UNIVERSIDAD SAN IGNACIO DE LOYOLA

FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de Ingeniería Civil

ANÁLISIS DE ESTABILIDAD PARA LA DETERMINACIÓN DEL RIESGO POR DESLIZAMIENTO DEL ACANTILADO DE LA COSTA VERDE, DISTRITO BARRANCO

Tesis para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil

BRYAN ROBIN SANCHEZ RAMIREZ
(0000-0002-2783-799X)

LUIS AOD VACA HUAMANÍ
(0000-0003-1332-8163)

ASESOR:
Mg. Ing. RAYGADA ROJAS, LUIS FERNANDO
(0000-0002-5471-643X)

Lima – Perú
2021

JURADO DE LA SUSTENTACIÓN ORAL

……...

Presidente

……...

Jurado 1

……...

Jurado 2

Entregado el: 07 / 07 / 2021 **Aprobado por:**

……..……

Bryan Robin Sanchez Ramirez

Graduando

……..……

Mg. Ing. Luis Fernando Raygada Rojas

……..……

Luis Aod Vaca Huamaní

Graduando **Asesor de Tesis**

UNIVERSIDAD SAN IGNACIO DE LOYOLA
FACULTAD DE INGENIERÍA
DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD

Nosotros, Bryan Robin Sanchez Ramirez y Luis Aod Vaca Huamaní, identificados con DNI N° 74837981 y DNI N° 73187594, respectivamente, Bachilleres del Programa Académico de la Carrera de Ingeniería Civil de la Facultad de Ingeniería de la Universidad San Ignacio de Loyola, presentamos nuestra tesis titulada:

"Análisis de Estabilidad para la Determinación del Riesgo por Deslizamiento del Acantilado de la Costa Verde, Distrito Barranco".

Declaramos en honor a la verdad, que el trabajo de tesis es de nuestra autoría; que los datos, los resultados y su análisis e interpretación, constituyen nuestro aporte. Todas las referencias han sido debidamente consultadas y reconocidas en la investigación.

En tal sentido, asumimos la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad u ocultamiento de la información aportada. Por todas las afirmaciones ratificamos lo expresado, a través de nuestra firma correspondiente.

Lima, 07 de julio de 2021

……..	……..
Bryan Robin Sanchez Ramirez	Luis Aod Vaca Huamaní
DNI 74837981	**DNI 73187594**

“Desafortunadamente, los suelos son fabricados por la naturaleza y no por el hombre, y los productos de la naturaleza son siempre complejos... Tan pronto como se pasa del acero y el concreto al suelo, la omnipotencia de la teoría deja de existir. El suelo natural nunca es uniforme. Sus propiedades cambian de punto a punto, mientras que nuestro conocimiento de sus propiedades se limita a los pocos sitios en que las muestras han sido recogidas”

Extracto libro "Karl Terzaghi: The Engineer as Artist” de Richard E. Goodman

Índice de Contenidos

Dedicatoria **VI**

Agradecimiento **VII**

Resumen **VIII**

Abstract **IX**

Capítulo I: Introducción **10**

Capítulo II: Planteamiento del problema **13**

2.1. Situación Problemática. 13

2.2. Formulación del Problema. 15

2.2.1. Problema General. 15

2.2.2. Problemas Específicos. 15

2.3. Justificación de la Investigación. 16

2.4. Objetivos de la Investigación. 18

2.4.1. Objetivo General. 18

2.4.2. Objetivos Específicos. 18

Capítulo III: Marco teórico **19**

3.1. Antecedentes del Problema. 19

3.1.1. Antecedentes Internacionales. 19

3.1.2. Antecedentes Nacionales. 22

3.2. Bases Teóricas. 28

3.2.1. Método de Equilibrio Límite (MEL) 28

3.2.2. Método de Spencer 29

3.2.3. Análisis de Desplazamientos Permanentes 32

3.3. Marco Conceptual. 34

3.3.1. Análisis Estático y Pseudo-estático 34

3.3.2. Análisis Runout 35

3.3.3. Sismicidad en el Perú 35
3.3.4. Estimación de Riesgo por deslizamiento 36

Capítulo IV: Hipótesis y Variables 40

4.1. Hipótesis General. 40
4.2. Hipótesis Específicas. 40
4.3. Identificación de Variable. 40
4.4. Operacionalización de Variables. 41
4.5. Matriz de Consistencia. 42

Capítulo V: Metodología 43

5.1. Tipo y Diseño de Investigación. 43
5.2. Unidad de Análisis. 44
5.3. Población de estudio. 45
5.4. Tamaño de Muestra. 47
5.5. Selección de Muestra. 47
5.6. Técnicas de Recolección de Datos. 47
5.7. Análisis e interpretación de la información. 48

Capítulo VI: Procedimiento y Método de Análisis 49

6.1. Sectorización de área de estudio 49
6.2. Caracterización Geotécnica 55
6.2.1. Investigaciones Geotécnicas de Laboratorio 55
6.2.2. Parámetros Geotécnicos 60
6.3. Matriz de Peligro 68
6.3.1. Geología 72
6.3.2. Análisis de Estabilidad 73
6.3.3. Análisis de Runout 75
6.4. Matriz de Vulnerabilidad 75

6.5. Matriz de Riesgo 78

6.6. Análisis de respuesta sísmica 79

6.7. Consideraciones generales de análisis 79

Capítulo VII: Resultados y Discusión 82

7.1. Resultados de Parámetros de Resistencia de Mohr Coulomb 82

7.2. Resultados Análisis de Estabilidad 83

7.3. Resultados Análisis de Runout 85

7.4. Resultados de matriz de Peligro 87

7.5. Resultados de matriz de Vulnerabilidad 89

7.6. Resultados de matriz de Riesgo 92

7.7. Resultados de Respuesta Sísmica 94

Capítulo VIII: Conclusiones y Recomendaciones 100

8.1. Conclusiones 100

8.2. Recomendaciones 101

Referencias 103

Anexos

Anexo A Matriz de consistencia

Anexo B Sectorización

Anexo C Evaluación de riesgo

Anexo C.1. Matriz de Peligro

Anexo C.1.1. Análisis de Estabilidad Física

Anexo C.1.2. Análisis de Runout

Anexo C.2. Matriz de Vulnerabilidad

Anexo C.3. Matriz de Riesgo

Anexo D Análisis de respuesta sísmica

Anexo D.1. Análisis de Respuesta Sísmica por Métodos Simplificados

Anexo D.2. Análisis de Respuesta Sísmica por MEF

Anexo E Figuras

Anexo E.1 Sectorización vista en planta – Lámina 1 de 3

Anexo E.2 Sectorización vista en planta – Lámina 2 de 3

Anexo E.3 Sectorización vista en planta – Lámina 3 de 3

Anexo E.4 Vista de sección 1-1' / sección 2-2' / sección 3-3' y sección 4-4'

Anexo E.5 Vista de sección 5-5' / sección 6A-6A' / sección 6B-6B' y sección 7A-7A'

Anexo E.6 Vista de sección 7B-7B' / sección 8A-8A' / sección 8B-8B' y sección 8C-8C'

Anexo E.7 Vista de sección 9-9' / sección 10-10' / sección 11-11' y sección 12-12'

Anexo E.8 Vista de sección 13A-13A' / sección 13B-13B' / sección 13C-13C' y sección 14-14'

Anexo E.9 Vista de sección 15-15' / sección 16A-16A' / sección 16B-16B' y sección 17A-17A'

Anexo E.10 Vista de sección 17B-17B'

Anexo E.11 Mapa de Factores de Seguridad – Condición Estática

Anexo E.12 Mapa de Factores de Seguridad – Condición Pseudo-estática

Anexo E.13 Mapa de Derrumbe

Anexo E.14 Mapa de Peligro

Anexo E.15 Mapa de Vulnerabilidad

Anexo E.16 Mapa de Riesgo

Anexo F Ensayos de laboratorio

Anexo G Registro fotográfico

Índice de Tablas

Tabla 1. Definición conceptual de las variables independientes. *40*
Tabla 2. Definición conceptual de las variaables dependientes. *41*
Tabla 3. Operacionalización de variables independientes. *42*
Tabla 4. Operacionalización de variables dependientes. *42*
Tabla 5. Ubicación de muestras recolectadas *55*
Tabla 6. Índices de mecánica de suelos. *56*
Tabla 7. Análisis granulométrico por sedimentación. *57*
Tabla 8. Resumen del ensayo de peso volumétrico. *59*
Tabla 9. Resumen de ensayo triaxial CU - Material fino. *59*
Tabla 10. Recopilación de ensayos de Corte Directo a gran escala – Material Conglomerado *61*
Tabla 11. Coeficientes de la Regresión Lineal – Conglomerado. *62*
Tabla 12. Valores de la probabilidad de residuos del modelo lineal - Conglomerado *63*
Tabla 13. Valores de bondad de modelo lineal - Conglomerado *64*
Tabla 14. Recopilación de ensayos de Corte Directo a gran escala – Material Fino *65*
Tabla 15. Resumen de parámetros para análisis de runout. *68*
Tabla 16. Matriz de Peligro *69*
Tabla 17. Valoración de la Matriz de Peligro *71*
Tabla 18 Factores de seguridad mínimos NTP E0.50 ..... *74*
Tabla 19. Matriz de Vulnerabilidad *76*
Tabla 20. Valoración de la Matriz de Vulnerabilidad. *77*
Tabla 21. Valoración del Riesgo *78*
Tabla 22 Resumen de parámetros de resistencia Mohr Coulomb *82*
Tabla 23. Resumen de resultados de análisis de estabilidad *84*
Tabla 24. Resumen de resultados de análisis de runout *86*
Tabla 25. Resumen de los resultados de la evaluación de Peligro *87*
Tabla 26. Resumen de resultados de evaluación de vulnerabilidad *90*
Tabla 27. Resumen de resultados de evaluación de riesgos *92*
Tabla 28. Resultados de análisis de desplazamiento por métodos simplificados. *95*

Índice de Figuras

Figura 1. Masa deslizante dividida en dovelas verticales y fuerzas entre dovelas. 29
Figura 2. Fuerzas actuantes paralelas entre dovelas y la fuerza resultante del Método de Spencer. 30
Figura 3. Dovela con fuerzas conocidas y desconocidas para el Método de Spencer. 31
Figura 4. Esquema del sistema WSRHC. 38
Figura 5. Esquema General de Diseño de Investigación. 44
Figura 6. Ubicación del área de estudio comprendido en el Distrito de Barranco. 45
Figura 7. Características del Área de Estudio. 46
Figura 8. Sectorización del área de estudios en el distrito de Barranco. 50
Figura 9. Curvas granulométricas 58
Figura 10. Recopilación de ensayos macro granulométricos. 58
Figura 11. Gráficos de residuos del modelo lineal – Conglomerado. 63
Figura 12. Ensayos de Corte Directo – Conglomerado. 65
Figura 13. Ensayos de Corte – Material Fino. 67
Figura 14. Angulo de fricción de suelos granulares. 68
Figura 15. Porcentaje de participación de grupos en la matriz de peligro. 70
Figura 16. Porcentaje de participación de factores en la matriz de peligro. 71
Figura 17. Mapa Geológico Local de la zona de Barranco. 73
Figura 18. Porcentaje de participación por factores en la matriz de vulnerabilidad 77
Figura 19. Esquema de Calificación de Riesgo de doble entrada. 78
Figura 20. Comparativa de EPU para suelos tipo B (SENCICO) y suelo tipo C (E030, ASCE 7) 96
Figura 21. Histograma de periodos evaluados para la estimación de desplazamiento por sismo. 97
Figura 22. Desplazamiento por sismo obtenido con EPU E030 y ASCE 7. 98
Figura 23. Comparativa de EPU para suelo tipo B de SENCICO, E030 y ASCE 7. 99

