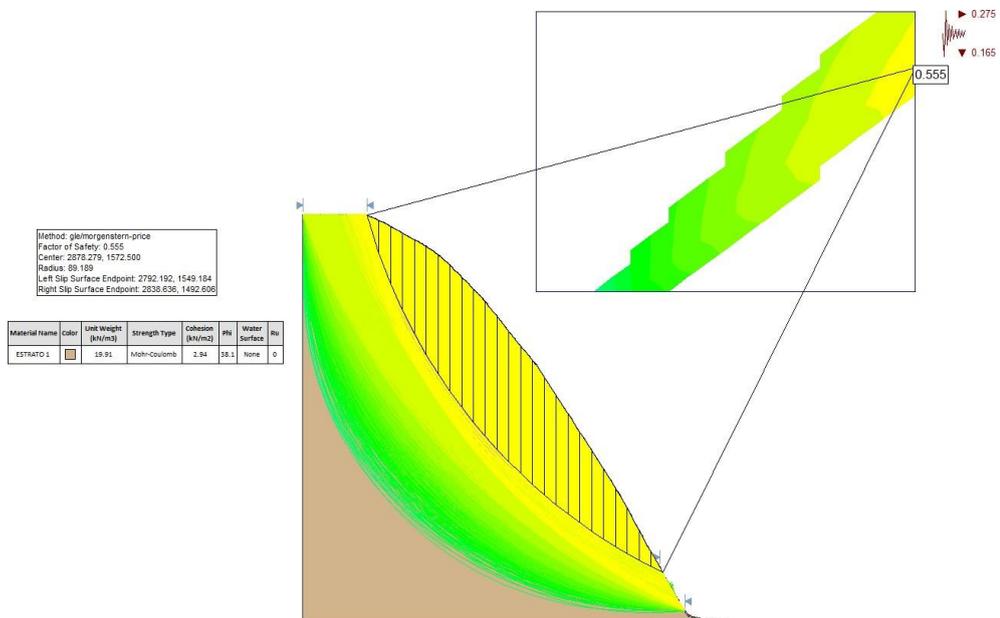


Figura 78. Análisis Pseudoestático del perfil 2 Método Morgenstern Price (Falla global)

Fuente: Elaboración propia

El análisis de estabilidad en condición pseudoestática del talud realizado en el Perfil 3 presenta un $FS=0.508$ (figura 79), siendo esto una falla local, mientras que en una falla global resulta un $FS=0.572$ (figura 80), el cual los dos valores son menores al factor de seguridad mínimo requerido que es de 1.25.

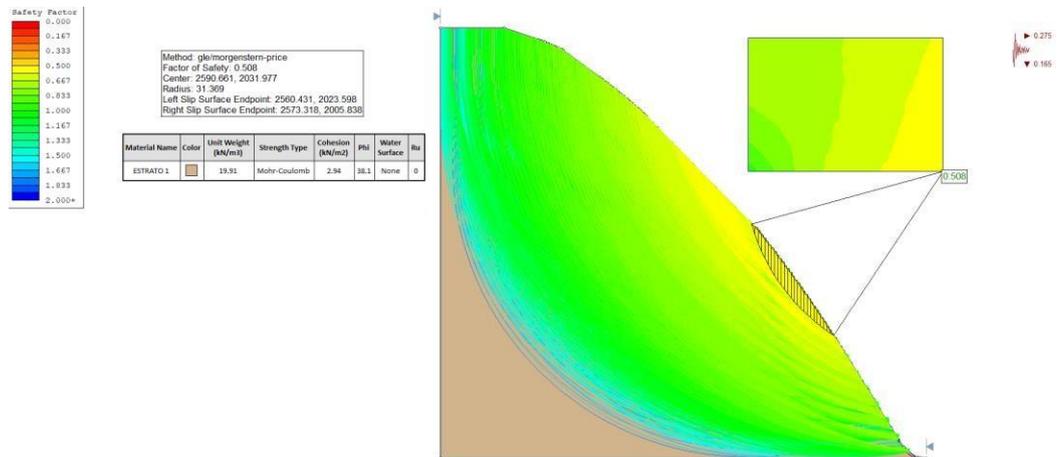


Figura 79. Análisis Pseudoestático del perfil 3 Método Morgenstern Price (Falla Local)

Fuente: Elaboración propia

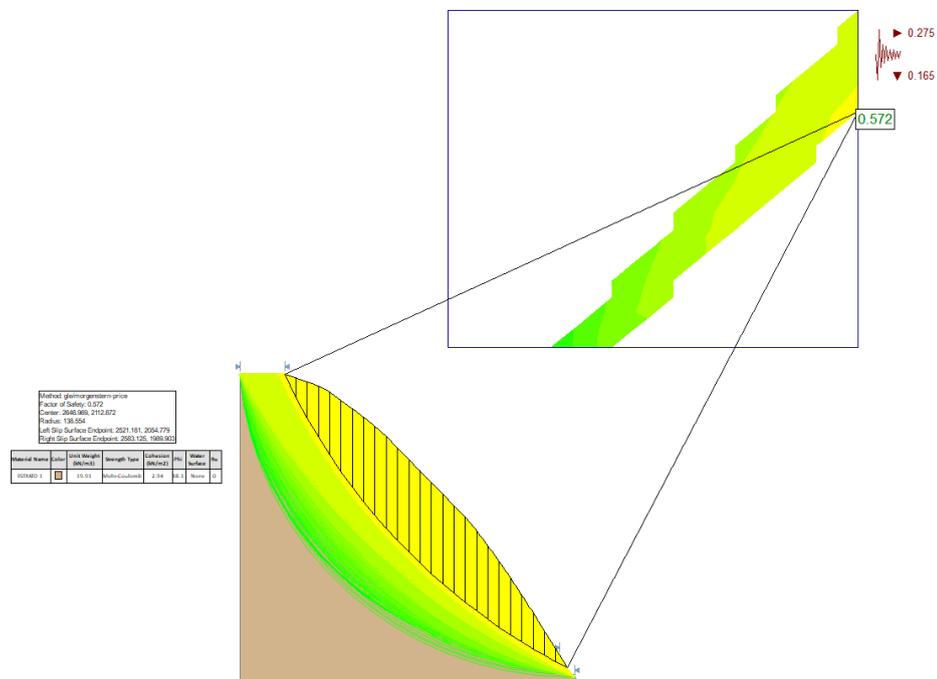


Figura 80. Análisis Pseudoestático del perfil 3 Método Morgenstern Price (Falla Global)

Fuente: Elaboración propia

El análisis de estabilidad en condición pseudoestático del talud realizado en el Perfil 4 presenta un $FS=0.593$ (figura 81), siendo esto una falla local, mientras que en una falla global resulta un $FS=0.843$ (figura 82), el cual los dos valores son menores al factor de seguridad mínimo requerido que es de 1.25.

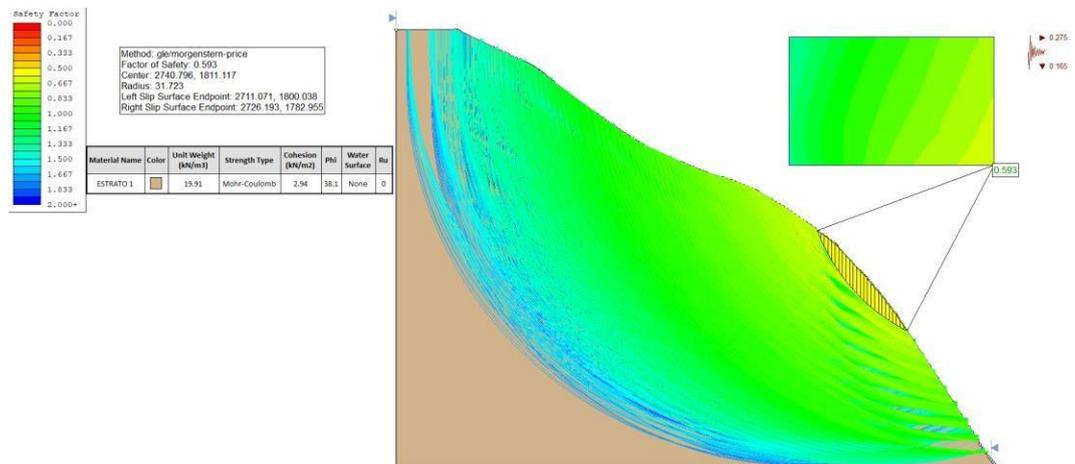


Figura 81. Análisis Pseudoestático del perfil 4 Método Morgenstern Price (Falla Local)

Fuente: Elaboración propia

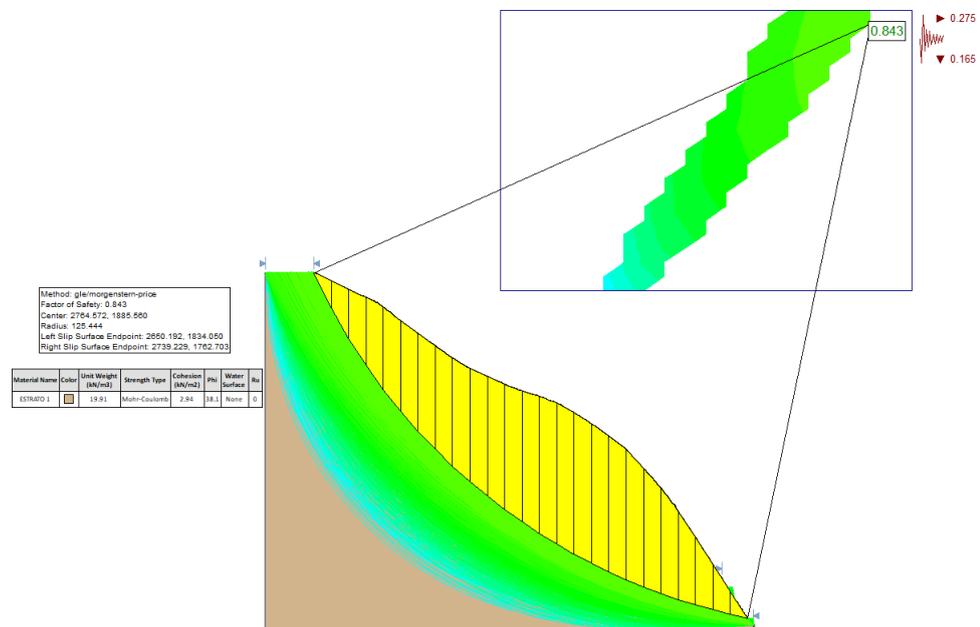


Figura 82. Análisis Pseudoestático del perfil 4 Método Morgenstern Price (Falla Global)

Fuente: Elaboración propia

El análisis de estabilidad en condición pseudoestática del talud realizado en el Perfil 5 presenta un $FS=1.028$ (figura 83), siendo esto una falla local, mientras que en una falla global resulta un $FS=1.018$ (figura 84), el cual los dos valores son menores al factor de seguridad mínimo requerido que es de 1.25.

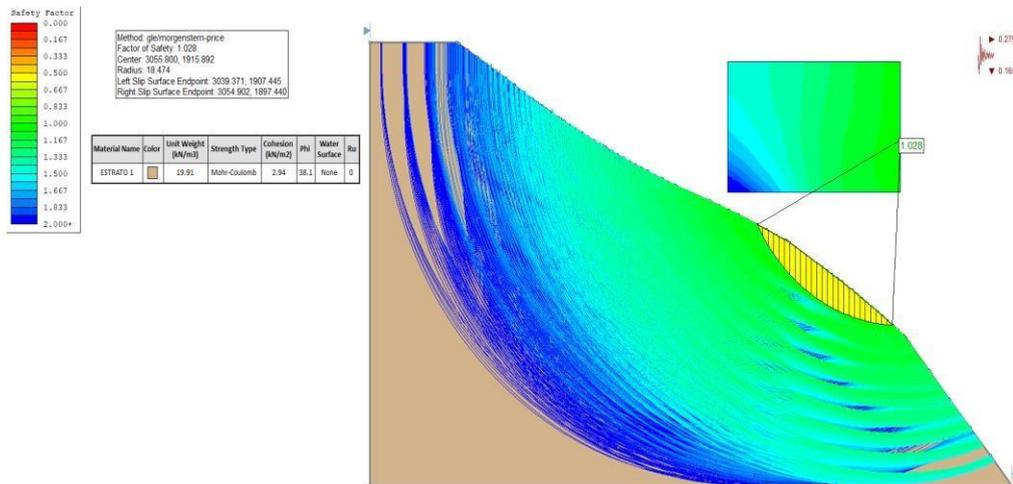


Figura 83. Análisis Pseudoestático del perfil 5 Método Morgenstern Price (Falla Local)

Fuente: Elaboración propia

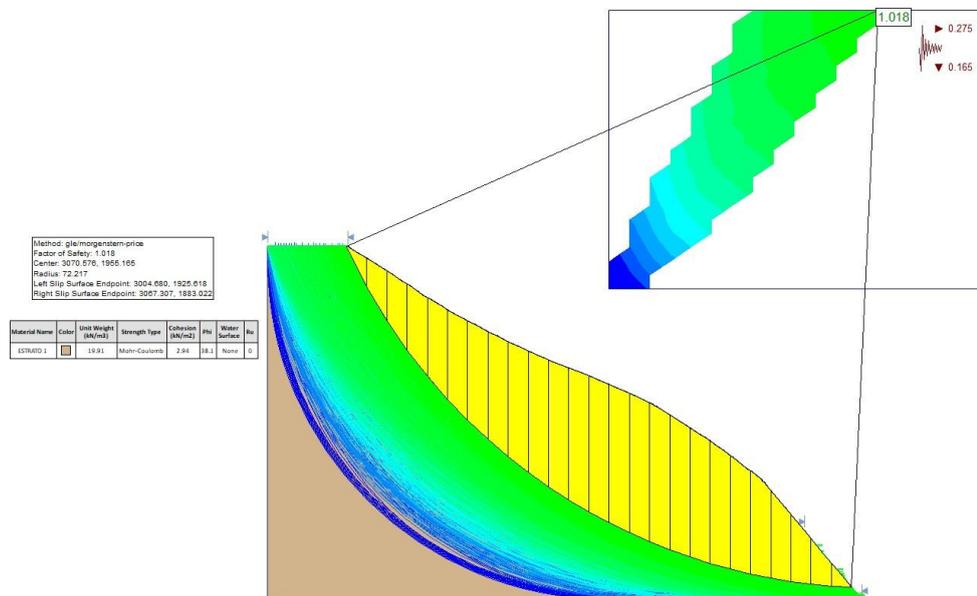


Figura 84. Análisis Pseudoestático del perfil 5 Método Morgenstern Price (Falla Global)

Fuente: Elaboración propia

El análisis de estabilidad en condición pseudoestática del talud realizado en el Perfil 6 presenta un FS=0.401 (figura 85), siendo esto una falla local, mientras que en una falla global resulta un FS=0.631 (figura 86), el cual los dos valores son menores al factor de seguridad mínimo requerido que es de 1.25.

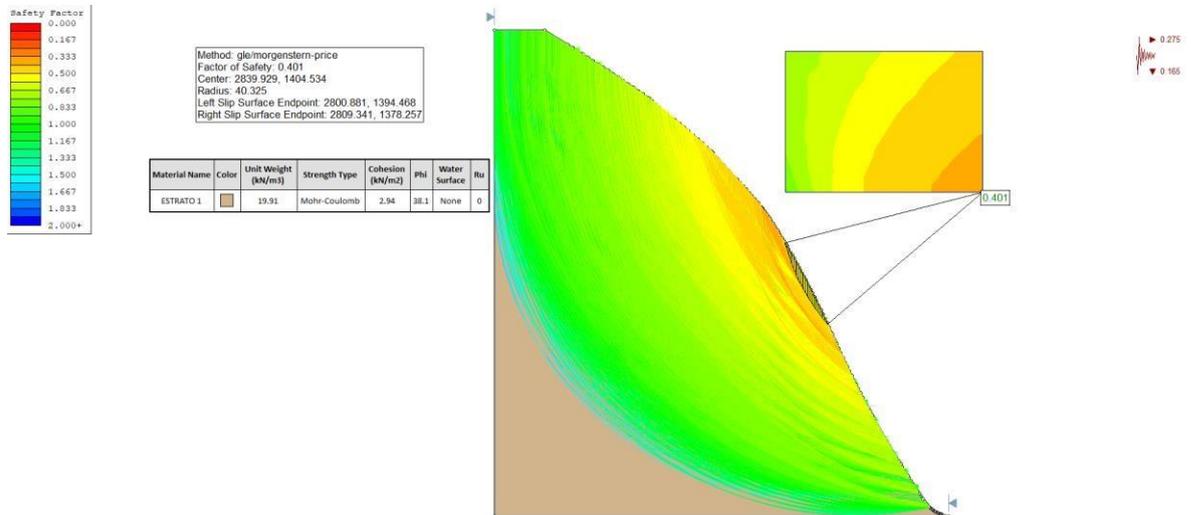


Figura 85. Análisis Pseudoestático del perfil 6 Método Morgenstern Price (Falla Local)

Fuente: Elaboración propia

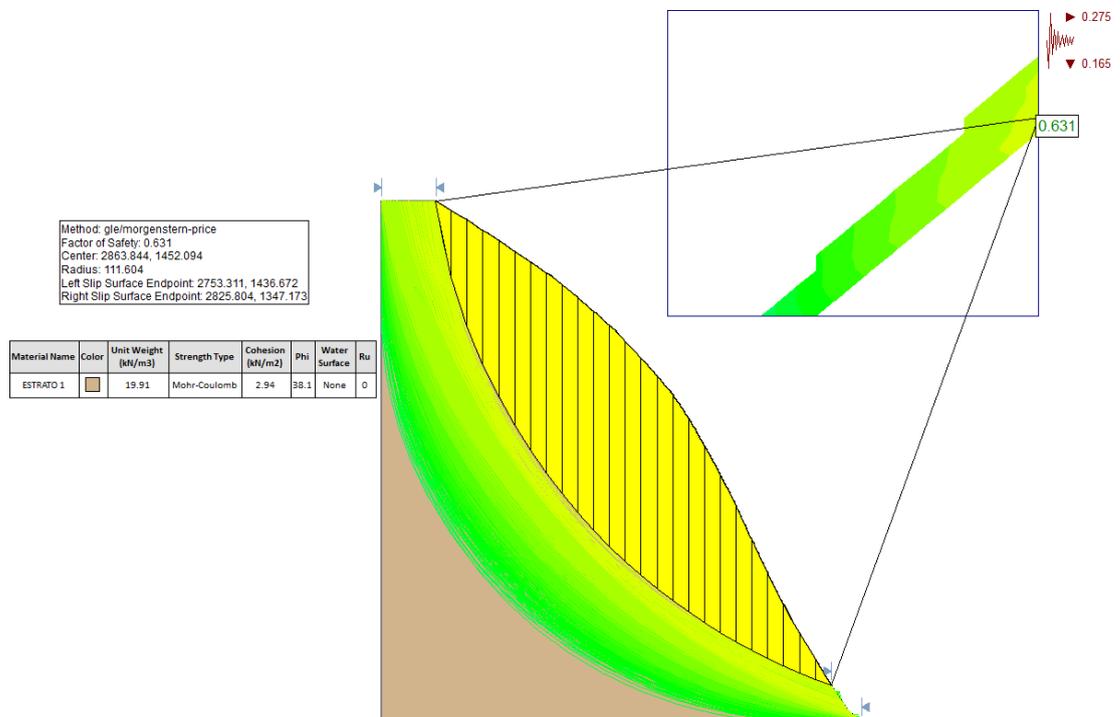


Figura 86. Análisis Pseudoestático del perfil 6 Método Morgenstern Price (Falla Global)

Fuente: Elaboración propia

6.4. Comparación de resultados

6.4.1. Cuadro comparativo del análisis estático

En la tabla 18, se realizó un cuadro comparativo de los factores de seguridad obtenidos en el análisis estático entre el método Spencer y el método Morgenstern-Price para fallas locales y globales.

Tabla 18

Cuadro Comparativo del factor de seguridad en el Análisis Estático

	Método Spencer		Método Morgenstern-Price	
	Falla local	Falla Global	Falla local	Falla Global
Perfil 1	0.686	0.713	0.686	0.712
Perfil 2	0.687	0.793	0.688	0.794
Perfil 3	0.768	0.853	0.768	0.852
Perfil 4	0.889	1.247	0.888	1.247
Perfil 5	1.560	1.543	1.563	1.543
Perfil 6	0.582	0.861	0.583	0.863

Fuente: Elaboración propia

6.4.2. Cuadro comparativo del análisis pseudoestático

En la tabla 19, se realizó un cuadro comparativo de los factores de seguridad obtenidos en el análisis pseudoestático entre el método Spencer y el método Morgenstern-Price para fallas locales y globales.

Tabla 19

Cuadro Comparativo del factor de seguridad en el Análisis Pseudoestático

	Método Spencer		Método Morgenstern-Price	
	Falla local	Falla Global	Falla local	Falla Global
	Perfil 1	0.465	0.507	0.462
Perfil 2	0.460	0.554	0.460	0.555
Perfil 3	0.511	0.571	0.508	0.572
Perfil 4	0.597	0.845	0.593	0.843
Perfil 5	1.028	1.019	1.028	1.018
Perfil 6	0.404	0.640	0.401	0.631

Fuente: Elaboración Propia.

6.5. Niveles de estabilidad

En la tabla 20, se realizó la determinación de estabilidad o inestabilidad de los perfiles analizados en condición estático.

Tabla 20

Nivel de estabilidad en condición estático

	Método Spencer			Método Morgenstern-Price		
	Falla local	Falla global	Nivel de Estabilidad	Falla local	Falla global	Nivel de Estabilidad
Perfil 1	0.686	0.713	INESTABLE	0.686	0.712	INESTABLE
Perfil 2	0.687	0.793	INESTABLE	0.688	0.794	INESTABLE
Perfil 3	0.768	0.853	INESTABLE	0.768	0.852	INESTABLE
Perfil 4	0.889	1.247	INESTABLE	0.888	1.247	INESTABLE
Perfil 5	1.560	1.543	ESTABLE	1.563	1.543	ESTABLE
Perfil 6	0.582	0.861	INESTABLE	0.583	0.863	INESTABLE

Fuente: Elaboración Propia.

En la tabla 21, se realizó la determinación de estabilidad o inestabilidad de los perfiles analizados en condición pseudo estático.

Tabla 21

Nivel de estabilidad en condición Pseudoestático

	Método Spencer			Método Morgenstern-Price		
	Falla local	Falla global	Nivel de Estabilidad	Falla local	Falla global	Nivel de Estabilidad
Perfil 1	0.465	0.507	INESTABLE	0.462	0.506	INESTABLE
Perfil 2	0.460	0.554	INESTABLE	0.460	0.555	INESTABLE
Perfil 3	0.511	0.571	INESTABLE	0.529	0.572	INESTABLE
Perfil 4	0.597	0.845	INESTABLE	0.593	0.843	INESTABLE
Perfil 5	1.028	1.019	INESTABLE	1.028	1.018	INESTABLE
Perfil 6	0.464	0.640	INESTABLE	0.401	0.631	INESTABLE

Fuente: Elaboración Propia.

6.6. Contrastación de hipótesis

6.6.1. Contrastación de la primera hipótesis

H_1 = Los parámetros geotécnicos específicos brindan un mejor resultado final para el análisis del talud.

Se determinó los parámetros geotécnicos, de acuerdo a las exploraciones de campo según la norma E.0.50 de la sección de Suelos y Cimentaciones y la CE.0.20 Estabilización de suelos y taludes. Los ensayos de laboratorio que se realizaron fueron un análisis granulométrico por tamizado, densidad in situ, corte directo a gran escala, entre otros. Los ensayos de laboratorios se presentan en la tabla 15, siendo estos resultados recopilaciones de informes técnicos aledaños a la zona de investigación. De la misma manera investigadores o profesionales como Suarez J. (2009) en diferentes investigaciones, realizan exploraciones en campo y ensayos de laboratorio como es el caso de ensayos de contenido de humedad, análisis granulométrico. Por lo tanto, se determina válida la primera hipótesis, porque los ensayos realizados por la data experimental utilizada siguieron las mismas normativas válidas correspondiente y contribuyeron a un adecuado análisis de talud.