Lista de Símbolos y Siglas

APCV: Autoridad del Proyecto Costa Verde

ASCE: American Society of Civil Engineers

ASTM: American Society for Testing and Materials

α: Ángulo de inclinación en la base de la dovela

CISMID: Centro Peruano Japones de Investigación Sísmica y Mitigación de Desastres

c: Cohesión

D: Deformación Permanente por Sismo

d: Deformación máxima permisible

DPI: Design and Performance Index

EGI: Engineering Geology Index

EPU: Espectro de Peligro Uniforme

ε: Variable aleatoria de distribución normal

F: Función de distribución normal acumulada

Fh: Fuerza sísmica

FS: Factor de Seguridad

Fv: Fuerza por peso propio

GSI: Geological Strength Index

INDECI: Instituto Nacional de Defensa Civil

INGEMMET: Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico

IP: Índice Plástico

Ky: Aceleración de Fluencia

LL: Límite Líquido

MASW: Multichannel Analysis of Surface Waves

MEL: Método de Equilibrio Límite

MML: Municipalidad Metropolitana de Lima

Mw: Magnitud de Momento

N: Fuerza Normal

NTP: Norma Técnica Peruana

P(D=0): Probabilidad de ocurrencia de una deformación permanente despreciable (<1 cm)

P(D>d): Probabilidad de ocurrencia de una deformación permanente mayor a la máxima permisible

PGA: Peak Ground Acceleration

ϕ: Ángulo de Fricción

Q: Fuerza Resultante inter-dovelas

r_u: Coeficiente de Presión de Poros

S: Fuerza de Corte

Sa: Aceleración Espectral

SENCICO: Servicio Nacional de Capacitación para la Industria de la Construcción

SUCS: Sistema Unificado de Clasificación de Suelos

σ_z: Esfuerzo Efectivo en la base de la superficie de deslizamiento

T0: Período Fundamental

τ: Esfuerzo de Corte

Θ: Ángulo de inclinación de la Fuerza inter-dovelas

φ: Ángulo de fricción basal

φb: Ángulo de fricción basal, asociado a la resistencia en términos de esfuerzos totales.

USACE: United State Army Corps of Engineers

W: Contenido de Humedad

WHC: Waste Dump and Stockpile Hazard Class

WSR: Waste Dump and Stockpile Stability Rating

WSRHC: Waste dump and stockpile stability rating and hazard classification system

y_t: Distancia de fuerza lateral

Z: Fuerza inter-dovela

$\triangle$l: Distancia inclinada en la base de la dovela

Dedicatoria

Dedico esta tesis a mis padres Hugo y Nancy por su esfuerzo y dedicación durante mi etapa de formación. A mis hermanos Yrwin y Dallely por su compañía y motivación durante el proceso de elaboración de este documento; y a Mayra por animarme en cada momento a concluir con este reto profesional.

Bryan Robin Sanchez Ramirez

A mis padres, José y Lucía, por su esfuerzo sobrehumano que me permitieron la oportunidad de llegar a este momento. A mis hermanos, Ada y Dan, a quienes admiro por su noble labor como lo es ser enfermera y profesor, dándome ejemplo de perseverancia. A Ana, por su apoyo emocional para no rendirme sobre las dificultades. Por último, a mis familiares que me apoyaron y alentaron desde muy joven, porque veían en el estudio un camino para salir adelante.

Luis Aod Vaca Huamaní

Agradecimiento

Un agradecimiento especial a nuestro asesor el Mg. Luis Fernando Raygada Rojas por su motivación e interés en el estudio del comportamiento de los acantilados de la Costa Verde de la cuidad de Lima. Los autores agradecemos su entusiasmo y conocimiento transmitido a lo largo de la elaboración de esta investigación.

Se hace reconocimiento especial al Ing. M. Cárcamo y a la Srta. E. Medina por su apoyo en la recolección de muestras pese a las medidas de contingencia sanitaria por la coyuntura mundial. Sin su apoyo el aporte de los ensayos realizados a este trabajo de investigación no se hubiera podido lograr.

Finalmente, se reconoce la labor del GEMSIG de la Universidad San Ignacio de Loyola en propiciar espacios académicos, así como la disposición de docentes que brindaron soporte profesional en el desarrollo de esta investigación.

Resumen

La Costa Verde es un importante eje estratégico para la cuidad de Lima. Ocasionalmente, tuvieron lugar algunos desprendimientos de masa como el ocurrido el diecinueve de diciembre del 2019 frente a la playa los Yuyos, uno de lo que motivaron esta investigación. La investigación llevada a cabo tiene por objetivo estimar los Niveles de Riesgo ante un eventual deslizamiento de la Costa Verde en el distrito de Barranco, abarcando como área de estudio desde la playa Barranco hasta el límite distrital con Chorrillos donde se concentran la mayor parte de las actividades recreativas, comerciales, culturales y habitacionales entorno al acantilado. Para lo cual se dividió en diecisiete sectores de estudio y veinticinco secciones de análisis. En ellas se ha evaluado los Niveles de Peligro y Niveles de Vulnerabilidad de cada sector teniendo en cuenta la caracterización geotécnica, análisis de estabilidad física, topografía actualizada, entorno urbano entre otros aspectos. De acuerdo con análisis y clasificaciones considerados el Nivel de Riesgo por deslizamiento de la Costa Verde en el distrito de Barranco varía desde el nivel moderado a muy alto.

Palabras Claves: Costa Verde, Barranco, Peligro, Vulnerabilidad, Riesgo y Deslizamiento.

Abstract

The Costa Verde is an important and strategic axis for the city of Lima. Occasionally, some mass falls took place, such as the one that occurred on December 19, 2019 in front of Los Yuyos beach, which is one of the events that motivated this research. The purpose of the research carried out was to estimate the risk levels in the event of a landslide on Costa Verde in Barranco district, covering the study area from Barranco beach to the district limits with Chorrillos, where most of the recreational, commercial, cultural, and habitational activities are concentrated around the cliff. For that purpose, it was divided into seventeen study sectors and twenty-five analysis sections. Hazard Levels and Vulnerability Levels of each sector have been evaluated considering the geotechnical characterization, physical stability analysis, updated topography, urban environment, such as other aspects. According to the analysis and the classifications considered, the landslide risk level for Costa Verde in the district of Barranco varies from moderate to very high.

Keywords: Costa Verde, Barranco, Hazard, Vulnerability, Risk and Landslide.

Capítulo I: Introducción

La Costa Verde desde su concepción ha enfrentado retos sobre el cual el ser humano ha intervenido urbanísticamente el acantilado. La Costa Verde es un espacio estratégico de integración de la ciudad metropolitana, y tal como se conoce actualmente ha seguido lineamientos de competitividad y movilidad. El distrito de Barranco representa una fracción de esta franja costera rodeada de balnearios y playas tradicionales, conectada con un centro turístico tradicional, residencial, comercial y gastronómico. La cual enfrenta sus propios desafíos urbanos como vías de evacuación seguras o espacios urbanos vitales conectados peatonalmente. Así como la concentración de gran flujo peatonal en estos espacios, concentración de ciclovías y vías principales. Adicionalmente se suma la amenaza constante de la erosión de acantilados y riesgo sísmico (Autoridad del Proyecto Costa Verde, 2014). Es por ello que los fines de esta investigación se han enmarcado dentro del distrito de Barranco, en la zona geográfica que engloba la concentración mayoritaria del espacio urbano descrito, el cual está en relación directa con el acantilado, específicamente a lo largo de la Playa Barranco, Playa los Yuyos y parte de la Playa de las Sombrillas.

El eje principal de la investigación se enmarca en la evaluación del riesgo ante un eventual deslizamiento en el acantilado de la Costa Verde, dado que un evento de esa magnitud acarrearía consigo afectaciones al entorno urbano. Esto por el desarrollo de infraestructura tanto en la plataforma superior e inferior del acantilado, así como la zona intermedia que representa la conexión natural entre ambos espacios. Por tanto, las personas que usan estos espacios urbanos dependen de la integridad del entorno para salvaguardar su seguridad. Y hechos como el sucedido el 19 diciembre de 2019, donde hubo un desprendimiento de masa cerca a la Playa Los Yuyos, motivan a indagar el estado físico del acantilado y su relación con el entorno.

En consecuencia, en el Capítulo 2 se describe estimar el nivel de riesgo en el acantilado de la Costa Verde, para el área de estudio de la presente investigación en el distrito de Barranco. Para lo cual se disgrego en determinar los parámetros geotécnicos de acuerdo el criterio de falla de Mohr Coulomb de los materiales que componen el acantilado para la zona de estudio. Luego, evaluar el Nivel de Peligro y Vulnerabilidad que en conjunto determinen el nivel de Riesgo. Por último, evaluar la respuesta sísmica de los sectores más críticos en términos de estabilidad física.

En el Capítulo 3 se desarrolla el marco teórico donde podemos acotar algunas investigaciones que resaltan que el riesgo está en función de la amenaza potencial y la vulnerabilidad (Vasquez, Backhoff, Gonzalez, & Morales, 2016), así como la importancia de selección de factores internos y externos influyentes en la estabilidad, ya que estás características intrínsecas se combinan con eventos desestabilizadores conduciendo a distintas consecuencias, lo cual es dependiente al uso del terreno (Mendoza & Domínguez, 2018). Además de investigaciones que han abordado la caracterización del material del conglomerado de Lima en la Costa Verde con ensayos a gran escala como el de Cañari & Alva (2001), o hacen hincapié en la influencia del ángulo del talud en la estabilidad del acantilado (Granados, 2006) entre otras investigaciones que someten a estudio el comportamiento de los acantilados en su condición actual. Así mismo se hace un repaso de las principales bases teóricas presentes en el desarrollo de la investigación tales como el método de equilibrio límite para los análisis de estabilidad, empleando la metodología de Spencer (Duncan, Wright, & Brandon, 2014), para las evaluaciones estáticas y pseudo-estáticas. También el análisis de Runout (Hungr & Evans, 1996). Se desarrolla la estimación del nivel de peligro asociado al deslizamiento (Hawley, 2017). Además del análisis de desplazamientos permanentes por métodos simplificados (Bray, Macedo, & Travasarou, 2018) para estimar la respuesta sísmica de los acantilados.

En el Capítulo 4 se plantean las hipótesis de la investigación en las cuales se hace mención principalmente que el nivel de Riesgo asociado al deslizamiento resultaría moderado. A partir del cual se entra en detalle con las hipótesis específicas que, del ajuste lineal de la envolvente de falla, según el criterio de falla de Mohr Coulomb, los materiales de suelo que componen el acantilado tendrán un componente cohesivo relevante. Los niveles de peligro y vulnerabilidad resultarían en un nivel moderado. Por último, la respuesta sísmica de los sectores críticos será moderada o poco significativa. Para ello se definen variables independientes como las cargas sísmicas, propiedades geotécnicas, el escenario regional, la superficie del talud y el entorno urbano. Y dentro de las variables dependientes se sitúan los análisis de estabilidad por equilibrio límite, el Nivel de Peligro, el Nivel de Vulnerabilidad y el Nivel de Riesgo.

En el Capítulo 5 se plantea la metodología que guiará la investigación. Se desarrolla un enfoque cuantitativo en la valoración con puntaje del Nivel de Riesgo. Se tendrá un alcance de tipo correlacional entre los Niveles de Peligro y Vulnerabilidad. Así como un diseño no experimental de tipo transversal, ya que el levantamiento de información cabe dentro del contexto sobre el cual se realizó la investigación. Con ello se definió una población de estudio de aproximadamente un kilómetro de la zona costera sur del distrito de Barranco. Esta área se

subdividió en 17 sectores, con características propias por la topografía y condiciones urbanas, sobre las cuales fueron evaluadas bajos los mismos parámetros. Todo ello con el fin de discretizar los sectores sobre los niveles de riesgo que representen.