6.6.2. Contrastación de la segunda hipótesis

H_2 = Los factores de seguridad en condiciones estáticas y pseudoestáticas en fallas locales usando el programa Slide da a conocer en qué condiciones a nivel de seguridad se encuentra el talud.

De acuerdo con la normativa peruana que se denomina CE.020. Estabilización de suelos y taludes (2012), la estabilización de taludes consiste en una solución geotécnica compleja que se implementa en el talud para permitirle equilibrar adecuadamente y estable en condiciones estáticas y pseudoestáticas. El factor de seguridad mínimo del talud deberá ser 1.5 para condiciones estáticas y 1.25 para condiciones sísmicas. Además, se define falla local cuando la superficie de falla corta el plano inclinado del talud entre el hombro y del pie, sin cortar el pie del talud. (Montoya, 2009). Por lo tanto, los factores de seguridad y la condición de estabilidad hallados mediante el programa Slide y siguiendo las normativas ya mencionadas se determina que los resultados son válidos.

6.6.3. Contrastación de la tercera hipótesis

H_3 = Los factores de seguridad en condiciones estáticas y pseudoestáticas en fallas globales usando el programa Slide da a conocer en qué condiciones a nivel de seguridad se encuentra el talud.

En el Perú, existe diversas normativas que regulan el coeficiente de seguridad que se empleará en el proyecto geotécnico. La elección del mismo deberá tomar en cuenta la temporalidad de la obra y si es talud estará sometido a condiciones estáticas y/o sísmicas (Valiente et al.,2016). De acuerdo con la normativa peruana que se denomina CE.020. Estabilización de suelos y taludes (2012), el factor de seguridad mínimo del talud deberá ser 1.5 para condiciones estáticas y 1.25 para condiciones sísmicas. Además, se define falla global cuando la superficie de falla tiene salida en la cercanía del pie del talud, y corresponde a una falla catastrófica del talud. (Montoya, 2009). Se da por válida la hipótesis, puesto que al realizar el modelamiento con el programa Slide, se halló los factores de seguridad para condiciones estáticas y pseudoestáticas y se determinó el nivel estabilidad, este programa emplea métodos de cálculo que se basan en las leyes de la estática.

DISCUSIÓN

Para la presente investigación se revisó y recopiló información geológica y de mecánica de suelos de ensayos de laboratorio e in situ para determinar las propiedades físicas y mecánicas del suelo en el área de estudio. Para el análisis y modelamiento del talud se utilizó el software Slide v6.0, bajo los conceptos del análisis de equilibrio límite (Morgenstern y Price; y Spencer). Ello permitió hallar los factores de seguridad del talud en condiciones estáticas y pseudoestáticas tanto para fallas locales como globales. Se halló el nivel de estabilidad del talud, lo cual arrojó que en condiciones estáticas los perfiles 1,2,3,4 y 6 son inestables, pero el perfil 5 resultó estable y en condiciones pseudoestáticas los perfiles 1,2,3,4,5 y 6 resultó inestable.

Hernández G. & Torres C. (2020), realizan un análisis de los conceptos y parámetros geotécnicos del suelo en estudio. Se halló el factor de seguridad estático y pseudoestático todo esto mediante el programa Slide 6.0. Los resultados obtenidos de los 4 taludes a través de la propuesta de su investigación con la propuesta de ingeniería solución definitiva inicial, obteniendo una probabilidad de falla de 6% lo que resulta un riesgo muy bajo, pero los diseñadores en base a su experiencia proyectan asegurar su diseño con una cortina de micropilotes. Para nuestro caso, se analizó y escogió los adecuados parámetros geotécnicos del material característico de los estratos del talud para prevenir su deslizamiento, del modelamiento del talud resultó que el talud es inestable en condiciones estáticas y pseudoestáticas, por lo cual se sugiere aplicar métodos de estabilización como la hidrosiembra.

Jurado A. & Pérez R. (2019), compararon los parámetros de resistencia de un talud obtenidos de ensayos geotécnicos (métodos destructivos) y geofísicos (métodos no destructivos). Los métodos destructivos fueron los ensayos de excavación y de laboratorio, estos fueron obtenidos mediante recopilación de información y los métodos destructivos fueron los ensayos de refracción sísmica y MASW, estos fueron realizados por los autores. El resultado fue que mediante los métodos destructivos se logró obtener con mejor precisión los parámetros geotécnicos del suelo en estudio. Para nuestra investigación, se utilizó data experimental encontrada en literatura: análisis granulométrico, densidad in situ, corte directo a gran escala, entre otros. Se analizó la información recopilada y se escogió los parámetros geotécnicos más adecuados para

nuestra investigación: cohesión= 2.94 kN/m^2 , ángulo de fricción = 38.1° , peso específico = 19.91 kN/m^3 . Sin embargo, el estudio de la estabilidad del talud sería más completo si se hubiera realizado también una evaluación geofísica del suelo (métodos no destructivos), lo cual se sugiere para futuras investigaciones.

Sanches B. & Vaca L. (2021), analizan el nivel de riesgo por deslizamiento en el acantilado de la Costa Verde. Para el estudio se dividió en 17 sectores y 25 secciones de análisis. Dando como resultado el nivel de riesgo por deslizamiento: 7 sectores calificados en un nivel moderado, 7 sectores en un nivel alto y 3 sectores en un nivel muy alto, deduciendo que un mayor nivel de riesgo no indica obligatoriamente un riesgo de colapso, sino áreas calificadas de manera global según la evaluación de varios aspectos, como la geología, la topografía, la eficiencia y el entorno urbano cerca de laderas. Los autores evidencian la necesidad de más inspecciones periódicas y monitoreo geotécnico. Para nuestro caso, la topografía de la zona de estudio se realizó mediante un vuelo drone y mediante las curvas de nivel se logró obtener los 6 perfiles del talud. Se halló el nivel de estabilidad del talud, lo cual arrojó que en condiciones estáticas los perfiles 1,2,3,4 y 6 son inestables, pero el perfil 5 resultó estable y en condiciones pseudoestáticas los perfiles 1,2,3,4,5 y 6 resultó inestable. La inestabilidad del talud evidencia un peligro de deslizamiento.

CONCLUSIONES

1. Después de haber realizado el análisis de estabilidad en condiciones estáticas y pseudoestáticas se obtuvo como resultado lo mostrado en la tabla 20 y tabla 21. Resultó que en condiciones estáticas los perfiles 1,2,3,4 y 6 son inestables, pero el perfil 5 resultó estable en los 2 métodos realizados (método Spencer y método Morgenstern-Price) y en condiciones pseudoestáticas los perfiles 1,2,3,4,5 y 6 resultó inestable en los 2 métodos realizados (método Spencer y método Morgenstern-Price).
2. Para el análisis adecuado de la estabilidad del talud en condiciones estáticas y pseudoestáticas, se realizó la revisión y recopilación de los ensayos: Análisis granulométrico, Densidad InSitu, Corte Directo a gran escala, entre otros. Por ello, hemos propuesto los siguientes parámetros geotécnicos que se adecuan mejor a la investigación.
 - ESTRATO = GP
 - Cohesión = 2.94 kN/m²
 - Angulo de Fricción = 38.1°
 - Peso Específico = 19.91 kN/m³

La topografía de la zona de estudio ubicado en el talud de la Bajada Armendáriz se realizó mediante un vuelo drone. A través de las curvas de nivel se logró obtener los 6 perfiles del talud, esto ayudó en la precisión del análisis del talud en el programa Slide.

3. Realizando el análisis de estabilidad del talud en condición estática dio como resultado los siguientes F.S. para fallas locales 0.686, 0.687, 0.768, 0.889, 1.560, 0.582 por método de Spencer y 0.686, 0.688, 0.768, 0.888, 1.563 y 0.583 por método Morgenstern-Price. Los resultados obtenidos muestran que el perfil 1,2,3,4 y 6 en ambos métodos se encuentran en condición inestables. No obstante, el perfil 5 en ambos métodos se encuentra en condición estable. Y después se realizó el análisis de estabilidad del talud en condición pseudoestática la cual dio como resultado los siguientes F.S. en fallas globales 0.465, 0.460, 0.511, 0.597, 1.028 y 0.404 por método de Spencer y 0.462, 0.460, 0.508, 0.593, 1.028 y 0.401 por método Morgenstern-

Price. Los resultados obtenidos muestran que el perfil 1,2,3,4,5 y 6 en ambos métodos se encuentran en condición inestables.

4. Realizando el análisis de estabilidad del talud en condición estática dio como resultado los siguientes F.S. para fallas globales 0.713, 0.793, 0.853, 1.247, 1.543 y 0.861 por método de Spencer y 0.712, 0.794, 0.852, 1.247, 1.543 y 0.863 por método Morgenstern-Price. Los resultados obtenidos muestran que el perfil 1,2,3,4 y 6 en ambos métodos se encuentran en condición inestables. No obstante, el perfil 5 en ambos métodos se encuentra en condición estable. Y después se realizó el análisis de estabilidad del talud en condición pseudoestática la cual dio como resultado los siguientes F.S. en fallas globales 0.507, 0.554 0.571, 0.845, 1.019 y 0.640 por método de Spencer y 0.506, 0.555, 0.572, 0.843, 1.018 y 0.631 por método Morgenstern-Price. Los resultados obtenidos muestran que el perfil 1,2,3,4,5 y 6 en ambos métodos se encuentran en condición inestables.

RECOMENDACIONES

1. Luego de haber realizado el análisis del talud se encontró inestabilidad en todos los taludes en condición pseudoestática. Por lo tanto, se recomienda la instalación de algunos métodos de estabilización, como por ejemplo la hidrosiembra, de esa manera se realiza un aporte de refuerzo y estético para el distrito de Miraflores. En casos extremos, se recomienda el uso de muros de gaviones. Y así evitar el deslizamiento de rocas en el talud de la Bajada Armendáriz del distrito de Miraflores.
2. Para realizar un adecuado análisis de estabilidad de talud se necesita que los ensayos de laboratorio de suelos e in situ se realicen en forma adecuada. Por ello, se requiere que los instrumentos se encuentren en buen estado y bien calibrados. Además, el personal que maneje los instrumentos deberá estar capacitado profesionalmente. Por consecuencia, los parámetros geotécnicos serán los más cercanos a la realidad y precisos.
3. Para poder hallar las fallas locales y globales en el talud en estudio se requirió del programa Slide, ya que muestra los factores de seguridad de un talud especificando la zona de falla y tomando en cuenta todo el talud. Además, el software contiene variedad de métodos de análisis del talud como el método Spencer, el método Morgenstern Price, entre otros. También, el programa presenta una interfaz clara y sencilla, y su manejo es muy intuitivo para quien lo maneje. Por lo tanto, el Slide 6.0 es el adecuado para realizar este tipo de análisis en taludes.
4. Se recomienda para un adecuado análisis de estabilidad del talud emplear en análisis del talud para fallas globales porque se analiza la falla desde la base del talud y se puede analizar a mayor profundidad los estratos que componen el talud.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aliaga, D. (2020). Analisis de estabilidad estática de un talud crítico en el distrito de Magdalena por el método de elementos discretos(DEM). (*tesis de licenciatura*). Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima.
- ASTM D1556. (s.f.). *Metodo de prueba estandar para densidad y peso unitario del suelo en sitio por el metodo de cono de areana*. Lima, Perú.
- ASTM D2487. (s.f.). *Sistema unificado de clasificacion SUCS*. Lima, Perú.
- ASTM D3282. (s.f.). *Clasificacion de suelo AASHTO*. Lima, Perú.
- ASTM-D422. (s.f.). *Analisis Granulometrico por tamizado*. Lima, Perú.
- Basurto, D. (2010). *Diseño e implementacion de un equipo de corte directo para suelos gravosos en el laboratorio*. Universidad Nacional de Ingenieria, Lima, Peru.
- Braja, M. (2001). *Fundamentos de Ingeniería Geotécnica*. Cengage Learning.
- Camacho, S., Ramon , A., Escobar, J., & Garzon , A. (2016). Analisis cuantitativo en la influencia de la geomorfologia en estabilidad de taludes. *Ingenierias Universidad de Medellin*, pp. 13-28.
- Castillo, R. (2020). Hacia el desarrollo urbano sostenible de la costa verde de la megalopolis Lima Callao, al 2050. *PAIDEIA XXI, V.10(Nº1)*, pp. 203-231.
- Coronel, K. (2020). Estabilización de un talud compuesto por suelo expansivo incorporado ceniza volcánica. (*tesis de licenciatura*). Universidadn nacional de Chimborazo, Riobamba-Ecuador.
- Diaz, J. (2008). Estabilizacion del talud de la costa verde en la zona del distrito de Magdalena. (*Tesis de licenciatura*). PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATOLICA DEL PERU, Lima, Peru.
- Duncan, J., & Wright, S. (2005). Soil Strength and Slope Stability. *John Wiley & Sons, Inc.*, 309p.

- Ferrer, M., Gonzales, L., Ortuno, L., & Oteo, C. (2002). *Ingenieria Geologica*. España: Pearson Education.
- Garrido, N. (2019). Implementacion de un plan de contingencia ante sismo y tsunami en la Costa Verde para la gestion del riesgo de desastres en el distrito de San Isidro, Lima-Perú 2019. (*tesis de maestria*). Universidad Continental, Lima.
- Geológico, Instituto Geológico Minero y Metalúrgico. Direccion de Geología Ambiental y Riesgo. (2021). *Evaluacion de peligros geológicos ocasionados por el sismo del 22 de Junio del 2021 en la Costa Verde*. Informe técnico N° A7165, Ingemmet, Lima.
- Hernandez, G., & Torres, C. (2020). Analisis de confiabilidad de la propuesta de ingenieria de solucion definitiva para la estabilizacion del talud de la via evitamiento sector Zarumilla. (*Tesis de licenciatura*). Universidad Ricardo Palma, Lima.
- Hernandez, J., Fernandez , D., Martinez, M., Figueroa, B., Rubio, E., & Garcia, J. (2019). Evaluación de la estabilidad de taludes en cárcavas,. *Terra Latinoamericana*, Pag. 303-313.
- Hoyos, F. (Octubre de 2001). Geotecnia. *Diccionario Básico*. Medellin, Colombia.
- Instituto Geofísico del Perú [IGP]. (2019). *Informe de la evaluación de peligros geofísicos en el distrito de Miraflores*. Lima.
- Instituto Geológico y Minero de España [IGME]. (1994). Manual de Taludes. 457p.
- Jurado, A., & Perez, R. (2019). Analisis Comparativo de métodos destructivos y no destructivos en la determinación de parámetros geotécnicos para estabilizacion de un talud en la Costa Verde-Miraflores. (*tesis de licenciatura*). Universidad Ricardo Palma, Lima.
- Manrique, V., & Trigrero, P. (2019). Analisis de estabilidad de taludes a partir de la evaluacion geomecánica del macizo rocoso en Anconcito, provincia de Santa Elena.

- (*tesis de licenciatura*). Universidad Estatal Península de Santa Elena, La Libertad-Ecuador.
- Mena, G. (2020). Estabilidad de taludes en permafrost en zonas tropicales de alta montaña: caso de estudio, cerro Chajnantor. (*tesis de maestría*). Universidad de Chile, Santiago de Chile.
- Mercado, L. (Diciembre de 2021). La (in)seguridad de los acantilados en la Bajada de Armendáriz. *Revista Idelee(301)*. Obtenido de <https://www.revistaideele.com/2022/01/07/la-inseguridad-de-los-acantilados-en-la-bajada-de-armendariz/>
- Montoya, A. (2009). Confiabilidad en estabilidad de taludes. (*tesis para maestría*). Universidad Nacional Autónoma de México, México.
- Municipalidad de Miraflores. (2019). Creación del Parque Bicentenario de Miraflores. *Tomo 4*. Lima.
- NORMA CE 0.20. (s.f.). *Suelos y Taludes*. Lima, Perú.
- NORMA E 0.30. (s.f.). *Diseño Sismorresistente*. Lima, Perú.
- Portilla, J. (2021). Propuesta de estabilización de los acantilados de la costa verde entre los Jirones Leoncio Prado y Castilla en el Distrito de Magdalena del Mar mediante la ejecución de banquetas protegidas con el sistema GEOWEB. (*tesis de licenciatura*). Universidad San Ignacio de Loyola, Lima.
- Pulgar, M. (2020). Metodología de evaluación de estabilidad física de depósitos de relaves abandonados en la zona centro norte de Chile. (*tesis de licenciatura*). Universidad de Chile, Santiago de Chile.
- Rocha, Y. (2021). Modelación física en centrífuga del efecto del tipo raíz en la estabilidad de los taludes. (*tesis de maestría*). Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito, Colombia.

- Sanchez, B., & Vaca, L. (2021). Analisis de estabilidad para la determinacion del riesgo por deslizamiento del alcantilado de la Costa Verde, distrito de Barranco. (*tesis de licenciatura*). Universidad San Ignacio de Loyola, Lima.
- Sanhueza , C., & Rodriguez, L. (2013). Análisis comparativo de métodos de cálculo de estabilidad de taludes finitos aplicados a laderas naturales. *Revista de la construccion*, 17-20.
- Sarma, S. (1973). Stability analysis of embankments and slopes. *Geotechnique*, Vol.23:3, Pag. 423-433.
- SENAMHI. (2019). *Direccion de redes de observacion y datos-oficina estadistica*. Obtenido de <https://www.senamhi.gob.pe/?p=descarga-datos-hidrometeorologicos>
- SENAMHI. (2020). *Mapa de clasificacion climatica*. Obtenido de <https://www.senamhi.gob.pe/?p=mapa-climatico-del-peru>
- Suarez, J. (2009). *Deslizamientos Volumen 1: Análisis Geotécnico*. Colombia.
- Valiente, R., Sobrecases, S., & Diaz , A. (2015). Estabilidad de Taludes: Conceptos Basicos, Parametros de Diseño y Métodos de Calculo. *Civilizate*, pp. 50-54.
- Watson, R., Cartaya, M., & Mucuta , H. (2020). Evaluación de estabilidad en taludes del yacimiento Castellano mediante el cálculo. *Minería y Geología*, V. 36(N°4), pp. 441-449.

ANEXOS

Las siguientes imágenes fueron obtenidas del expediente técnico de la Municipalidad de Miraflores, disponible en el siguiente enlace https://www.miraflores.gob.pe/wp-content/uploads/2020/09/5.-ESTUDIO-DE-GEOLOGIA-Y-GEOTECNIA_compressed.pdf

Anexo 1: Matriz de consistencia

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPOTESIS	VARIABLES	INDICADORES
PROBLEMA GENERAL	OBJETIVO GENERAL	HIPOTESIS GENERAL		
¿Cómo es la estabilidad del talud en condiciones estáticas y pseudo estáticas para determinar el nivel de seguridad en la Bajada Armendáriz de la Costa Verde, distrito de Miraflores?	Analizar la estabilidad del talud en condiciones estáticas y pseudo estáticas para determinar el nivel de seguridad en la Bajada Armendáriz de la Costa Verde, distrito de Miraflores.	En condiciones estáticas la estabilidad del talud se mantiene estable, mientras que en condiciones pseudo estáticas existe inestabilidad.	VARIABLE DEPENDIENTE	INDICADOR DE LA V.D.
				Parámetros geotécnicos
PROBLEMAS ESPECIFICOS	OBJETIVOS ESPECIFICOS	HIPOTESIS ESPECIFICOS		
a) ¿Cuáles son los parámetros geotécnicos del material característico de los estratos del talud para la estabilización?	a) Analizar los parámetros geotécnicos del material característico de los estratos del talud para prevenir el deslizamiento en el talud.	a) Los parámetros geotécnicos específicos brindan un mejor resultado final para el análisis del talud.	Estabilidad del talud	INDICADOR DE LA V.I.
b) ¿Cuál es el factor de seguridad en condiciones estáticas y pseudo estáticas para fallas locales usando el programa Slide para prevenir derrumbes en la Bajada Armendáriz?	b) Analizar el factor de seguridad en condiciones estáticas y pseudo estáticas para fallas locales usando el programa Slide para prevenir derrumbes en la Bajada Armendáriz.	b) Los factores de seguridad en condiciones estáticas en fallas locales usando el programa Slide nos da a conocer en qué condiciones a nivel de seguridad se encuentra el talud.	VARIABLE INDEPENDIENTE	Cohesión
c) ¿Cuál es el factor de seguridad en condiciones estáticas y pseudo estáticas para fallas globales usando el programa Slide para prevenir derrumbes en la Bajada Armendáriz?	c) Analizar el factor de seguridad en condiciones estáticas y pseudo estáticas para fallas globales usando el programa Slide para prevenir derrumbes en la Bajada Armendáriz.	c) Los factores de seguridad en condiciones estáticas en fallas globales usando el programa Slide nos da a conocer en qué condiciones a nivel de seguridad se encuentra el talud.	Análisis en condiciones estáticas y pseudo estáticas	Angulo de fricción
				Peso específico
				Aceleraciones máximas

Anexo 2: Análisis granulométrico por tamizado de la calicata n°5



INSTITUTO TECNOLÓGICO DE LIMA
 INSTITUTO TECNOLÓGICO DE LIMA
 INSTITUTO TECNOLÓGICO DE LIMA

PROYECTO : CREACIÓN DE LA PLAZA BICENTENARIO DE MIRAFLORES EN EL MALECÓN DE ARMENDARIZ, DISTRITO DE MIRAFLORES LIMA

LABORATORISTA: Cardine Blas A.

CALICATA : C5
 MUESTRA : M1
 PROFUNDIDAD : - 0.00 - 1.20 m.

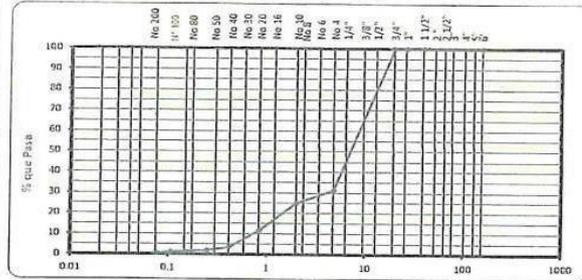
FECHA : Diciembre 2019
 UBICACIÓN : Miraflores - Lima

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO (MTC E 107 - 2013)

Tamiz ASTM	Abertura (mm.)	Peso Retenido	% Retenido		% que Pasa
			Parcial	Acumulado	
4"	101.600				
3"	76.200				
2 1/2"	63.500				
2"	50.800				
1 1/2"	38.100				
1"	25.400				
3/4"	19.050				
1/2"	12.700				100.0
3/8"	9.525	1648.9	39.7	39.7	60.3
1/4"	6.350				
No. 4	4.760	1344.6	28.9	68.6	31.4
No. 8	2.360				
No. 10	2.000	147.6	6.4	75.0	25.0
No. 16	1.190				
No. 20	0.834	415.6	13.2	88.2	11.8
No. 30	0.600				
No. 40	0.420	249.6	8.1	96.3	3.7
No. 50	0.300				
No. 60	0.250	45.9	1.6	97.9	2.1
No. 100	0.149				
No. 140	0.106	22.3	0.8	98.7	1.3
No. 200	0.075	11.9	0.4	99.1	0.9
-200		25.9	0.9	100.0	

CLASIFICACIÓN SUCS : GP
 CLASIFICACIÓN AASHTO : A-1-a(0)