En el Capítulo 6 se presenta el desarrollo de la investigación. En virtud de lo planteado anteriormente, se hace una descripción y diferenciación de cada sector analizado. En cada uno de ellos se define al menos una sección que represente la condición más desfavorable. Luego, en materia de la caracterización geotécnica se detallan los resultados de ensayos de laboratorio, la recopilación ensayos correspondientes a los materiales de suelo y el ajuste lineal de la envolvente de falla, según el criterio de Mohr Coulomb. Seguido a ello, se evaluó cada sector bajo la matriz de Peligro y cada factor que la compone. De igual forma se evaluó en cada sector con la matriz de Vulnerabilidad que se plantea en la investigación. Finalmente se evaluó la matriz de Riesgo que asocia el nivel de Peligro con el nivel de Vulnerabilidad. También se emplea un análisis de respuesta sísmica por métodos simplificados. En este capítulo también se exponen las consideraciones que se han tomado para cada análisis realizado en la investigación.

En el Capítulo 7 se interpretan los resultados obtenidos de las evaluaciones anteriores. Así mismo se realizó la discusión de los resultados en relación a investigaciones similares. Sobre los parámetros de resistencia se puede observar una influencia de la componente cohesiva, según el tipo de falla de Mohr Coulomb. Correspondiente a la valoración de la Matriz de Peligro se detallan los análisis de estabilidad y de Runout. Se presenta los niveles de Vulnerabilidad para cada sector. Con ello se presentan los niveles de Riesgo para los sectores del área de estudio. Finalmente, para la evaluación de la respuesta sísmica por métodos simplificados, se obtuvieron resultados empleando la NTP E030 y ASCE 7 a modo comparativo.

Por último, el Capítulo 8 rescata los conclusiones y recomendaciones de la investigación. Sobre las cuales se destacan la selección de parámetros de resistencia para fines de esta investigación. Además, se detalla en relación a las longitudes de los sectores analizados los tramos por niveles de peligro, vulnerabilidad y riesgo. Además de los resultados del desplazamiento promedio determinado por métodos simplificados frente al criterio de deformación máximo establecido para fines de la investigación. También se detallan recomendaciones sobre la necesidad de inspecciones y monitoreos en base a los resultados obtenidos.

Capítulo II: Planteamiento del problema

2.1. Situación Problemática.

La Costa Verde nace a partir de la visión del arquitecto Ernesto Aramburú Menchaca quien impulsó la idea de generar una vía y playas que conecten San Miguel, Magdalena, Miraflores, San Isidro, Barranco y Chorrillos, de modo que la ciudad de Lima deje de vivir a espaldas del mar. Denominado Costa Verde por la idea de forestar la pared del acantilado con vegetación. Se ganó terreno al mar con la construcción de espigones y el vuelco de toneladas de tierra derivados de la construcción de la vía Expresa. A la fecha, la evolución en la gestión sobre la zona costera del acantilado aún falta desarrollar. El Decreto Supremo N° 178-2019-PCM, declaró en emergencia la zona por constantes derrumbes. Por su parte, la Municipalidad de Lima estableció una franja de ciento veinte metros desde borde del acantilado para la no construcción de proyectos sin microzonificación sísmica. Aún existe una brecha en el diseño de accesos que no colapsen por su capacidad y requieren atención (El Comercio, 2020).

Una de las características del entorno urbano de la Costa Verde, concebido como un espacio recreativo de balnearios para la ciudad de Lima, es que través de los años ha servido como alivio del tráfico vehicular de la ciudad de Lima. Gobernando así, la prioridad de los vehículos sobre los peatones. A esta situación, se suma la inseguridad por accidentes y el impacto ecológico y visual, por la proliferación de edificaciones al borde del acantilado. Además del colapso peatonal de los accesos a la playa y la falta de vías de escape. Puesto que a lo largo de los años han ocurrido derrumbes que han traído consecuencias graves. Las consecuencias ante un sismo sobre el acantilado pueden ser mucho mayores, como en el sismo de 1940 en Lima. El historiador Juan Luis Orrego agrega que, ante ese hecho, lo primero que se deslizó fue el acantilado (TVPerú, 2020). El urbanista Angus Laurie referencia que en el terremoto de 1940 se cayeron los primeros 15 metros del acantilado en Chorrillos, además cita que en el terremoto de 1746 se habrían generado derrumbes a lo largo del acantilado seguido del tsunami con olas que llegaron hasta los 24 metros de altura (El Comercio, 2019c). Es así como, de las 107 zonas críticas identificadas en Lima Metropolitana y la Región Callao, el acantilado de la Costa Verde representa una de ellas, abarcando todos sus distritos. Es una zona de alta susceptibilidad a peligros geológicos que detonarían ante la acción sísmica y precipitación pluvial (Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico, 2020). Ya en la Costa Verde, se indica que alrededor de 2617 personas que viven en 938 viviendas a lo largo de los distritos que componen la costa

limeña desde San Miguel hasta Chorrillos serían vulnerables ante esta situación de peligro con más de 70 puntos críticos en los acantilados (El Comercio, 2019d).

Dentro de la opinión de expertos, la ingeniera Sandra Villacorta, resaltó que a la inestabilidad de los acantilados contribuyen las excavaciones por edificaciones, vibraciones ocasionadas por el tránsito en la vía al pie del talud, filtraciones de agua en la cima, y el sismólogo Hernando Tavera, hace hincapié en el latente peligro sísmico de toda la zona costera. Donde, el 30% de la zona costera es de peligro bajo, 40% de peligro moderado y 30% de peligro alto (Prensa UNI, 2015). Por su parte, la Municipalidad de Lima (2014) clasifica los peligros geológicos para el distrito de Barranco. Se catalogó el peligro de nivel medio a las caídas de roca; en un nivel alto, donde existen pendientes empinadas y a ubicación de infraestructuras no adecuadas donde los movimientos sísmicos los llevan a una condición inestable. Y un nivel de peligro muy alto, en el borde del acantilado, tanto la plataforma alta y baja por ocurrencia de deslizamiento y derrumbes. El riesgo sísmico se da por la zona de subducción en el Perú, ocurre que en los terremotos el epicentro e hipocentro se encuentren próximos, ya que suceden a menor profundidad (Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico, 2015).

Para fines del año 2019, se reportaba que en los últimos diez años anteriores habían ocurrido 17 accidentes ocasionados por deslizamientos, entre derrumbes y caída de rocas (El Comercio, 2019e). Los sucesos se concentran entre los años 2009 y 2016 en los cuales las principales causas eran las caídas de rocas, con consecuencias de alta gravedad en las personas afectadas, usualmente usuarios de la vía vehicular. Dentro de los cuales, solo uno fue ocasionado a raíz de un sismo de 5.7 Mw del 2013 que tuvo como epicentro Cañete, Lima. Ya para el 2014, en el distrito de Barranco, se colocaron mallas en la Baja de Baños de forma preventiva ante la caída de rocas, así como coberturas de madera para proteger los recorridos peatonales (America Noticias, 2014). Sin embargo, según el ingeniero Julio Kuroiwa, las medidas de colocar geomallas para prevenir el deslizamiento de rocas en la Costa Verde solo son una medida temporal y no de seguridad definitiva (Agencia Andina, 2016). A mediados del 2018, nuevamente un evento telúrico de 5.5 grados al suroeste de Mala, Lima, concluyó con un nuevo deslizamiento en la Costa Verde. Ya para el año 2019, ocurrieron derrumbes, uno reportado en el distrito de Magdalena, que no reportó heridos ni vehículos afectados, sin embargo, bloqueó tres carriles de la vía rápida del circuito de playas. Todo ello en medio de la organización de Juegos Panamericanos Lima 2019 (El Comercio, 2019b), conllevando a declarar la zona costera en emergencia por 60 días. El segundo derrumbe, en diciembre de ese año, sucedió en el distrito de Barranco afectando la vía vehicular, pero sin consecuencias sobre los usuarios. El

hecho se describió como una gran masa que se deslizó, produciendo que las geomallas que cubrían el acantilado se rompan, bloqueando por completo la avenida Costanera-Circuito de Playas en el sentido sur-norte y parte de la vía en sentido contrario. Este evento se atribuye a un humedecimiento de permitió a las partículas de suelo deslizarse. La superficie de deslizamiento casi vertical podría denotar un debilitamiento de la superficie del talud, que gradualmente hace retroceder el acantilado (ATV Noticias, 2019). En el año 2021, la Municipalidad Metropolitana de Lima anunciaba la instalación de cerco perimétrico con geomallas como una medida preventiva adicional ante accidentes por caída de rocas a la vía del circuito de playas en zonas sin protección dentro de los cuales se incluyó el distrito de Barranco (La República, 2021).

El ser humano tiene la capacidad de transformar su entorno, y está en las futuras generaciones el desarrollo sostenible. Si bien es cierto se ha ganado espacio al mar, con vías y playas, aún resta por estudiar la interacción del acantilado de la Costa Verde con la ciudad. Específicamente a los aspectos que condiciona su estabilidad, el peligro sísmico y su relación de riesgo por deslizamiento en el entorno urbano que se ha desarrollado en la costa de la ciudad de Lima.

2.2. Formulación del Problema.

2.2.1. Problema General.

¿Cuál es el nivel de riesgo por deslizamiento en el acantilado de la Costa Verde en el distrito de Barranco?

2.2.2. Problemas Específicos.

- ¿Cuáles son los parámetros geotécnicos de los materiales de suelo que componen el acantilado de la Costa Verde, de acuerdo al criterio de falla Mohr Coulomb?
- ¿Cuál es el nivel de peligro por deslizamiento del acantilado de la Costa Verde de acuerdo a sus condiciones geológicas y de estabilidad física?
- ¿Cuál es el nivel de vulnerabilidad del entorno urbano desarrollado en el acantilado de la Costa Verde?
- ¿Cuál es el nivel de riesgo por deslizamiento y cuál es la respuesta sísmica de las zonas más críticas del acantilado de la Costa Verde?

2.3. Justificación de la Investigación.

La Costa Verde es una zona de relevancia para Lima, por lo cual, cualquier peligro latente compromete la sostenibilidad de los proyectos que favorezcan su desarrollo. Ha demostrado su importancia cuando participó como sede de los Juegos Panamericanos Lima 2019, y el impacto que podría suscitar ante un peligro como cuando en pleno desarrollo de competencias ocurrió un deslizamiento de tierra que puso en alerta la continuidad de las actividades deportivas. (El Comercio, 2019a).

La Autoridad del Proyecto Costa Verde, dentro de sus competencias ha destacado a partir de talleres técnicos participativos, que involucraban autoridades y entidades competentes en el ámbito de la Costa Verde, la identificación de amenazas que pudieran obstruir la sostenibilidad de proyectos y oportunidad de desarrollo que tiene la Costa Verde con las fortalezas que posee. Para el distrito de Barranco resalta entre las amenazas los problemas por deslizamientos y caída de rocas de los acantilados poniendo en riesgo la seguridad física del entorno y del visitante que usa los espacios públicos colindantes a la Bajada de Baños, y los que hacen uso de las playas. Además, ante la amenaza de un evento sísmico de gran magnitud que desencadene deslizamientos de masas, cubrirían parte del sistema vial en la plataforma inferior del acantilado. Precisamente uno de los actores, funcionarios de INDECI, hacen hincapié en la necesidad de un plan de seguridad física, ambiental e identificación de peligros y vulnerabilidad física en la Costa Verde, indicando que tanto corredores viales y puentes peatonales, que funcionan como evacuación, están en zonas de alto riesgo. Así como se rescató la expectativa de una evaluación integral de estabilización de taludes (Autoridad del Proyecto Costa Verde, 2014).

En un aspecto de seguridad, el acantilado de la Costa Verde en el distrito de Barranco, presentan una inestabilidad acentuada por las condiciones geológicas que presenta. Para esto, muchas edificaciones, en el distrito de Barranco, están construidas al borde del acantilado sin dejar un margen de protección. Aunque la apariencia en que se encuentran relativamente estable podría verse afectado por la ocurrencia de un sismo de gran magnitud que desencadene en un deslizamiento. Por otro lado, existe una exposición por la inestabilidad de los materiales de suelo, que causan personas heridas y accidentes automovilísticos, pérdida de borde de los acantilados, interrupciones de tráfico, así como interrupciones de sectores económicos. La geodinámica interna en la Costa Verde es su exposición relativa a sismos y tsunamis. En la costa peruana existe el proceso tectónico de subducción de la Placa de Nazca por debajo de la Placa Sudamericana. Lo cual ha conllevado a tener sismos destructores en Lima (Instituto

Geológico, Minero y Metalúrgico, 1997). Por ende, toma importancia la verificación de la estabilidad en condición pseudo-estática del acantilado. Al encontrarse en el llamado 'cinturón de fuego', los taludes de la Costa Verde han soportado innumerables eventos sísmicos a lo largo de su historia. Se busca estimar con una precisión aceptable su estabilidad global con una evaluación bajo condiciones estáticas y pseudo-estáticas de los acantilados.

Desde un punto de vista de desarrollo económico, el distrito de Barranco es considerado uno de los ejes principales de intervención del espacio en la Costa Verde, dado su carácter estratégico cultural, tradicional y recreativo con un comportamiento similar tanto en verano como en invierno, así como de día y de noche, con potencial de desarrollar actividades a nivel interdistrital (Autoridad del Proyecto Costa Verde, 2014). En un marco sociocultural, el distrito de Barranco es una Zona Monumental y Patrimonio Cultural de la Nación. Se encuentra la Iglesia Santísima Cruz de Barranco que es patrimonio cultural, el puente de los suspiros, Iglesia la Ermita y el Museo de Osma, los cuales conectan con su espacio recreativo en la playa a través del acantilado, como la única vía peatonal denominada como "Bajada de Baños". Esta conexión peatonal es la más conocida y de mayor flujo peatonal de la Costa Verde, además, en conjunto con el distrito de Chorrillos albergan cerca de 4000 personas en sus playas al día en época de verano, provenientes de varios distritos de Lima Metropolitana (Autoridad del Proyecto Costa Verde, 2014). Además de un entorno urbano residencial que ocupan gran parte del litoral del acantilado, superando los ocho pisos. Así como una infraestructura vial al pie del talud de la Costa Verde, el cual tiene mayor relevancia en relación a las vías peatonales (Municipalidad Metropolitana de Lima, 2014).

Es por ello que el entorno urbano que se ha formado debe ser evaluado en relación con el grado de estabilidad actual que presenta el acantilado. La evaluación de riesgo de la Costa Verde toma gran importancia debido a la serie de actividades recreativas que actualmente se desarrollan. Esto pone en inminente riesgo a todos los asistentes por los pequeños, pero constantes, deslizamientos y caídas de rocas. De esta manera, correlacionando ambas evaluaciones es posible medir los efectos de las condiciones de estabilidad en los acantilados de la Costa Verde, en el distrito de Barranco, e identificar los niveles de riesgo asociados a este fenómeno. A fin de implementar los planes necesarios para salvaguardar la vida de los visitantes y residentes de este sector.

2.4. Objetivos de la Investigación.

2.4.1. Objetivo General.

Determinar el nivel de riesgo por deslizamiento en el acantilado de la Costa Verde en el distrito de Barranco.

2.4.2. Objetivos Específicos.

Se define los objetivos específicos asociados al objetivo general:

- Estimar los parámetros geotécnicos para los materiales de suelo que componen el acantilado de la Costa Verde, de acuerdo con el criterio de falla Mohr Coulomb.
- Evaluar el nivel de peligro por deslizamiento del acantilado de la Costa Verde de acuerdo con las condiciones geológicas y de estabilidad física.
- Evaluar el nivel de vulnerabilidad del entorno urbano sujeto al acantilado de la Costa Verde.
- Determinar el nivel de riesgo por deslizamiento en el acantilado de la Costa Verde y evaluar la respuesta sísmica de los sectores más críticos.

Capítulo III: Marco teórico

3.1. Antecedentes del Problema.

3.1.1. Antecedentes Internacionales.

Es de necesidad común evaluar los movimientos de masa de suelos y estudiar los fenómenos geotécnicos. En primer lugar, se muestra una investigación para estimar la amenaza por deslizamiento planteada por Hidalgo C. et al. (2012). La metodología desarrolla un enfoque probabilístico. Se planteó como agentes detonantes de la inestabilidad al sismo y la lluvia. De estos factores, se considera mayor influencia en las lluvias. Aunque se requieren condiciones críticas de lluvias acumuladas. Emplearon relaciones estadísticas entre las lluvias y los movimientos de masa. Y para el caso de sismos emplearon una aplicación probabilística del método de Newmark. El riesgo se evaluó en función a la probabilidad de pérdidas anuales de vida y la estimación de la vulnerabilidad y riesgo con el método presentado por Stewart et al. (2002). Bajo esa metodología se estudiaron varios taludes de la Conexión Vial Aburrá-Cauca, Medellín, Colombia. Se determinó alta probabilidad de un deslizamiento accionado por un movimiento sísmico y la probabilidad se incrementa si los suelos están saturados. Las zonas más susceptibles donde la aceleración crítica fue menor o igual a la aceleración pico del terreno obtenidos de un estudio de microzonificación y evaluación del riesgo sísmico. Los investigadores mencionan que la descripción de la exposición y las consecuencias deben ser detalladas para definir indicadores medibles y disminuir la ambigüedad. Pero dado que las calificaciones son bajo el criterio del evaluador, existe la tendencia de subvalorar la exposición y el impacto por deslizamiento.

En otras investigaciones y con apoyo en la tecnología, tomando como zona de estudio el Valle de Aburrá en la ciudad de Medellín, Colombia, se emplean herramientas de geomática para la estimación del riesgo por deslizamientos en laderas (Vega, 2012). El estudio se apoya en los Sistemas de Información Geográfica, con el fin de estimar y cuantificar el riesgo, así como una proyección de un análisis de costos en daños a la infraestructura urbana. La metodología posibilita una comparación en el análisis de las aceleraciones pico, las aceleraciones críticas y los desplazamientos debido al evento sísmico. Toma un enfoque probabilístico de falla donde la aceleración pico y el desplazamiento asociado sea mayor a la aceleración y el desplazamiento críticos. Y la vulnerabilidad tiene el fin de estimar la

probabilidad que se produzcan daños, cuando se da una falla. Se emplearon parámetros cartográficos como la ubicación de la infraestructura urbana, viviendas susceptibles a daños por sismos, mapas de pendientes, mapas de deformaciones superficiales, curvas de aceleración pico, así como criterios de daño específico. El modelo de análisis considera la influencia de las condiciones de saturación del suelo y la influencia de la lluvia como agente desestabilizador. Los Sistemas de Información Geográfica permite evaluar distintos escenarios con una gran cantidad de variables. De acuerdo con la investigación estos sistemas son para tener alertas tempranas para l prevención de desastres y tomar acciones planificadas.

Por otro lado, en la región Latinoamericana y en esta línea de investigación, se elaboró un estudio para establecer la vulnerabilidad y evaluar el riesgo por deslizamiento, además agrega, por inundaciones pluviales y socavación de puentes en la Red Federal de Carreteras en México (Vasquez, Backhoff, Gonzalez, & Morales, 2016). Como indican los autores, en esa región las temporadas de lluvias generan daños a la población y a la infraestructura cercana a ríos, zonas de laderas e inundación. Dentro de los agentes perturbadores, denominado por los investigadores, se alude a los fenómenos geológicos, hidrometeorológicos, químicos, sanitario-ambiental y socio-organizativos. Además, enmarcan que la vulnerabilidad es la disposición interna a ser afectada a consecuencia de una amenaza. Este último concepto se ciñe al grado de exposición, protección, reacción inmediata, recuperación básica y la reconstrucción. Entonces, definieron el riesgo en función a la amenaza potencial y la vulnerabilidad. Los investigadores emplean un método indirecto para sus estimaciones de acuerdo con las características técnicas de las carreteras. Esto, con el fin de establecer mapas a partir del análisis geográfico. Además, mencionan que, para el caso de carreteras, en la estimación del riesgo, la vulnerabilidad tiene mayor peso que el peligro en sí mismo.

Continuando en el estado de México, se realizó un estudio que estime el peligro y riesgo de deslizamiento en laderas que exponen con frecuencia a la población (Mendoza & Domínguez, 2018). Este estudio estableció factores internos y externos dentro de los cuales toma la topografía, características geotécnicas, agentes históricos, hidrológicos, geomorfológicos y ambientales. Se trata de una estimación cualitativa, de acuerdo con el estudio, que asigna valores numéricos a cada factor influyente con la finalidad de elaborar mapas de peligros y riesgos sobre la inestabilidad de laderas. Los autores mencionan que las características intrínsecas de las laderas se combinan con eventos desestabilizadores como lluvias, actividad sísmica, actividad volcánica o deshielo. Resaltan que un mismo peligro puede conducir a consecuencias distintas dependiendo del uso del terreno que ha sido afectado por el fenómeno.

Se abarcó tres tipos de inestabilidad como caídas o derrumbes, deslizamientos y flujos. Es preciso indicar que, de parte de las causas antrópicas, por actividad humana, se señaló a los cambios en la presión del agua del subsuelo, el cambio de la topografía, la imposición de sobrecargas y la deforestación. Aunque no son un desencadenante necesariamente de inestabilidad cuando se toman las medidas correctas. El estudio enfoca la perspectiva de que los problemas de deslizamientos son gobernados por la incertidumbre, lo cual, solamente el factor de seguridad no puede responder. Se recalca que las valoraciones deben ajustarse regionalmente, ya que se parte de un sustento empírico. Adicionalmente, los investigadores revelan que los daños por inestabilidad se extienden más allá de la zona de falla. Las consecuencias se amplían pendiente abajo, incluso pendiente arriba.

En otro contexto más urbano, se realizó un estudio que evalúe factores de carácter natural y antrópico que condicionen o accionen deslizamientos de tierra. La investigación se enfoca en la ciudad de Tijuana, México (Oliva & Gallardo, 2018). El riesgo es evaluado a través de la correlación entre el peligro, o amenaza, y la vulnerabilidad. Para el peligro se emplearon métodos probabilísticos y determinísticos. Por otro lado, la vulnerabilidad se estimó teniendo en consideración los tipos de edificaciones del entorno urbano y su distribución espacial, la integridad estructural, la profundidad de cimentaciones y el volumen probable de la masa de terreno inestable. Se consideraron factores geológicos, hidrológicos y geomorfológicos, así como, procesos geodinámicos, presencia de vegetación y de actividad antrópica. Además, se tomó la frecuencia e intensidad de fenómenos naturales, como precipitaciones o sismos. En la zona de estudio los investigadores observaron continuos casos de deslizamientos, afectando viviendas e infraestructura. Lo atribuyen al crecimiento urbano no planificado, teniendo más del 30% de la población en terrenos inestables. Se realizó un levantamiento topográfico, estudios geológicos y geotécnicos, así como instrumentación de sondeo de control de movimientos horizontales. Se realizó un análisis cuantitativo de la estabilidad con equilibrio límite y tenso-deformaciones, y un análisis cualitativo usando factores de evaluación. Se determinó una elevada probabilidad de riesgo con consecuencias de impacto en edificaciones cercanas, lo cual va de acuerdo con la frecuencia de ocurrencia de deslizamientos en la zona. Además, del sondeo determinaron tres direcciones posibles de movimiento.