Grava pobremente gradada con arena



Peso Inicial (g) : 5000.00

Peso Fracción (g) : 2000.00

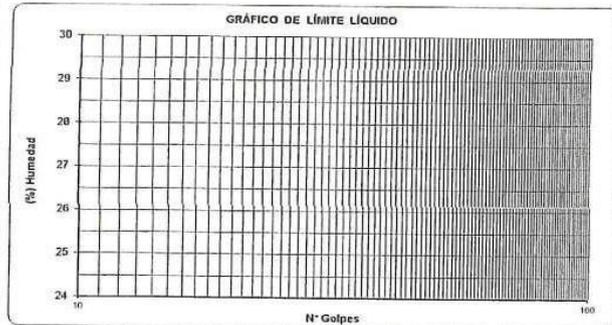
DETERMINACIÓN DE LOS LÍMITES DE CONSISTENCIA Y HUMEDAD NATURAL

	LÍMITE PLÁSTICO MTC E 111 - 2013	HUM. NAT. MTC E 108
Cápsula Nro		75
Peso de la Cápsula (g)		16.88
Peso de la Cápsula + Suelo Húmedo (g)		161.4
Peso de la Cápsula + Suelo Seco (g)	NP	154.6
Peso del Agua (g)		7
Peso del Suelo Seco (g)		138
Contenido de Humedad (%)		4.94
PROMEDIO	NP	4.94

	LÍMITE LÍQUIDO MTC E 110 - 2013
Cápsula Nro	
Peso de la Cápsula (g)	
Peso de la Cápsula + Suelo Húmedo (g)	
Peso de la Cápsula + Suelo Seco (g)	NP
Número de Golpes	
Peso del agua (g)	
Peso del Suelo Seco (g)	
Contenido de Humedad (%)	

CONSTANTES FÍSICAS

L. LÍQUIDO : NP L. PLÁSTICO : NP I. PLASTICIDAD : NP





INSTITUTO TECNOLÓGICO
 DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL
 DE SAN MARCOS

PROYECTO : CREACIÓN DE LA PLAZA BICENTENARIO DE MIRAFLORES EN EL MALECÓN DE ARMENDARIZ, DISTRITO DE MIRAFLORES LIMA

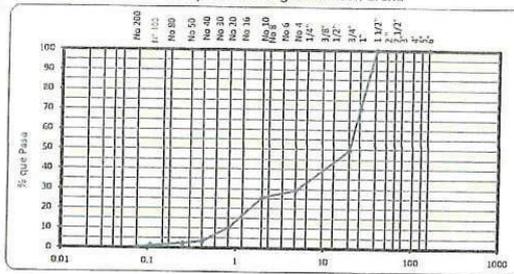
LABORATORISTA: Caroline Blas A. CALICATA : C5 FECHA : Diciembre 2019
 MUESTRA : M2 UBICACIÓN : Miraflores - Lima
 PROFUNDIDAD : 1.20 - 3.00 m.

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO
 (MTC E 107 - 2013)

Tamiz ASTM	Abertura (mm.)	Peso Retenido	% Retenido		% que Pasa
			Parcial	Acumulado	
4"	101.600				
3"	76.200				
2 1/2"	63.500				
2"	50.800				
1 1/2"	38.100				100.0
1"	25.400	1464.0	29.3	29.3	70.7
3/4"	19.050	1058.6	21.2	50.5	49.6
1/2"	12.700				
3/8"	9.525	829.6	16.6	67.0	33.0
1/4"	6.350				
No. 4	4.750	176.4	3.5	70.6	29.4
No. 8	2.360				
No. 10	2.000	69.1	3.5	74.0	26.0
No. 16	1.190				
No. 20	0.834	307.8	15.4	89.4	10.6
No. 30	0.600				
No. 40	0.420	141.1	7.1	96.5	3.5
No. 50	0.300				
No. 60	0.250	22.5	1.1	97.6	2.4
No. 100	0.149				
No. 140	0.106	19.5	1.0	98.6	1.4
No. 200	0.075	15.0	0.8	99.3	0.7
-200		13.5	0.7	100.0	

CLASIFICACIÓN SUCS : GP
 CLASIFICACIÓN AASHTO : A-1-a(0)

Grava pobremente gradada con arena



Peso Inicial (g) : 5000.00 Peso Fracción (g) : 2000.00

DETERMINACIÓN DE LOS LÍMITES DE CONSISTENCIA Y HUMEDAD NATURAL

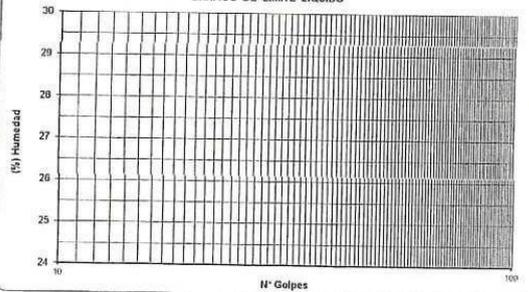
	LÍMITE PLÁSTICO MTC E 111 - 2013	HUM. NAT. MTC E 108
Cápsula No		72
Peso de la Cápsula (g)		17.37
Peso de la Cápsula + Suelo Húmedo (g)		150.0
Peso de la Cápsula + Suelo Seco (g)	NP	144.0
Peso del Agua (g)		6
Peso del Suelo Seco (g)		127
Contenido de Humedad (%)		4.74
PROMEDIO	NP	4.74

CONSTANTES FÍSICAS

L. LÍQUIDO : NP L. PLÁSTICO : NP I. PLASTICIDAD : NP

	LÍMITE LÍQUIDO MTC E 110 - 2013
Cápsula No	
Peso de la Cápsula (g)	
Peso de la Cápsula + Suelo Húmedo (g)	
Peso de la Cápsula + Suelo Seco (g)	
Número de Golpes	
Peso del agua (g)	NP
Peso del Suelo Seco (g)	
Contenido de Humedad (%)	

GRÁFICO DE LÍMITE LÍQUIDO



Anexo 3: Análisis granulométrico por tamizado de la calicata n°6



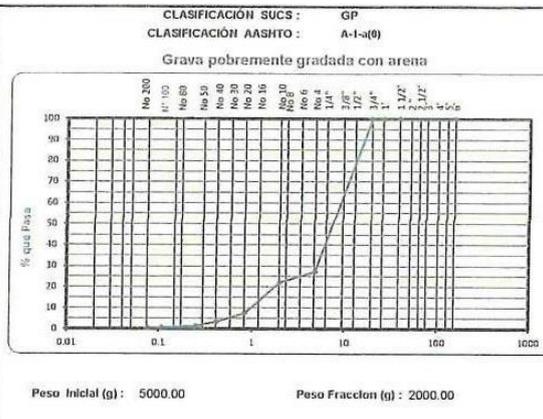
INSTITUTO TECNOLÓGICO DE LA UNIVERSIDAD DE SAN MARTÍN DE PORRES

PROYECTO : CREACIÓN DE LA PLAZA BICENTENARIO DE MIRAFLORES EN EL MALECÓN DE ARMENDARIZ, DISTRITO DE MIRAFLORES LIMA

LABORATORISTA: Caroline Blas A. CALICATA : C6 FECHA : Diciembre 2019
 MUESTRA : MI UBICACIÓN : Miraflores - Lima
 PROFUNDIDAD : 0.00 - 0.50 m.

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO (MTC E 107 - 2013)

Tamiz ASTM	Abertura (mm.)	Peso Retenido	% Retenido		% que Pasa
			Parcial	Acumulado	
4"	101.600				
3"	76.200				
2 1/2"	63.500				
2"	50.800				
1 1/2"	38.100				
1"	25.400				
3/4"	19.050				
1/2"	12.700				100.0
3/8"	9.525	1688.9	44.9	44.9	55.1
1/4"	6.350				
No. 4	4.760	809.5	27.7	72.6	27.4
No. 8	2.360				
No. 10	2.000	105.3	5.1	77.7	22.3
No. 16	1.190				
No. 20	0.834	341.2	14.6	92.3	7.7
No. 30	0.600				
No. 40	0.420	94.7	4.2	96.5	3.5
No. 50	0.300				
No. 60	0.250	46.5	2.0	98.5	1.5
No. 100	0.149				
No. 140	0.106	16.9	0.7	99.2	0.8
No. 200	0.075	8.6	0.3	99.5	0.5
-200		10.9	0.5	100.0	



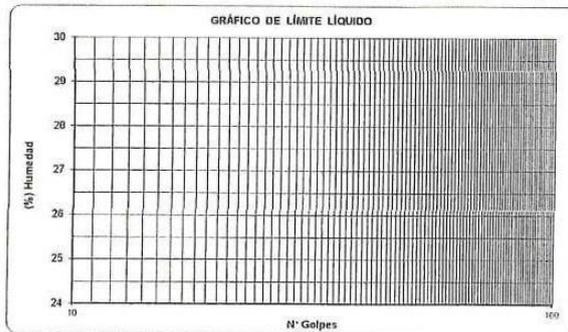
DETERMINACIÓN DE LOS LÍMITES DE CONSISTENCIA Y HUMEDAD NATURAL

	LÍMITE PLÁSTICO MTC E 111 - 2013	HUM. NAT. MTC E 108
Cápsula Nro		75
Peso de la Cápsula (g)		18.02
Peso de la Cápsula + Suelo Húmedo (g)		136.5
Peso de la Cápsula + Suelo Seco (g)	NP	130.8
Peso del Agua (g)		6
Peso del Suelo Seco (g)		113
Contenido de Humedad (%)		5.05
PROMEDIO	NP	5.05

	LÍMITE LÍQUIDO (MTC E 110 - 2013)
Cápsula Nro	
Peso de la Cápsula (g)	
Peso de la Cápsula + Suelo Húmedo (g)	
Peso de la Cápsula + Suelo Seco (g)	NP
Número de Golpes	
Peso del agua (g)	
Peso del Suelo Seco (g)	
Contenido de Humedad (%)	

CONSTANTES FÍSICAS

L. LÍQUIDO : NP L. PLÁSTICO : NP I. PLASTICIDAD : NP





INSTITUTO TECNOLÓGICO DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO DE MATERIALES
 INSTITUTO TECNOLÓGICO DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO DE MATERIALES

PROYECTO : CREACIÓN DE LA PLAZA BICENTENARIO DE MIRAFLORES EN EL MALECÓN DE ARMENDARIZ, DISTRITO DE MIRAFLORES LIMA

LABORATORISTA: Caroline Blas A.

CALICATA : C6
 MUESTRA : M2
 PROFUNDIDAD : 0.50 - 3.00 m

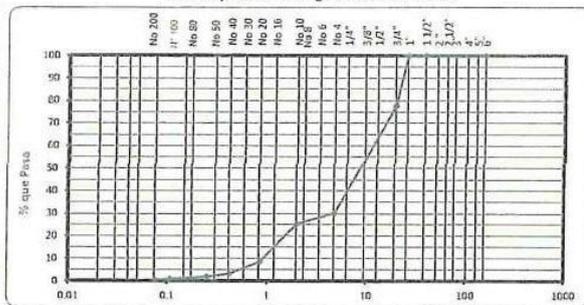
FECHA : Diciembre 2019
 UBICACIÓN : Miraflores - Lima

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO
 (MTC E 107 - 2013)

Tamiz ASTM	Abertura (mm.)	Peso Retenido	% Retenido		% que Pasa
			Parcial	Acumulado	
4"	101.600				
3"	76.200				
2 1/2"	63.500				
2"	50.800				
1 1/2"	38.100				
1"	25.400				100.0
3/4"	19.050	1124.1	22.5	22.5	77.5
1/2"	12.700				
3/8"	9.525	1578.6	31.6	54.1	46.0
1/4"	6.350				
No. 4	4.760	789.3	15.8	69.8	30.2
No. 8	2.360				
No. 10	2.000	94.6	4.7	74.6	25.4
No. 16	1.190				
No. 20	0.834	337.8	16.9	91.5	8.5
No. 30	0.600				
No. 40	0.420	105.7	5.3	96.7	3.3
No. 50	0.300				
No. 60	0.250	25.8	1.3	98.0	2.0
No. 100	0.149				
No. 140	0.106	17.2	0.9	98.9	1.1
No. 200	0.075	12.3	0.6	99.5	0.5
-200		9.8	0.5	100.0	

CLASIFICACIÓN SUCS : GP
 CLASIFICACIÓN AASHTO : A-1-a(0)