3.1.2. Antecedentes Nacionales.

Entorno a la Costa Verde se han desarrollado distintas investigaciones, se realiza una breve descripción de las relevantes a continuación.

Destaca el análisis de estabilidad de taludes realizado por Cañari & Alva (2001), en ella se tuvo como objetivos principales detallar la geología, geomorfología, geodinámica, sismicidad, parámetros de campo y laboratorio, zonificación de riesgos, análisis de estabilidad y presentación de alternativas para la estabilización de los taludes de la Costa Verde comprendidos entre los distritos de San Miguel y Miraflores. Entre los ensayos de campo realizados destaca el ensayo de corte directo a gran escala realizado en la corona del acantilado a fin de determinar los parámetros de resistencia al cortante del conglomerado de Lima, resultando en una cohesión de 0,55 kg/cm^2 y un ángulo de fricción interna de 40°, estos valores son concordantes con los valores obtenido en otros ensayos aplicados al mismo material. Para los análisis de estabilidad por el método de equilibrio límite se empleó el software PCSTABL que permite determinar los factores de seguridad mediante los métodos de Bishop y Janbu en condición estática y pseudo-estática. Los Factores de seguridad varían entre 0,99 a 2,38 en condición estática y entre 0,75 a 1,63 para la condición pseudo-estática. Finalmente, la tesis concluye con una zonificación de riesgo para el tramo en estudio en una escala que va de riesgo bajo hasta muy elevado y con la mención de varias alternativas para la estabilización de los taludes de la Costa Verde.

Otra investigación, concretamente en el distrito de Barranco (Granados, 2006), realizó un análisis pseudo-estático en el acantilado de la Costa Verde. Centró su análisis a un tramo crítico de 600 metros de longitud de Costa Verde. Donde determinó una altura promedio de 55 metros y una pendiente de talud promedio de 50°. Asume además una masa de suelo homogénea, gobernada por la grava. Para lo cual, a base de ensayos de compresión triaxial consolidado no drenado al material fino, estima indirectamente las características geomecánicas de la grava. Los parámetros del material fino resultaron para la cohesión igual a 0.40 kg/cm2 y un ángulo de fricción de 20°. Para la grava, a través de un retro análisis, estimó una cohesión de 0.86 kg/cm2 y un ángulo de fricción de 54°, evaluado en condiciones pseudo-estáticas. Para el análisis pseudo-estático, tomó como referencia el sismo del 17 de octubre de 1966, con una aceleración horizontal de 0.275g y una aceleración vertical de 0.165g. Concluyó que para obtener un factor de seguridad mayor a 1.25, la pendiente del talud del acantilado debería ser menor a 40° aproximadamente. Además, establece que el aumento de espesor del lente fino

influye en la reducción del factor de seguridad. Por lo que finalmente recomendó realizar un corte de talud, reduciendo en la medida de lo posible su pendiente.

Adicionalmente, una investigación realizó un análisis de respuesta dinámica en los acantilados de la ciudad de Lima (Macanaza, 2006). Se basó en la metodología de elementos finitos aplicado a modelos bidimensionales con un modelo constitutivo lineal equivalente. Centró sus secciones de análisis en los distritos de San Miguel, Magdalena del Mar y Miraflores. Sobre la estratigrafía del talud de sus secciones de análisis las clasificó como irregular, de una grava mal gradada con lentes de suelos arenosos y arcillosos. Caracterizó los suelos con ensayos de corte directo In Situ, donde determinó para la grava un valor de cohesión igual a 55kPa y un ángulo de fricción de 39.9°. Y para el material fino, una cohesión de 90kPa y un ángulo de fricción de 28.5°. Luego realizó correlaciones para la obtención de parámetros dinámicos de suelo. Basó su análisis en el registro sísmico del 3 de octubre de 1974 sucedido en Lima. El cual fue escalado, resultando una aceleración de 0.2g y una aceleración máxima probable de 0.4g. Además, utilizó el registro sísmico de Kobe de 1995, para el caso de sismo extremo, con una aceleración máxima de 0.83g. Sus resultados concluyeron en deformaciones del orden de 4 a 11 centímetros. Así como, deformaciones permanentes de 74 centímetros para su sección más desfavorable en su análisis. Sus resultados estaban sujetos a la altura y estratigrafía de cada sección de talud. Adicionalmente, concluyó que en la dirección vertical la amplificación sísmica de la base del talud a la superficie del talud es de hasta 6 veces, para un periodo de 0.8 segundos.

Otro estudio relevante en el análisis dinámico evaluó la estabilidad por elementos finitos los taludes de la Costa Verde en el distrito de Miraflores (Urritia, 2008). El autor analizó dos secciones de los taludes de la Costa Verde ubicado en el distrito de Miraflores empleando cuatro registros sísmicos, de los años 1996, 1970, 1974 y 2006. Los análisis dinámicos fueron realizados en el módulo QUAKE/W del software GeoStudio, a la par también se realizaron análisis de equilibrio límite con el módulo Slope/W del mismo software y con el método riguroso de Spencer. Los parámetros geotécnicos fueron tomados de la tesis “Estabilidad de taludes de la Costa Verde, Distrito de Miraflores” (Vargas, 2007). Mientras que los parámetros dinámicos fueron estimados en base a formulaciones y referencias bibliográficas. Los factores de seguridad obtenidos mediante los métodos de equilibrio limite y por el método de elementos finitos se encuentran en el mismo orden de magnitud, entre 1,60 a 1,77 en condición estática. Producto del análisis dinámico se obtiene la variación de los factores de seguridad para cada instante del registro sísmico y para cada sección, los valores resultantes están por encima de

1,00. Por lo que, al usar el método de Newmark el estudio determinó que no habría ninguna deformación permanente. Finalmente, el autor menciona que los resultados de las deformaciones permanentes son los esperados porque estos taludes han pasado la prueba del tiempo sin presentar deformaciones o fallas considerables.

Instituciones públicas también contribuyeron en el estudio sobre la seguridad física de los acantilados de la Costa Verde.

Por ejemplo, el INGEMMET (1997). Se determinó sobre la sismología del Perú, cuatro periodos. El primero anterior a 1900, consigna datos históricos descriptivos dado que no se poseen datos instrumentales. El segundo entre 1900 a 1962, se tienen datos instrumentales aproximados en relación con la localización, hipocentro y magnitudes en función a las ondas superficiales. Tercero entre 1963 a 1975, con datos instrumentales más precisos y magnitudes en función de ondas de cuerpo. Y, por último, desde 1976 y que a la fecha prevalece, con catálogos sísmicos elaborados. Para lo cual determinó, en base a la historia sísmica para el estudio, que el máximo sismo que podría ocurrir tendría una magnitud Ms de 7.7 a 8.0. Así también, consideró la probabilidad de ocurrencia de tsunamis, dado que no ocurre desde 1806 y puede ocurrir asociado a un sismo de gran magnitud. Por otro lado, recopila que para la grava de Lima Metropolitana la cohesión es de 0.4 a 0.8kg/cm2 y el ángulo de fricción de 36° a 42°. También mencioné que la estabilidad del acantilado de la Costa Verde está en constante amenaza de agrietamientos y derrumbes, causado por suelos superficialmente poco consolidados, presencia de material limo-arcilloso que al humedecerse por la acción de la brisa marina pierden resistencia produciendo desprendimientos, por pendientes elevadas y posibles infiltraciones por instalaciones de edificaciones en la parte superior del talud.

En adición a la labor de estudios públicos, la Municipalidad de Lima (2014) elaboró un estudio en torno a varios aspectos de la Costa Verde. Dentro del cual, como parte del estudio geotécnico, determinó criterios de estabilidad de talud en base al factor de seguridad en cuatro ítems. El primero era probablemente inestable cuando el factor de seguridad era menor igual a 1.10. Luego, medianamente estable cuando el valor estaba entre 1.10 y 1.20. Tercero, era estable cuando el rango era entre 1.20 y 1.40. Y por último cuando el factor de seguridad era mayor a 1.40. Se seleccionaron seis perfiles de talud para el análisis, aplicando distintas cargas críticas hasta que el factor de seguridad decaiga a la unidad. De sus análisis encontraron que en una condición pseudo-estática los taludes son inestables a poco estables. Con lo que recomiendan un alejamiento de cincuenta metros del borde. La estimación de las aceleraciones espectrales fue a través de un estudio de peligro sísmico probabilístico para el departamento de

Lima. Con 5% de amortiguamiento crítico, una probabilidad de excedencia de 10% y cincuenta años de exposición, correspondiente a 475 años de periodo de retorno. Con el cual obtuvo una aceleración pico en roca de 0.43g y en 0.63g en suelo. Entonces, determinó que respecto al deslizamiento y donde las condiciones sísmicas causen una inestabilidad de la infraestructura están en un nivel de peligro alto. Con lo cual retrató un escenario de un posible sismo de una magnitud de 8 a 8.5 grados en la Escala de Richter. Adicionalmente remarcó para el distrito de Barranco, el área crítica de la Bajada de Baños, el cual es un ambiente de difícil evacuación en su aforo máximo a los que se suman las características geotécnicas del lugar, donde se debe evaluar la estabilidad física dada la continua caída de cantos rodados. Entre otras zonas críticas como la zona de playa y el talud a la altura de las playas Los Yuyos, Barranco y Los Pavos.

Entre investigaciones recientes, el Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico (2015) elaboró un estudio sobre peligros geológicos. El cual determinó en términos generales para la ciudad de Lima, que está compuesto por un material proveniente del cono aluvial del río Rímac, que son materiales no consolidados del cuaternario, edad geológica reciente, de gran potencia. Pudiendo alcanzar los 400 metros de profundidad a nivel general en Lima Metropolitana. En relación con el acantilado de la Costa Verde el estudio indicó que fue socavado por la erosión marina, dando lugar a pendientes casi verticales antes de la intervención humana. El estudio determinó dos tipos de factores de peligros geológicos. El factor natural, las cuales intrínsecamente depende de las condiciones del suelo, la pendiente y un factor externo como las precipitaciones pluviales y la actividad sísmica. Por otro lado, está el factor antrópico, que contribuye a la inestabilidad por excavaciones o malas prácticas constructivas, así como ocupación inadecuada de territorio susceptible. Para el acantilado de la Costa Verde indicó como peligro de movimiento de masa a los derrumbes. Se atribuyeron sus causas a factores como su pendiente que pueden llegar a sobrepasar los 80°, variando en un rango de 60° a 90° con alturas de hasta 65 m, adicionalmente, se tiene una baja compacidad y humedad que cederían ante acciones sísmicas, filtraciones incontroladas, finos poco consolidados, conos de escombros, vibraciones por tránsito, excavaciones de infraestructuras y sobrecargas, lentes areno-limosos que se humedecen y pierden sus propiedades de resistencia y la acción de erosión marina. En otro punto está la erosión de laderas, por acción del paso del agua generando cárcavas. También están los sismos más significativos que afectaron la región de Lima, como los de 1586, 1609, 1655, 1687, 1746, 1940, 1966 y 1974. De los cuales, algunos produjeron tsunamis. El estudio midió la susceptibilidad por movimientos de masa con un método estadístico multivariante, a una aproximación semicuantitativa de muy baja hasta muy alta,

generalizada a una escala de 1/50 000, con la limitación de ser de uso preliminar y no determinante. Donde el acantilado de la Costa Verde está en un nivel de susceptibilidad alto, por los puntos expuestos. Para el distrito de Barranco existe una estabilidad relativa del acantilado dada la cementación del material que lo compone. El cual estará sujeto a la litología, espesor de estratos, topografía. Finalmente analizó el riesgo con una evaluación multicriterio, donde se debe evaluar cada variable en función a varios criterios. Y acotó que el riesgo varía en el tiempo en relación con la población.

En relación con investigaciones sobre peligro sísmico, un estudio de microzonificación sísmica fue llevado a cabo en el distrito de Barranco, por el Centro Peruano-Japones de Investigaciones Sísmicas y Mitigación de Desastres (2015). El cual adicionalmente a su evaluación sobre peligros geológicos, realizó un estudio de peligro sísmico y la caracterización geotécnica de sitio. Sobre los peligros geológicos, el estudio clasificó peligros muy alto, alto y bajo. Los peligros muy altos se localizan en el espacio artificial ganado al mar, expuestos a tsunamis y mareas excepcionales. Los acantilados representan un peligro alto, por estar constituido por un material de baja compacidad. Que eventualmente podrían fallar por causas naturales o antropogenéticas. Y de peligro bajo supone el resto del distrito con una llanura plana. La evaluación del peligro sísmico es un modelo probabilístico que empleó el modelo de Poisson. Dado que cada evento sísmico de gran magnitud es independiente, de forma temporal y espacialmente. Determinó la sismicidad de las fuentes sismogénicas de subducción, dividiendo el número de fuentes. El primer grupo fue tipo de subducción de interfase asumiendo que son de falla inversa. Luego, como fuentes de subducción de interplaca superficial e intermedia, asumiendo una falla normal. Además de ciertas fuentes continentales. Luego, a través de las leyes de atenuación se determinó el efecto de intensidad símica en el sitio de estudio. Con ello se determinó el peligro sísmico, como la suma de los efectos de cada fuente y su distancia al lugar de estudio, empleando el software CRISIS 2007. Resultó para un suelo denso tipo C y un suelo firme tipo D aceleraciones máximas de 0.57g a 0.46g, para un periodo de retorno de 475 años. Para la caracterización geotécnica recopiló ensayos de calicatas, SPT y cono Peck. Determinó que las gravas son materiales de compacidad media a densa, al igual que las arenas, y los limos y arcillas son de consistencia media a dura. Realizó una evaluación estática y pseudo-estática de nueve taludes, tomados de una zona crítica determinados en un estudio anterior de Granados en 2006. Se empleó un coeficiente sísmico de 0.23g. Concluyó que las infraestructuras con un retiro mínimo de veinte metros no se verían afectadas. Sin embargo, las infraestructuras sobre el borde del acantilado, bajo condiciones

pseudo-estáticas, implicaría un colapso. Además, mediante la relación espectral H/V se determinó el periodo fundamental del suelo, realizando mediciones con microtremors. Así también, mediante ensayos MASW se determinó el perfil de velocidades de onda de corte. Para el perfil de velocidades de ondas de compresión se emplearon ensayos de refracción sísmica, en contraste con la densidad. Estos resultados se integraron en un mapa de zonas de Isoperiodos. La zona noroeste del distrito corresponde a periodos de vibración menores a 0.20 segundos, donde a partir de los 5.3m de profundidad es un material denso. Las zonas noreste, centro y sur corresponden a periodos de vibración entre 0.20 a 0.30 segundos, donde el material aumenta su rigidez a partir de los 10m de profundidad. Tuvieron una limitación de exploración de 30m de profundidad. Finalmente, para la zona que comprende el acantilado del distrito de Barranco se determinó una aceleración máxima esperada de 638.09 cm/s2. Y las velocidades máximas se encuentran en un intervalo de 60 a 120 cm/s.

Por último, una investigación reciente del Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico (2020) ha realizado una evaluación de peligros geológicos en el malecón Pedro de Osma, del acantilado de la Costa Verde en el distrito de Barranco. Ello producto del derrumbe ocurrido el 18 de diciembre de 2019. Corresponde al acantilado frente a la playa de los Yuyos. Los factores evaluados fueron la pendiente, el tipo de suelo aluvial, que es un material grueso y fine de poco a medianamente compacto y las discontinuidades en el acantilado. Se declaró una zona de alto peligro, ante la ocurrencia de sismos y precipitaciones. La evaluación técnica se realizó en base a estudios anteriores y controles de campo. Se determinó el perfil de la zona de estudio, partiendo de la base, 20 metros de estrato de grava, 4 metros de suelo limo-arcillosa, 21 metros de grava y finalmente un estrato de arcilla. Empleó una clasificación de pendiente por rangos, donde en el acantilado había una variación de moderada de 5° a 15°, fuerte de 15° a 25°, muy fuerte de 25° a 45° y escarpado cuando es mayor a 45°. Este último era el más predominante. La zona de derrumbe se localizó a 24 metros por encima de la base del talud, que tiene 50 metros de altura. En primer lugar, se comprometió el estrato limo-arcillosa que luego desencadeno el colapsó del estrato de grava inferior, equivalente a 500 m3 de masa, en un área de 677 m2, y un ancho de 24 m de la zona de arranque. Así también, del estudio se puede aproximar una línea de la vía afectada de más de 100 metros. También se determinó una superficie de rotura regular-elongada. El estudio mencionó que existe un riesgo luego de un suceso de derrumbe, es la presencia de material colgado inestable en el talud. El estudio hace hincapié en evaluar la estabilidad de otros sectores similares.

3.2. Bases Teóricas.

3.2.1. Método de Equilibrio Límite (MEL)

El Método de Equilibrio Límite se basa en el análisis de una masa potencial de falla a la cual se le realiza un análisis de cuerpo libre en conjunto con tres ecuaciones de equilibrio: equilibrio fuerzas horizontales, equilibrio de fuerzas verticales, y equilibrio de momentos. Una gran cantidad de estos métodos usan la subdivisión de la masa potencial de falla en un numero finito de dovelas, generalmente horizontales, que toman parte en las ecuaciones de estabilidad. En la Figura 1 se muestra la distribución de las dovelas y las fuerzas entre ellas, de una masa potencial de falla. Algunos métodos solo consideran el equilibrio de fuerzas, a estos métodos se les conoce como "no rigurosos". En todos, existen más incógnitas que ecuaciones de equilibrio, son problemas estáticamente indeterminados. Para resolver estos sistemas de ecuaciones se introduce arbitrariamente la ubicación de la falla y/o la orientación de las fuerzas entre dovelas. Se considera métodos "rigurosos" aquellos que satisfacen las tres ecuaciones de equilibrio, ejemplos de ellos el método de Spencer y el método de Morgenstern & Price, entre otros (Bojorque, 2011). El mismo autor menciona que se tienen una serie de consideraciones, las cuales son mencionadas a continuación:

- La masa potencial de falla se divide en un numero finito de dovelas.
- La masa potencial de falla actúa como un bloque rígido.
- Las fuerzas normales actúan en el centro de la base de la dovela.
- La resistencia a lo largo de la superficie de falla tiene el mismo factor de seguridad.
- Las asunciones de las fuerzas entre dovelas se emplean para hacer el problema estáticamente determinado.
- El factor de seguridad es determinado de las ecuaciones de equilibrio.

Esta metodología tiene como principal limitante el no considerar las leyes constitutivas de los suelos, las relaciones de esfuerzo – deformación.

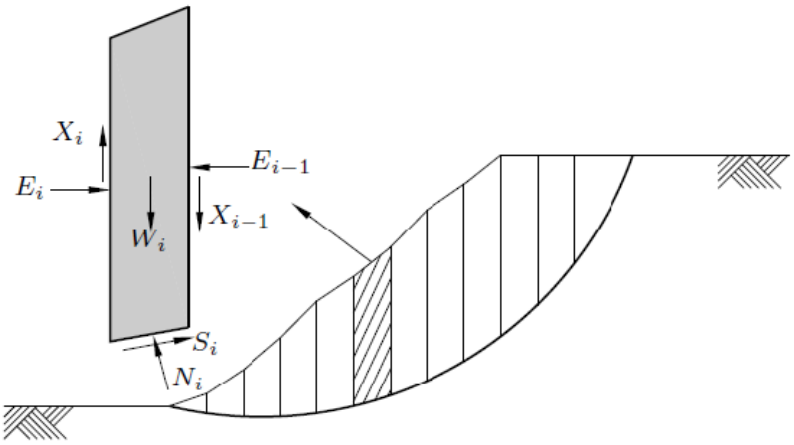


Figura 1. Masa deslizante dividida en dovelas verticales y fuerzas entre dovelas.
Fuente: "Métodos para el análisis de la estabilidad de pendientes", por Bojorque, J., 2011, *Revista semestral de la DIUC*, p. 6.

Respecto al Método de Equilibrio Límite se puede mencionar una serie de ventajas y desventajas (Yacoub, 2016).

Principales ventajas:

- Es el método más común para análisis de taludes.
- Existe una amplia experiencia en el empleo de este método.
- Formulación relativamente fácil de entender.
- Corto tiempo de cálculo.
- Útil para evaluar la sensibilidad a la falla en base a los parámetros de entrada.
- Demanda una cantidad mínima de parámetros geotécnicos.

Principales desventajas:

- Se asumen que el suelo puede ser dividido en dovelas.
- Se toman consideraciones arbitrarias para garantizar la determinación estática.
- Omite el comportamiento esfuerzo-deformación.
- No brinda información de deformaciones.
- Encontrar el factor de seguridad más bajo puede ser muy complejo.

3.2.2. Método de Spencer

El método de Spencer (Duncan, Wright, & Brandon, 2014) es un método de equilibrio límite por dovelas, de tipo riguroso. Es decir, la masa de suelo por encima de la superficie de falla es subdividida en varias porciones denominadas dovelas. Es un método que satisface equilibrio

de fuerzas y momentos en el análisis de estabilidad de taludes. Principalmente utilizado para análisis de superficie de falla circular, es aplicable para superficies no circulares de falla. Dentro de las presunciones en las que se basa el método es que las fuerzas actuantes al lado izquierdo y derecho de cada dovela, denominada Z, son paralelas. Es decir, tienen el mismo ángulo de inclinación, Θ, que forman con la horizontal, como se muestra en la *Figura 2*. Así también, asume que la fuerza normal en la base de la dovela actúa en su centro. Esta última idea preestablecida influye muy poco en el resultado final, en función a un razonable uso de la cantidad de dovelas en el procedimiento.

Entonces, el ángulo de inclinación, Θ una incógnita para el cálculo inicial. La fuerza Q es la fuerza resultante de la acción de las fuerzas a lado de cada dovela, que es igualmente a estas.

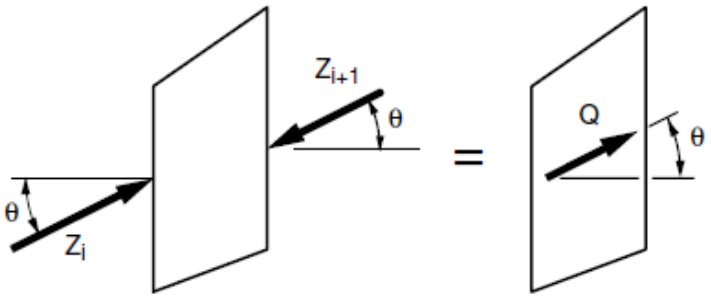


Figura 2. Fuerzas actuantes paralelas entre dovelas y la fuerza resultante del Método de Spencer.
Fuente: "Spencer's procedure", por Duncan, J., Wright, S., & Brandon, T., 2014, *Soil Strength and Slope Stability*, 6, p.101.

Por lo que se derivan las ecuaciones de equilibrio (1):

$$\sum Q = 0 \tag{1}$$

Donde:

$$Q = Z_i - Z_{i+1} \tag{2}$$

Además, se establece el equilibrio de momentos, asumido en un punto arbitrario para cada dovela de la siguiente manera:

$$\sum Q(X \sin\theta - Y \cos\theta) = 0 \quad (3)$$

Ahora, del análisis del diagrama de cuerpo libre de cada dovela como se muestra en la Figura 3.