Grava pobremente gradada con arena



Peso Inicial (g) : 5000.00

Peso Fracción (g) : 2000.00

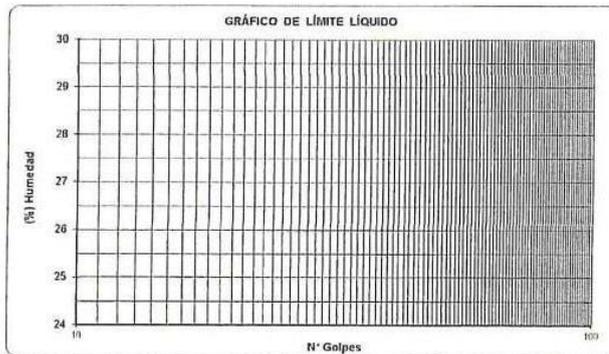
DETERMINACIÓN DE LOS LÍMITES DE CONSISTENCIA Y HUMEDAD NATURAL

	LÍMITE PLÁSTICO MTC E 111 - 2013	HUM. NAT. MTC E 108
Cápsula H ₀		70
Peso de la Cápsula (g)		17.81
Peso de la Cápsula + Suelo Húmedo (g)		126.0
Peso de la Cápsula + Suelo Seco (g)	NP	121.0
Peso del Agua (g)		5
Peso del Suelo Seco (g)		103
Contenido de Humedad (%)		4.85
PROMEDIO	NP	4.85

	LÍMITE LÍQUIDO (MTC E 110 - 2013)
Cápsula H ₀	
Peso de la Cápsula (g)	
Peso de la Cápsula + Suelo Húmedo (g)	
Peso de la Cápsula + Suelo Seco (g)	NP
Número de Golpes	
Peso del agua (g)	
Peso del Suelo Seco (g)	
Contenido de Humedad (%)	

CONSTANTES FÍSICAS

L. LÍQUIDO : NP L. PLÁSTICO : NP L. PLASTICIDAD : NP



Anexo 4: Análisis granulométrico por tamizado de la calicata n°7



INSTITUTO TECNOLÓGICO
DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL
DE SAN MARCOS

PROYECTO : CREACIÓN DE LA PLAZA BICENTENARIO DE MIRAFLORES EN EL MALECÓN DE ARMENDARIZ, DISTRITO DE MIRAFLORES LIMA					
LABORATORISTA:	Cordine Blas A.	CALICATA :	C7	FECHA :	Diciembre 2019
		MUESTRA :	MI	UBICACIÓN :	Miraflores - Lima
		PROFUNDIDAD :	0.00 - 3.00 m.		
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO (MTC E 107 - 2013)					
Tamiz ASTM	Abertura (mm.)	Peso Retenido	% Retenido		% que Pasa
			Parcial	Acumulado	
4"	101.600				
3"	76.200				
2 1/2"	63.500				
2"	50.800				
1 1/2"	38.100				100.0
1"	25.400	889.6	17.3	17.8	82.2
3/4"	19.050	852.5	17.1	34.8	65.2
1/2"	12.700				
3/8"	9.525	1134.2	22.7	57.5	42.5
1/4"	6.350				
No. 4	4.760	633.8	12.7	70.2	29.8
No. 8	2.360				
No. 10	2.000	103.8	5.2	75.4	24.6
No. 16	1.190				
No. 20	0.834	268.4	13.4	88.8	11.2
No. 30	0.600				
No. 40	0.420	139.4	7.0	95.8	4.2
No. 50	0.300				
No. 60	0.250	43.0	2.2	97.9	2.1
No. 100	0.149				
No. 140	0.106	16.3	0.8	98.8	1.3
No. 200	0.075	13.3	0.7	99.4	0.6
-200		11.9	0.6	100.0	

CLASIFICACIÓN SUCS : GP
CLASIFICACIÓN AASHTO : A-1-a(0)

Grava pobremente gradada con arena

Peso Inicial (g) : 5000.00 Peso Fracción (g) : 2000.00

DETERMINACIÓN DE LOS LÍMITES DE CONSISTENCIA Y HUMEDAD NATURAL

	LÍMITE PLÁSTICO MTC E 111 - 2013	HUM. NAT. MTC E 108
Cápsula Nro		61
Peso de la Cápsula (g)		16.91
Peso de la Cápsula + Suelo Húmedo (g)	NP	150.0
Peso de la Cápsula + Suelo Seco (g)		145.0
Peso del Agua (g)		5
Peso del Suelo Seco (g)		128
Contenido de Humedad (%)		3.90
PROMEDIO	NP	3.90

	LÍMITE LÍQUIDO (MTC E 110 - 2013)	
Cápsula Nro		
Peso de la Cápsula (g)		
Peso de la Cápsula + Suelo Húmedo (g)		
Peso de la Cápsula + Suelo Seco (g)		
Número de Golpes		
Peso del agua (g)		
Peso del Suelo Seco (g)		
Contenido de Humedad (%)		

CONSTANTES FÍSICAS

L. LÍQUIDO : NP L. PLÁSTICO : NP I. PLASTICIDAD : NP

Anexo 5: Análisis granulométrico por tamizado de la calicata n°8



INSTITUTO TECNOLÓGICO
DE MIRAFLORES
CALLE DE LA UNIÓN 1001
MIRAFLORES, LIMA

PROYECTO : CREACIÓN DE LA PLAZA BICENTENARIO DE MIRAFLORES EN EL MALECÓN DE ARMENDARIZ, DISTRITO DE MIRAFLORES LIMA

LABORATORISTA: Caroline Blas A.

CALICATA : C8
MUESTRA : MI
PROFUNDIDAD : 0.00 - 3.00 m.

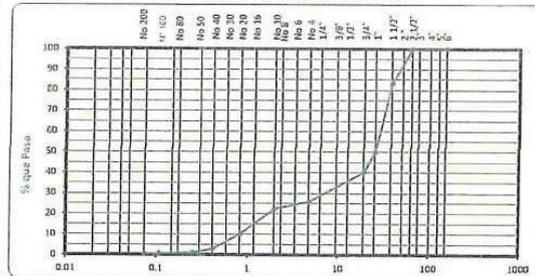
FECHA : Diciembre 2019
UBICACIÓN : Miraflores - Lima

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO (MTC E 107 - 2013)

Tamiz ASTM	Abertura (mm.)	Peso Retenido	% Retenido		% que Pasa
			Parcial	Acumulado	
4"	101.600				
3"	76.200				
2 1/2"	63.500				100.0
2"	50.800	609.4	12.2	12.2	87.8
1 1/2"	38.100	228.5	4.6	16.8	83.2
1"	25.400	1657.4	33.2	49.9	50.1
3/4"	19.050	484.8	9.7	59.6	40.4
1/2"	12.700				
3/8"	9.525	554.0	11.1	70.7	29.3
1/4"	6.350				
No. 4	4.750	163.9	3.3	74.0	26.0
No. 8	2.360				
No. 10	2.000	70.2	3.5	77.5	22.5
No. 16	1.190				
No. 20	0.834	241.9	12.1	89.6	10.4
No. 30	0.600				
No. 40	0.420	144.0	7.2	96.8	3.2
No. 50	0.300				
No. 60	0.250	36.9	1.9	98.6	1.4
No. 100	0.149				
No. 140	0.106	9.2	0.5	99.1	0.9
No. 200	0.075	7.4	0.4	99.5	0.5
-200		11.1	0.6	100.0	

CLASIFICACIÓN SUCS : GP
CLASIFICACIÓN AASHTO : A-1-s(0)

Grava pobremente gradada con arena



Peso Inicial (g) : 5000.00

Peso Fracción (g) : 2000.00

DETERMINACIÓN DE LOS LÍMITES DE CONSISTENCIA Y HUMEDAD NATURAL

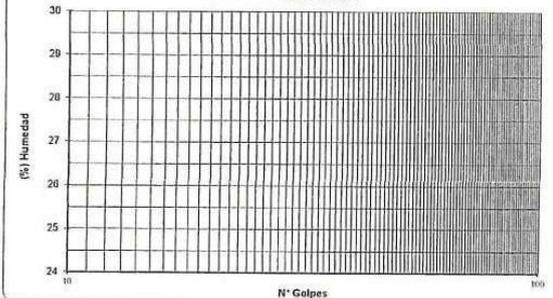
	LÍMITE PLÁSTICO MTC E 111 - 2013	HUM. NAT. MTC E 108
Cápsula Nro		90
Peso de la Cápsula (g)		17.71
Peso de la Cápsula + Suelo Húmedo (g)		150.0
Peso de la Cápsula + Suelo Seco (g)	NP	144.5
Peso del Agua (g)		6
Peso del Suelo Seco (g)		127
Contenido de Humedad (%)		4.34
PROMEDIO	NP	4.34

CONSTANTES FÍSICAS

L. LÍQUIDO : NP L. PLÁSTICO : NP I. PLASTICIDAD : NP

	LÍMITE LÍQUIDO (MTC E 110 - 2013)
Cápsula Nro	
Peso de la Cápsula (g)	
Peso de la Cápsula + Suelo Húmedo (g)	
Peso de la Cápsula + Suelo Seco (g)	NP
Número de Golpes	
Peso del agua (g)	
Peso del Suelo Seco (g)	
Contenido de Humedad (%)	

GRÁFICO DE LÍMITE LÍQUIDO



Anexo 6: Análisis granulométrico por tamizado de la calicata n°9



LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS
SUPERVISIÓN Y EJECUCIÓN DE OBRAS CIVILES
CONSULTORIA Y SERVICIOS EMPRESARIALES

PROYECTO : CREACIÓN DE LA PLAZA BICENTENARIO DE MIRAFLORES EN EL MALECÓN DE ARMENDARIZ, DISTRITO DE MIRAFLORES LIMA

LABORATORISTA: Carolina Blas A.

CALICATA : C9
MUESTRA : M1
PROFUNDIDAD : 0.00 - 3.00 m.

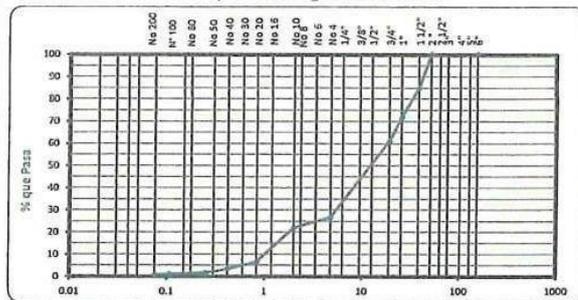
FECHA : Diciembre 2019
UBICACIÓN : Miraflores - Lima

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO (MTC E 107 - 2013)

Tamiz ASTM	Abertura (mm.)	Peso Retenido	% Retenido		% que Pasa
			Parcial	Acumulado	
4"	101.600				
3"	76.200				
2 1/2"	63.500				
2"	50.800				100.0
1 1/2"	38.100	748.4	15.2	15.2	84.8
1"	25.400	612.2	13.1	28.3	71.7
3/4"	19.050	415.6	10.9	39.2	60.8
1/2"	12.700				
3/8"	9.525	899.7	20.6	59.8	40.2
1/4"	6.350				
No. 4	4.750	620.5	13.5	73.3	26.7
No. 8	2.350				
No. 10	2.000	87.9	4.8	78.1	21.9
No. 16	1.190				
No. 20	0.834	302.5	15.4	93.5	6.5
No. 30	0.600				
No. 40	0.420	68.9	3.2	96.7	3.3
No. 50	0.300				
No. 60	0.250	36.5	1.8	98.5	1.5
No. 100	0.149				
No. 140	0.108	16.4	0.5	99.0	1.0
No. 200	0.075	12.2	0.2	99.2	0.8
-200		21.9	0.8	100.0	

CLASIFICACIÓN SUCS : GP
CLASIFICACIÓN AASHTO : A-1-a(0)