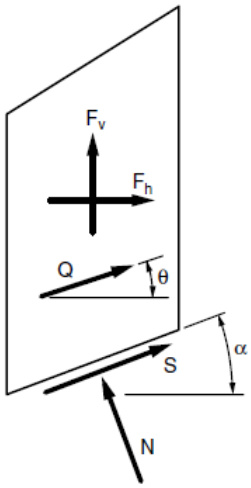


Figura 3. Dovela con fuerzas conocidas y desconocidas para el Método de Spencer.
Fuente: Adaptado de "Spencer's procedure", por Duncan, J., Wright, S., & Brandon, T., 2014, *Soil Strength and Slope Stability*, 6, p.102.

Se determinan las ecuaciones de equilibrio de fuerza, en las direcciones perpendicular y paralela a la base de la dovela.

$$N + F_v \cos\alpha - F_h \sin\alpha - Q \sin(\alpha - \theta) = 0 \quad (4)$$

$$S + F_v \sin\alpha - F_h \cos\alpha - Q \cos(\alpha - \theta) = 0 \quad (5)$$

Donde Fv y Fh resumen las fuerzas conocidas como peso, carga sísmica (análisis pseudo-estático), fuerzas generadas por cargas distribuidas en la superficie del talud, fuerzas debido a elementos de reforzamiento, en las direcciones vertical y horizontal respectivamente. Además, N es la fuerza normal a la base de la dovela y S es la fuerza de corte en la base de esta y se define como:

$$S = \tau \Delta l \tag{6}$$

$$S = \frac{s\ \Delta l}{F.S} \tag{7}$$

Donde, τ es el esfuerzo de corte, s es la resistencia al corte, definidas por la ecuación de Mohr-Coulomb, F.S es el factor de seguridad y Δl es la distancia inclinada de la base de la dovela. Al reemplazar y combinar ecuaciones se sustituyen los valores de S y N, y se tiene Q en función del ángulo Θ y del factor de seguridad, el cual se reemplazará en la ecuación de sumatoria de momentos para satisfacer el equilibrio.

El procedimiento de cálculo es iterativo de prueba y error, para el cálculo del factor de seguridad y el ángulo de inclinación de la fuerza resultante entre dovelas, que satisfagan las ecuaciones de equilibrio. Luego de ese procedimiento se evalúan los valores de la fuerza normal (N), la fuerza resultante entre dovelas (Z) y la distancia de actuación (y_t) de tal fuerza resultante para cada dovela (U.S. Army Corps of Engineers, 2003).

3.2.3. Análisis de Desplazamientos Permanentes

La condición de servicio de un talud luego de un sismo está controlada por los desplazamientos permanentes desarrollados por tal evento sísmico. En ese sentido, dado que un método de análisis pseudo-estático, como todos los métodos de equilibrio límite, proporciona sólo un índice de la estabilidad dado por el factor de seguridad pero ninguna información sobre las deformaciones asociadas con el talud, es necesario también verificar la condición de servicio de un talud luego de un sismo, lo cual es controlado por los desplazamientos permanentes; de esta manera los métodos de análisis que predicen los desplazamientos del talud proveen una mejor evaluación de la estabilidad sísmica del mismo. Para la presente tesis se han estimado los valores de desplazamiento permanente por sismo de acuerdo con la metodología desarrollada por Bray, Macedo y Travasarou (2018) que establece deformaciones asociadas a una superficie de falla crítica, espectro de diseño, rigidez del material deslizante, entre otros parámetros.

Bray et al (2018), tomando como base el registro tiempo-historia de aceleraciones reportadas en 1 122 movimientos sísmicos y magnitudes de momento sísmico (Mw) mayores a 5,8 y hasta 9,0, y distancia epicentral menor 450 km (sismos de interplaca e intraplaca),

desarrollaron las siguientes formulaciones para la estimación de desplazamientos permanentes por sismo en estructuras de tierra.

$$P(D=0) = 1 - F\left[m - n \times \ln(k_y) - p \times (\ln(k_y))^2 - q \times T_0 \times \ln(k_y) + r \times T_0 + s \times S_a \times (1{,}5 \times T_0)\right] \quad (8)$$

Para:

- $T_0 \leq 0.7$: m = -2,75; n=3,20; p=0,17; q=0,49; r=2,09; s=2,91 (9)
- $T_0 \geq 0.7$: m = -3,53; n=4,78; p=0,34; q=0,30; r=0,67; s=2,66 (10)

$$ln(D) = -a_1 - 3{,}353 \times \ln(k_y) - 0.390 \times (\ln(k_y))^2 - 0{,}538 \times \ln(k_y) \times \ln(b) + 2.605 \times \ln(b) - 0.23 \times (\ln(b))^2 + a_2 \times T_0 + a_3 \times {T_0}^2 + 0{,}550 \times M \pm \varepsilon \quad (11)$$

Para:

- $T_0 \leq 0{,}1$: a_1=6,896, b= Sa (1.5T_0), a_2=3,081, a_3= −0,803 (12)
- $T_0 > 0{,}1$: a_1=5,864, b= Sa (1.5T_0), a_2=-9,421, a_3= 0,0 (13)

$$P(D > d) = [1 - P(D=0)] \times (1 - F(\frac{lnd - ln\hat{d}}{\sigma})) \quad (14)$$

Donde:

- P(D=0): Probabilidad de ocurrencia de una deformación permanente despreciable (<1 cm);
- F: Función de distribución normal acumulada;
- ky y T0: Aceleración de fluencia y período fundamental respectivamente (de la masa deslizante);
- Sa (1,5*T0): Aceleración espectral degradada, definida por Bray et al (2018);
- D y Mw: Deformación permanente por sismo y Magnitud de Momento Sísmico, respectivamente;
- ε: Variable aleatoria de distribución normal con media (μ) y desviación estándar (δ) igual a 0,73;
- P(D>d): Probabilidad de ocurrencia de una deformación permanente mayor a la máxima permisible para la estructura de tierra analizada;

- d: Deformación permanente calculada para la media de ln(D); y
- PGA: Aceleración pico del terreno (T0=0).

La estimación del periodo fundamental de la masa deslizante es calculada de acuerdo con las recomendaciones de Bray y Travasarou (2007), el cual considera la geometría de la superficie potencial de falla, la altura de la masa deslizante y las propiedades dinámicas del material representadas por el valor de $Vs_{máx}$ del material. Por otra parte, el valor de Sa(1,5T0) es calculado en función del espectro de peligro uniforme (EPU) reportado para el área en estudio.

3.3. Marco Conceptual.

3.3.1. Análisis Estático y Pseudo-estático

Un análisis estático debe satisfacer condiciones de equilibrio de una masa de suelo para cierta superficie de falla de un talud. Estas ecuaciones de equilibrio estáticas se utilizan para el cálculo de un factor de seguridad, relacionado a la resistencia cortante del suelo. Además, se asume que el factor de seguridad será un valor constante en toda la superficie de falla. El análisis involucra la acción de fuerzas conocidas y desconocidas. Estas últimas resultan ser más que las ecuaciones de equilibrio, por lo que, de acuerdo con el método usado se realizan presunciones para que el cálculo del factor de seguridad no sea estáticamente indeterminado. Por otro lado, en un análisis pseudo-estático incluye la acción del sismo, representada como una fuerza estática que actúa en una dirección, el cual es equivalente a una fracción del peso del suelo. Es decir, se aplica un coeficiente sísmico, determinado como una fracción de la aceleración debido a la gravedad. Entonces, el sismo asumido como una fuerza estática es incluida como una fuerza conocida en las ecuaciones de equilibrio en el análisis de estabilidad. Algunas limitaciones, es que la fuerza pseudo-estática tomada en el centro de gravedad de cada dovela de suelo, sería acertada de cumplirse que la aceleración sea constante en la dovela, lo cual es poco probable. Por lo que la ubicación de acción de la fuerza pseudo-estática tendría una influencia en el valor del factor de seguridad. Entonces, es una herramienta útil cuando no se esperan una pérdida de resistencia significativa debido a la acción del sismo. Primero, se debe determinar un adecuado coeficiente sísmico, de acuerdo con el tipo de aceleración de suelo, la deformación tolerable y el factor de seguridad. Se debe referenciar una aceleración pico para zonas de alta sismicidad, donde se tiene un registro acumulado de sismos. Además, se debe seleccionar un coeficiente sísmico que puede variar de 0.17 a 0.75. Adicionalmente, se

recomienda la reducción de la resistencia cortante hasta en un veinte por ciento o el uso de parámetros residuales. Así como determinar si el análisis será a corto plazo o a largo plazo (talud existente por varios años). La reducción de los parámetros compensaría la velocidad de carga durante un sismo en comparación a la velocidad de carga de ensayos estáticos. El mínimo factor de seguridad aceptable puede ser de 1 o 1.15, o de acuerdo con las deformaciones tolerables (Duncan, Wright, & Brandon, 2014).

3.3.2. Análisis Runout

Los análisis de runout son usados para la evaluación de riesgos, a través de la estimación de la distancia peligrosa, asociada al desplazamiento rápidos de la masa deslizada, que generalmente traen el desprendimiento de escombros y rocas.

El modelo constitutivo de Reología Friccional considera las fuerzas de resistencia al corte en la base de una masa que fluye donde son asumidas dependiendo del esfuerzo normal e independiente de la velocidad. Esta asunción implica que el perfil de velocidades verticales es indeterminado (Hungr & Evans, 1996).

$$\tau_{basal} = \sigma_z(1 - r_u)\tan(\varphi) \tag{15}$$

- τ_{basal} = resistencia al deslizamiento basal.
- σ_z = esfuerzo efectivo en la base de la superficie de deslizamiento.
- r_u = coeficiente de presión de poros
- φ = ángulo de fricción basal, $\tan(\varphi b) = (1 - r_u)\tan(\varphi)$,
- φb= ángulo de fricción basal, asociado a la resistencia en términos de esfuerzos totales.

3.3.3. Sismicidad en el Perú

La sismicidad en el Perú está dada el proceso de subducción de la Placa de Nazca en la Placa Sudamericana y el proceso de reajuste tectónico del Aparato Andino. Lo que hace que la distribución espacial de sismos no sea uniforme. En el Perú se diferencian tres zonas. La primera comprende el norte y centro que es compleja, donde gobiernan la actividad sísmica superficial. La zona sur, de mayor riesgo sísmico posee un modelo sísmico simple y regular, gobernado por el proceso de subducción. Con cuatro principales eventos sísmicos de una

periodicidad de un siglo. Desde el siglo XVI hasta el siglo XIX se tiene registro de sismos en ciudades principales. Lo cual no es representativo. Por otro lado, la data sobre la sismicidad instrumental se encuentra recopilada en el Catálogo Sísmico del Proyecto de Sismicidad de la Región Andina, que recopila información desde el año 1900. Considera registros sísmicos de magnitud m_b mayor igual a 4. Cada evento sísmico se considera aislado e independiente, se considera que cada evento sísmico tiene una distribución de Poisson. Por lo que se debe distinguir los registros de réplicas. A partir de 1963 los datos son más precisos para los registros sísmicos. Las fuentes sismogénicas se dividen en fuentes de subducción y continentales. En la cuales se clasifican 20 fuentes sismogénicas, con características particulares. Las fuentes continentales son las 6,7,8,9,10,11 y 12. El resto pertenecen a la fuente de subducción, clasificándose a su vez en superficial, intermedia y profunda (Castillo & Alva, 1993).

La elección del nivel de sismo debe estar en base al desempeño esperado y el nivel de riesgo en un análisis. El nivel de desempeño se selecciona dentro de un rango que varía de operativo hasta un estado cerca al colapso. Por otro lado, la selección del nivel de riesgo sísmico varía de un suceso frecuente hasta uno raro, es decir de menor probabilidad de ocurrencia (Carballo & Allin, 2000).