Grava pobremente gradada con arena



Peso Inicial (g) : 5000.00

Peso Fraccion (g) : 2000.00

DETERMINACIÓN DE LOS LÍMITES DE CONSISTENCIA Y HUMEDAD NATURAL

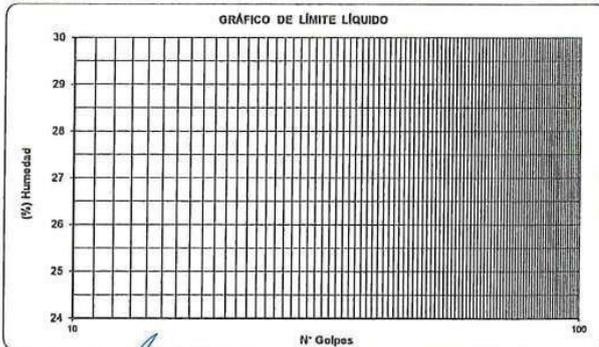
	LÍMITE PLÁSTICO MTC E 111 - 2013	HUM. NAT. MTC E 108
Cápsula Nro		110
Peso de la Cápsula (g)		17
Peso de la Cápsula + Suelo Húmedo (g)	NP	147.6
Peso de la Cápsula + Suelo Seco (g)	NP	141.7
Peso del Agua (g)	NP	6
Peso del Suelo Seco (g)	NP	125
Contenido de Humedad (%)	NP	4.73
PROMEDIO	NP	4.73

CONSTANTES FÍSICAS

L. LÍQUIDO : NP L. PLÁSTICO : NP I. PLASTICIDAD : NP

	LÍMITE LÍQUIDO MTC E 110 - 2013
Cápsula Nro	
Peso de la Cápsula (g)	
Peso de la Cápsula + Suelo Húmedo (g)	
Peso de la Cápsula + Suelo Seco (g)	NP
Número de Golpes	
Peso del agua (g)	
Peso del Suelo Seco (g)	
Contenido de Humedad (%)	

GRÁFICO DE LÍMITE LÍQUIDO



Anexo 7: Corte directo a gran escala

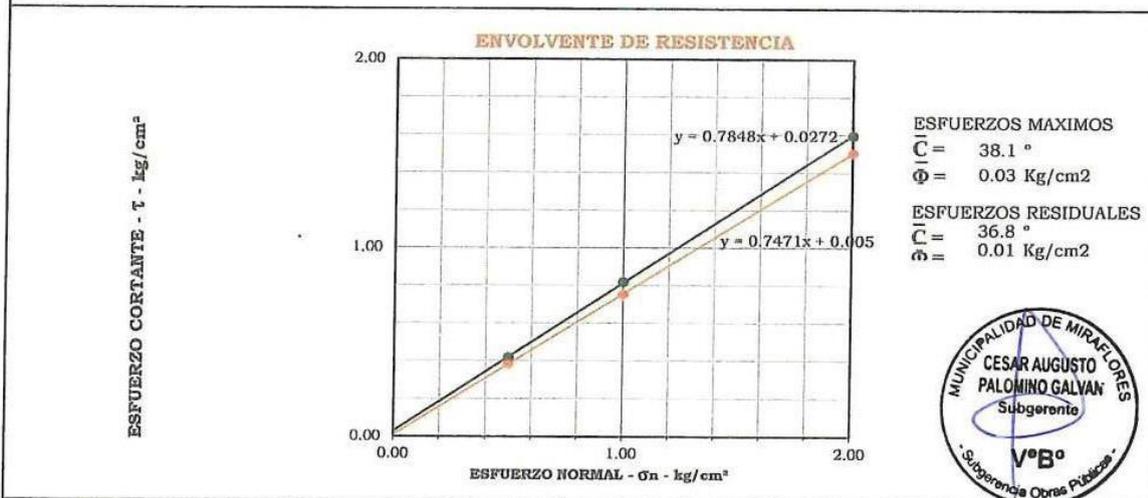


LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS
SUPERVISIÓN Y EJECUCIÓN DE OBRAS CIVILES
CONSULTORÍA Y SERVICIOS EMPRESARIALES

REGISTRO DE ENSAYO: CORTE DIRECTO A GRAN ESCALA	Revisión: 1 Fecha: Diciembre 2019
--	--------------------------------------

Proyecto : CREACIÓN DE LA PLAZA BICENTENARIO DE MIRAFLORES EN EL MALECÓN DE ARMENDARIZ, DISTRITO DE MIRAFLORES, LIMA.

DATOS DE LA MUESTRA	
Corte Directo N°	: CDGE - 1
Ubicación	: Miraflores
Fecha	: Diciembre 2019



Anexo 8 Densidad de campo punto D3



LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS
SUPERVISIÓN Y EJECUCIÓN DE OBRAS CIVILES
CONSULTORÍA Y SERVICIOS EMPRESARIALES

REGISTRO DE CONTROL		CONTROL DE CALIDAD		Revisión:	
CONTROL DE COMPACTACIÓN III SITU - METODO CONO DE ARENA		(ASTM D1556 MTC E117 AASHTO T - 191-193)		Fecha: 15/12/2019	
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS		LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS		Página:	
NOMBRE DEL PROYECTO: CREACION DE LA PLAZA BICENTENARIO DE MIRAFLORES EN EL MALECÓN DE ARMENDARIZ, DISTRITO DE MIRAFLORES,					
CONTRATISTA: SUPERVISIÓN:				UBICACIÓN: Dpto MIRAFLORES	
DATOS DE LA MUESTRA					
PUNTO	D3			FECHA	
UBICACIÓN	-12,13/7/1 77,027485			14/12/2019	
DATOS DEL ENSAYO DE COMPACTACIÓN (PROCTOR)					
Grava > 3/4"	39,3	%	Maxima Densidad Seca	3,033	gr/cc
P.E de Grava	3,598	gr/cc	Humedad optima	7,30	%
Especificación Técnica	≥	%			
ENSAYO METODO CONO DE ARENA					
Ensayo	Unidad	1	2	3	4
Capa		1"	-	-	-
Fecha		14/12/19	-	-	-
Frasco Nº		01	-	-	-
Peso inicial de arena	gr.	6594,0	-	-	-
Peso Residual arena	gr.	1520,0	-	-	-
Peso arena + cono	gr.	1360,0	-	-	-
Peso arena hueco	gr.	3676,0	-	-	-
Densidad arena	gr/cm3	1,412	-	-	-
Volumen hueco	cm3.	2603,4	-	-	-
Peso Suelo Extraido	gr.	4283,0	-	-	-
Peso de la grava	gr.	1683,2	-	-	-
Densidad de grava	gr/cm3.	2,597	-	-	-
Volumen de grava	cm3.	648	-	-	-
Peso Suelo	gr.	2599,8	-	-	-
Volumen del suelo	cm3.	1955	-	-	-
Densidad humedad	gr/cm3.	1,330	-	-	-
Densidad Seca	gr/cm3.	1,207	-	-	-
Densidad de Laboratorio	gr/cm3.	2,033	-	-	-
Humedad optima:	%	7,30	-	-	-
Grado de Compactación	%	59,4	-	-	-
CONTENIDO DE HUMEDAD					
* CON SPEEDY (AASHTO T-217)					
Humedad	%				
* SECADO EN LABORATORIO					
Recipiente Nº		105			
Peso recip.más suelo húmedo	gr.	152,0			
Peso recip.más suelo seco	gr.	139,5			
Peso del recipiente	gr.	16,2			
Peso del agua	gr.	12,5			
Peso de la muestra seca	gr.	123,3			
Humedad	%	10,14%			
OBSERVACIONES:					
ELABORADO POR:		REVISADO POR:		APROBADO POR:	
NOMBRE		NOMBRE		NOMBRE	
FIRMA		FIRMA		FIRMA	
FECHA		FECHA		FECHA	

Anexo 9: Densidad de campo punto D4



LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS
SUPERVISIÓN Y EJECUCIÓN DE OBRAS CIVILES
CONSULTORIA Y SERVICIOS EMPRESARIALES

REGISTRO DE CONTROL		CONTROL DE CALIDAD		Revisión:	
CONTROL DE COMPACTACIÓN IN SITU - METODO CONO DE ARENA		(ASTM D1556 MTC E117 AASHTO T - 191-193)		Fecha: 15/12/2019	
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS		HOMBRE DEL PROYECTO: CREACIÓN DE LA PLAZA BICENTENARIO DE MIRAFLORES EN EL MALECÓN DE ARMENDARIZ, DISTRITO DE MIRAFLORES,		Página:	
CONTRATISTA:		SUPERVISIÓN:		UBICACIÓN: Dpto. MIRAFLORES	
DATOS DE LA MUESTRA					
PUNTO	D4	FECHA		14/12/2019	
UBICACIÓN	12,137769	77,07442			
DATOS DEL ENSAYO DE COMPACTACIÓN (PROCTOR)					
Grava > 3/4"	53,1	%	Maxima Densidad Seca	3,027 gr/cc	
P.E de Grava	3,598	gr/cc	Humedad optima	6,00 %	
Especificación Técnica	≥	%			
ENSAYO METODO CONO DE ARENA					
Ensayo	Unidad	1	2	3	4
Capa		1"	-	-	-
Fecha		14/12/19	-	-	-
Frasco N°		01	-	-	-
Peso inicial de arena	gr.	6261,0	-	-	-
Peso Residual arena	gr.	1317,0	-	-	-
Peso arena + cono	gr.	1590,0	-	-	-
Peso arena hueco	gr.	3354,0	-	-	-
Densidad arena	gr/cm3	1,412	-	-	-
Volumen hueco	cm3.	2375,4	-	-	-
Peso Suelo Extraido	gr.	4353,0	-	-	-
Peso de la grava	gr.	2311,4	-	-	-
Densidad de grava	gr/cm3.	2,597	-	-	-
Volumen de grava	cm3.	890	-	-	-
Peso Suelo	gr.	2041,6	-	-	-
Volumen del suelo	cm3.	1485	-	-	-
Densidad humedad	gr/cm3.	1,374	-	-	-
Densidad Seca	gr/cm3.	1,285	-	-	-
Densidad de Laboratorio	gr/cm3.	2,027	-	-	-
Humedad optima:	%	6,00	-	-	-
Grado de Compactación	%	63,4	-	-	-
CONTENIDO DE HUMEDAD					
* CON SPEEDY (AASHTO T-217)					
Humedad	%				
* SECADO EN LABORATORIO					
Recipiente N°		106			
Peso recip.más suelo húmedo	gr.	177,6			
Peso recip.más suelo seco	gr.	167,2			
Peso del recipiente	gr.	17,2			
Peso del agua	gr.	10,4			
Peso de la muestra seca	gr.	150,0			
Humedad	%	6,93%			
OBSERVACIONES:					

Anexo 10: Densidad de campo punto D5



LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS
SUPERVISIÓN Y EJECUCIÓN DE OBRAS CIVILES
CONSULTORIO Y SERVICIOS EMPRESARIALES

REGISTRO DE CONTROL		CONTROL DE CALIDAD		Revisión:	
CONTROL DE COMPACTACIÓN IN SITU - METODO CONO DE ARENA		(ASTM D1559 MTC E117 AASHTO T - 191-193)		Fecha: 15/12/2019	
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS				Página:	
NOMBRE DEL PROYECTO: CREACIÓN DE LA PLAZA BICENTENARIO DE MIRAFLORES EN EL MALECÓN DE ARMENDARIZ, DISTRITO DE MIRAFLORES,					
CONTRATISTA:				UBICACIÓN: Depto MIRAFLORES	
SUPERVISIÓN:					
DATOS DE LA MUESTRA					
PUNTO	D5			FECHA 14/12/2019	
UBICACIÓN	12,138030	-77,027554			
DATOS DEL ENSAYO DE COMPACTACIÓN (PROCTOR)					
Grava > 3/4"	54,8	%	Maxima Densidad Seca	: 2,027 gr/cc	
P.E de Grava	3,398	gr/cc	Humedad óptima	: 6,00 %	
Especificación Técnica	≥	%			
ENSAYO METODO CONO DE ARENA					
Ensayo	Unidad	1	2	3	4
Capa		1"	-	-	-
Fecha		14/12/19	-	-	-
Frasco N°		01	-	-	-
Peso inicial de arena	gr.	6526,0	-	-	-
Peso Residual arena	gr.	1068,0	-	-	-
Peso arena + cono	gr.	1590,0	-	-	-
Peso arena hueco	gr.	3918,0	-	-	-
Densidad arena	gr/cm3	1,412	-	-	-
Volumen hueco	cm3.	2774,8	-	-	-
Peso Suelo Extraido	gr.	4402,0	-	-	-
Peso de la grava	gr.	2412,3	-	-	-
Densidad de grava	gr/cm3.	2,597	-	-	-
Volumen de grava	cm3.	929	-	-	-
Peso Suelo	gr.	1989,7	-	-	-
Volumen del suelo	cm3.	1846	-	-	-
Densidad humedad	gr/cm3.	1,078	-	-	-
Densidad Seca	gr/cm3.	1,012	-	-	-
Densidad de Laboratorio	gr/cm3.	2,027	-	-	-
Humedad óptima:	%	6,00	-	-	-
Grado de Compactación	%	49,9	-	-	-
CONTENIDO DE HUMEDAD					
* CON SPEEDY (AASHTO T-217)					
Humedad	%				
* SECADO EN LABORATORIO					
Recipiente N°		107			
Peso recip. más suelo húmedo	gr.	168,6			
Peso recip. más suelo seco	gr.	159,4			
Peso del recipiente	gr.	17,2			
Peso del agua	gr.	9,2			
Peso de la muestra seca	gr.	142,2			
Humedad	%	6,47%			
OBSERVACIONES:					

Anexo 11: Densidad de campo punto D6



LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS
SUPERVISIÓN Y EJECUCIÓN DE OBRAS CIVILES
CONSULTORIA Y SERVICIOS EMPRESARIALES

REGISTRO DE CONTROL						
CONTROL DE CALIDAD						
CONTROL DE COMPACTACIÓN IN SITU - METODO CONO DE ARENA (ASTM D1556 MTC E117 AASHTO T - 191-193)				Revisión:		
				Fecha:	15/12/2019	
				Página:		
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS						
NOMBRE DEL PROYECTO: CREACION DE LA PLAZA BICENTENARIO DE MIRAFLORES EN EL MALECÓN DE ARMENDARIZ, DISTRITO DE MIRAFLORES,						
CONTRATISTA:						
SUPERVISIÓN:						
DATOS DE LA MUESTRA					UBICACIÓN: Dpto. MIRAFLORES	
PUNTO	D6				FECHA	14/12/2019
UBICACIÓN	-12,137988 -77,027168					
DATOS DEL ENSAYO DE COMPACTACIÓN (PROCTOR)						
Grava > 3/4"	53,5	%	Maxima Densidad Seca	2,033	gr/cc	
P.E de Grava	2,59%	gr/cc	Humedad optima	7,30	%	
Especificación Técnica	≥	%				
ENSAYO METODO CONO DE ARENA						
Ensayo	Unidad	1	2	3	4	
Capa		1"				
Fecha		14/12/19				
Frasco N°		01				
Peso Inicial de arena	gr.	6314,0				
Peso Residual arena	gr.	1223,0				
Peso arena + cono	gr.	1593,0				
Peso arena hueco	gr.	3501,0				
Densidad arena	gr/cm3	1,412				
Volumen hueco	cm3.	2479,5				
Peso Suelo Extraído	gr.	4456,0				
Peso de la grava	gr.	2382,9				
Densidad de grava	gr/cm3.	2,597				
Volumen de grava	cm3.	918				
Peso Suelo	gr.	2071,1				
Volumen del suelo	cm3.	1562				
Densidad humedad	gr/cm3.	1,326				
Densidad Seca	gr/cm3.	1,231				
Densidad de Laboratorio	gr/cm3.	2,033				
Humedad optima:	%	7,30				
Grado de Compactación	%	60,6				
CONTENIDO DE HUMEDAD						
* CON SPEEDY (AASHTO T-217)						
Humedad	%					
* SECADO EN LABORATORIO						
Recipiente N°		108				
Peso recíp.más suelo húmedo	gr.	177,9				
Peso recíp.más suelo seco	gr.	166,4				
Peso del recipiente	gr.	17,1				
Peso del agua	gr.	11,5				
Peso de la muestra seca	gr.	149,3				
Humedad	%	7,70%				
OBSERVACIONES:						

Anexo 12: Ubicación de calicatas



Anexo 13: Ubicación de densidades



Análisis de estabilidad del talud en condiciones estáticas y pseudoestáticas para determinar el nivel de seguridad en la Costa Verde

INFORME DE ORIGINALIDAD

20%

INDICE DE SIMILITUD

18%

FUENTES DE INTERNET

2%

PUBLICACIONES

8%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	www.miraflores.gob.pe Fuente de Internet	2%
2	cybertesis.urp.edu.pe Fuente de Internet	2%
3	Submitted to Universidad Andina Nestor Caceres Velasquez Trabajo del estudiante	1%
4	dspace.espol.edu.ec Fuente de Internet	1%
5	pt.scribd.com Fuente de Internet	1%
6	Submitted to Pontificia Universidad Catolica del Peru Trabajo del estudiante	1%
7	Submitted to Universidad Cesar Vallejo Trabajo del estudiante	1%

8	Submitted to Universidad Pedagogica y Tecnologica de Colombia Trabajo del estudiante	<1 %
9	geoquantics.com Fuente de Internet	<1 %
10	aprenderly.com Fuente de Internet	<1 %
11	issuu.com Fuente de Internet	<1 %
12	repositorio.unap.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
13	repositorio.unc.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
14	repositorio.uss.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
15	repositorio.unab.cl Fuente de Internet	<1 %
16	repositorio.urp.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
17	dspace.unl.edu.ec Fuente de Internet	<1 %
18	alicia.concytec.gob.pe Fuente de Internet	<1 %
19	Submitted to Universidad Alas Peruanas	

Trabajo del estudiante

<1 %

20

www.scielo.org.co

Fuente de Internet

<1 %

21

es.slideshare.net

Fuente de Internet

<1 %

22

www.minem.gob.pe

Fuente de Internet

<1 %

23

informatica.upla.edu.pe

Fuente de Internet

<1 %

24

www.ingetecnia.com.co

Fuente de Internet

<1 %

25

Submitted to Universidad Pontificia Bolivariana

Trabajo del estudiante

<1 %

26

repositorio.upagu.edu.pe

Fuente de Internet

<1 %

27

www.dspace.uce.edu.ec

Fuente de Internet

<1 %

28

docplayer.es

Fuente de Internet

<1 %

29

repositorio.uchile.cl

Fuente de Internet

<1 %

30

www.slideshare.net

Fuente de Internet

<1 %

31 Submitted to Universidad Anahuac México Sur

Trabajo del estudiante

<1 %

32 Submitted to Universidad Andina del Cusco

Trabajo del estudiante

<1 %

33 repositorio.unh.edu.pe

Fuente de Internet

<1 %

34 prezi.com

Fuente de Internet

<1 %

35 revistas.urp.edu.pe

Fuente de Internet

<1 %

36 Submitted to Universidad Privada Antenor Orrego

Trabajo del estudiante

<1 %

37 tesis.pucp.edu.pe

Fuente de Internet

<1 %

38 repositorio.ucv.edu.pe

Fuente de Internet

<1 %

39 renati.sunedu.gob.pe

Fuente de Internet

<1 %

40 bibdigital.epn.edu.ec

Fuente de Internet

<1 %

41	es.unionpedia.org Fuente de Internet	<1 %
42	hdl.handle.net Fuente de Internet	<1 %
43	www.coursehero.com Fuente de Internet	<1 %
44	Submitted to Universidad Continental Trabajo del estudiante	<1 %
45	Submitted to Universidad de Córdoba Trabajo del estudiante	<1 %
46	www.findeter.gov.co Fuente de Internet	<1 %
47	repositorio.unp.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
48	repositorio.igp.gob.pe Fuente de Internet	<1 %
49	es.scribd.com Fuente de Internet	<1 %
50	renatiqa.sunedu.gob.pe Fuente de Internet	<1 %
51	www.clubensayos.com Fuente de Internet	<1 %
52	Submitted to Atlantic International University Trabajo del estudiante	<1 %

53	Submitted to pontificiabolivariana Trabajo del estudiante	<1 %
54	www.finesoftware.es Fuente de Internet	<1 %
55	repository.udistrital.edu.co Fuente de Internet	<1 %
56	www.researchgate.net Fuente de Internet	<1 %
57	Submitted to Universidad Católica de Santa María Trabajo del estudiante	<1 %
58	Submitted to Universidad Nacional de Educacion Enrique Guzman y Valle Trabajo del estudiante	<1 %
59	repositorio.ingemmet.gob.pe Fuente de Internet	<1 %
60	repositorio.usil.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
61	worldwidescience.org Fuente de Internet	<1 %
62	dokumen.pub Fuente de Internet	<1 %
63	Submitted to Universidad Ricardo Palma Trabajo del estudiante	<1 %

64	Submitted to Tecsup Trabajo del estudiante	<1 %
65	Submitted to Universidad Politecnica Salesiana del Ecuador Trabajo del estudiante	<1 %
66	Submitted to Universidad Cooperativa de Colombia Trabajo del estudiante	<1 %
67	Submitted to Universidad de Jaén Trabajo del estudiante	<1 %
68	repositorio.ufpso.edu.co Fuente de Internet	<1 %
69	www.extenda.es Fuente de Internet	<1 %
70	Joana Oliveira. "Análise de estabilidade de taludes pelo método de sarma", Repositório Aberto da Universidade do Porto, 2014. Publicación	<1 %
71	edoc.pub Fuente de Internet	<1 %
72	sbicafe.ufv.br Fuente de Internet	<1 %
73	www.fqt.izt.uam.mx Fuente de Internet	<1 %

74 Gianmarco Raymundo, Jorge Vargas Florez, Christian Cornejo-Sanchez. "Chapter 29 Demand Estimation for Humanitarian Aid Due to Earthquakes in Lima's Cliff Area Using Simulation", Springer Science and Business Media LLC, 2022
Publicación <1 %

75 omega.ilce.edu.mx:3000
Fuente de Internet <1 %

76 repositorio.uta.edu.ec
Fuente de Internet <1 %

77 www.veterinariadigital.com
Fuente de Internet <1 %

78 Martin Lorenzoni. "Immediate loading of single-tooth implants in the anterior maxilla. Preliminary results after one year", Clinical Oral Implants Research, 4/2003
Publicación <1 %

79 Submitted to Universidad ESAN -- Escuela de Administración de Negocios para Graduados
Trabajo del estudiante <1 %

80 dspace.udla.edu.ec
Fuente de Internet <1 %

81 elcomercio.pe
Fuente de Internet <1 %

idoc.pub

82

Fuente de Internet

<1 %

83

pesquisa.bvsalud.org

Fuente de Internet

<1 %

84

repositorio.unfv.edu.pe

Fuente de Internet

<1 %

85

repositorioacademico.upc.edu.pe

Fuente de Internet

<1 %

86

www.disaster-info.net

Fuente de Internet

<1 %

87

www.losangeles.cl

Fuente de Internet

<1 %

88

www.scielo.cl

Fuente de Internet

<1 %

89

C SANHUEZA PLAZA, L RODRÍGUEZ CIFUENTES. "Análisis Comparativo de métodos de cálculo de estabilidad de taludes finitos aplicados a laderas naturales", Revista de la construcción, 2013

Publicación

<1 %

90

files.conagua.gob.mx

Fuente de Internet

<1 %

91

id.scribd.com

Fuente de Internet

<1 %

jalayo.blogspot.com

92	Fuente de Internet	<1 %
93	link.springer.com Fuente de Internet	<1 %
94	mafiadoc.com Fuente de Internet	<1 %
95	openresearch.ocadu.ca Fuente de Internet	<1 %
96	repositorio.unesum.edu.ec Fuente de Internet	<1 %
97	rua.ua.es Fuente de Internet	<1 %
98	siar.regionpiura.gob.pe Fuente de Internet	<1 %
99	www.carreteros.org Fuente de Internet	<1 %
100	www.idiger.gov.co Fuente de Internet	<1 %
101	www.math.bme.hu Fuente de Internet	<1 %
102	piuraenlambayeque.blogspot.com Fuente de Internet	<1 %

Excluir citas

Apagado

Excluir coincidencias Apagado

Excluir bibliografía

Activo