Respecto al peligro sísmico, se define por la probabilidad que en un lugar determinado ocurra un movimiento sísmico de una intensidad igual o mayor que un valor fijado. En general, se hace extensivo el término intensidad a cualquier otra característica de un sismo, tal como su magnitud, la aceleración máxima, el valor espectral de la velocidad, el valor espectral de la deformación del suelo, el valor medio de la intensidad Mercalli Modificada u otro parámetro. La ocurrencia de un evento sísmico es de carácter aleatorio y la Teoría de las Probabilidades es aplicable en el análisis del riesgo de su ocurrencia (Castillo & Alva, 1993).

3.3.4. Estimación de Riesgo por deslizamiento

Para la determinación del riesgo por deslizamiento de los acantilados de la Costa Verde en el sector de Barranco, se realizará una evaluación de peligros y vulnerabilidad de este sector.

La Vulnerabilidad podría describirse como “Afectación y perdida, que podría resultar de la ocurrencia de un evento adverso o de algún peligro natural en la ciudad” (Municipalidad Metropolitana de Lima, 2014). Por otro lado, peligro se define como “Situación o característica intrínseca de algo capaz de ocasionar daños a las personas, equipos, procesos y ambiente”

definición tomada del DS N° 024-2016-EM y su modificatoria DS N° 023-2017-EM (Ministerio de Energía y Minas, 2017).

En ese sentido se ha tomado la metodología Sistema de clasificación de Peligro e índice de estabilidad para botadero y reservas de mineral (WSRHC por sus siglas en inglés) (Hawley, 2017) y la adaptaremos para los fines que persigue este estudio. El sistema WSRHC, como lo indica su nombre, está pensado para la clasificación de peligros en botaderos y reservas de mineral desde un punto de vista de inestabilidad. En ese método se evalúan dos índices, uno de ingeniería geológica y otro de diseño y comportamiento. Se consideran en total 22 factores, divididos en 7 grupos, otorgando puntuaciones de rango variable, que sumados resultan en un índice de estabilidad para botaderos y reservas de mineral (WSR por sus siglas en ingles). El índice de estabilidad está relacionado a un nivel de peligro que va desde muy bajo a muy elevado. El puntaje máximo de esta metodología es 100 puntos, a mayor puntaje menor es la inestabilidad de la estructura y viceversa. La Figura 4 muestra un modelo esquemático de la metodología WSRHC para la evaluación de peligro.

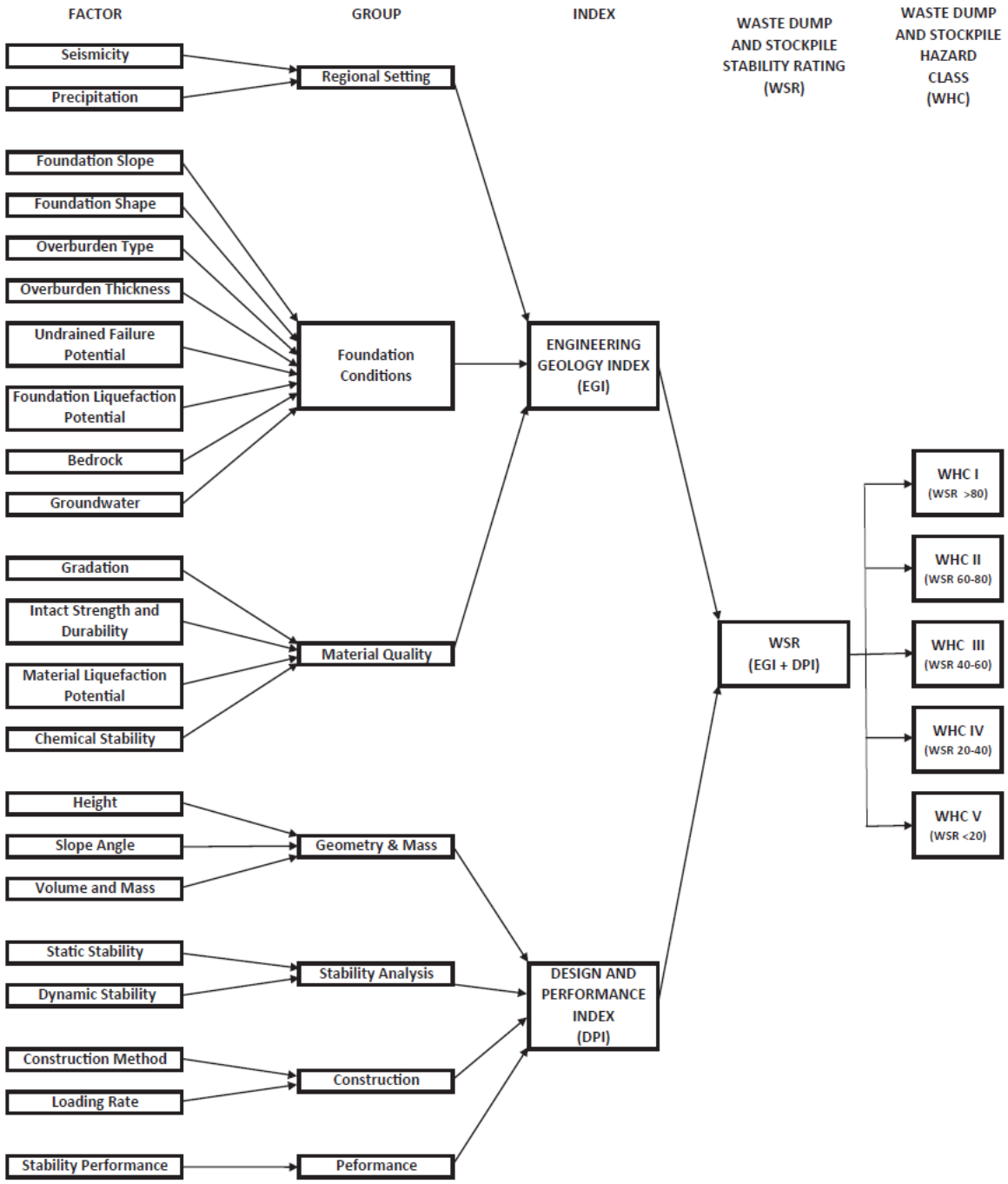


Figura 4. Esquema del sistema WSRHC.
Fuente: "Structure of the waste dump and stockpile stability rating and hazard classification (WSRHC) system" Hawley M. & Cunning J., 2017, *Guidelines for Mine Waste Dump and Stockpile Design* 3, p. 32.

A fin de adaptar el sistema WSRHC a las condiciones actuales de análisis, se reemplazará el grupo correspondiente a Construcción y en su lugar se evaluará el la Intervención, con fines de estabilidad o control, que presente el talud. Los demás factores pueden ser evaluados con los fines que se persigue.

Por otro lado, la vulnerabilidad será evaluada bajo los estándares que se emplearon en el Programa de Ciudades sostenibles (Municipalidad Metropolitana de Lima, 2014) aplicado a los sectores de interés específicos para la Costa Verde. En esta metodología se consideran las características de las viviendas, servicios básicos, lugares de concentración de personas, entre otros, siendo un total de 9 parámetros a considerar con puntuaciones variables entre 3 y 5, la puntuación máxima es 37. Luego, los valores son normalizados en relación con la puntuación máxima. Finalmente, se asocia a niveles de vulnerabilidad que van desde bajo a muy alto. Para la estimación de vulnerabilidad se incluirá factores de Cercanía a los acantilados para representar el grado de afectación ante un ocasional deslizamiento.

Para la obtención del Riesgo se empleará los datos obtenidos tanto de peligro como de vulnerabilidad a fin de estimar los daños ocasionados por deslizamiento en el sector de análisis para la Costa Verde – Barranco.

Capítulo IV: Hipótesis y Variables

4.1. Hipótesis General.

El nivel de riesgo por deslizamiento en el acantilado de la Costa Verde del distrito de Barranco será moderado.

4.2. Hipótesis Específicas.

Las hipótesis específicas son listadas a continuación:

- Los parámetros geotécnicos de los materiales que componen el acantilado de la Costa Verde, de acuerdo con el criterio de falla de Mohr Coulomb, tendrán un componente cohesivo relevante.
- El nivel de peligro asociado a las condiciones geológicas y de estabilidad física del acantilado de la Costa Verde será moderado.
- El nivel de vulnerabilidad asociada al entorno urbano del acantilado de la Costa Verde será moderado.
- El nivel de riesgo por deslizamiento en el acantilado de la Costa Verde y la respuesta sísmica de los sectores críticos serán moderados.

4.3. Identificación de Variable.

Acorde a la hipótesis descrita en las líneas posteriores se presenta en la
Tabla 1 las variables independientes y en la Tabla 2 las variables dependientes.

Tabla 1. Definición conceptual de las variables independientes.

Definición Conceptual Variables Independientes	
Cargas Sísmicas	Espectro de Peligro Uniforme para la zona de estudio.
Propiedades Geotécnicas	Son características físicas y de resistencia mecánica que simplifican el comportamiento complejo de un suelo o roca.
Escenario Regional	Elementos o agentes externo como la precipitación o nivel freático

Definición Conceptual Variables Independientes	
Superficie de Talud	Estudio topográfico que permita realizar mediciones de la forma, pendientes y diferencias de nivel.
Entorno Urbano	Descripción del entorno urbano dentro del área de estudio como edificaciones, vías peatonales, vehiculares o espacios públicos.

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 2. Definición conceptual de las variaables dependientes.

Definición Conceptual Variables Dependientes	
Deformaciones Permanente	Es el grado o magnitud de las deformaciones que se generen por cargas sísmicas en los taludes de estudio.
Análisis de Equilibrio Límite	Es la relación entre la fuerza resistente y la fuerza actuante
Nivel de Peligro	Es la medición de índices geológicos y desempeño del acantilado.
Nivel de Vulnerabilidad	Es la cuantificación de la valoración de los elementos urbanos en el entorno próximo al acantilado.
Nivel de Riesgo	Es la valoración cualitativa de los factores de riesgo aplicado a las condiciones específicas de sitio y de análisis.

Fuente: Elaboración propia.

4.4. Operacionalización de Variables.

La operacionalización de las variables independientes se presenta en la *Tabla 3*, de la misma forma la *Tabla 4* presenta lo correspondiente para las variables dependientes.

Tabla 3. Operacionalización de variables independientes.

Variable	Indicador	Medición
Cargas sísmicas	Espectro de Peligro Uniforme de sitio	s
	PGA	cm/s^2
Propiedades geotécnicas	Densidad	kN/m^3
	Cohesión	kPa
	Fricción	°
Escenario Regional	Precipitación	mm
	Nivel Freático	-
Superficie de Talud	Topografía	Curvas de Nivel
Entorno Urbano	Descripción de espacio urbano	-

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 4. Operacionalización de variables dependientes.

Variable	Indicador	Medición
Deformaciones Permanentes	Nivel de deformación	m
Análisis de Equilibrio Límite	Método de Spencer	Factor de seguridad
Nivel Peligro	Índice Geológico	Valoración de 0 a 50
	Índice de Desempeño	Valoración de 0 a 50
Nivel de Vulnerabilidad	Valoración del Entorno Urbano	Valoración 0 a 100
Nivel de Riesgo	Matriz de Riesgo	Valoración de “Muy bajo” a “Muy alto”

Fuente: Elaboración propia.

4.5. Matriz de Consistencia.

La matriz de consistencia muestra una tabla que resume el planteamiento y estrategia que se adoptará en la presente investigación. Se tiene la presentación de la problemática, planteamiento de objetivo e hipótesis de manera general y específica. Además, presenta el planteamiento de la variables dependientes e independientes. Adicionalmente, se muestra la metodología, la descripción de la población con la unidad de muestra, las técnicas de investigación y el uso de estadística. Esto se desarrolla en el Anexo A.

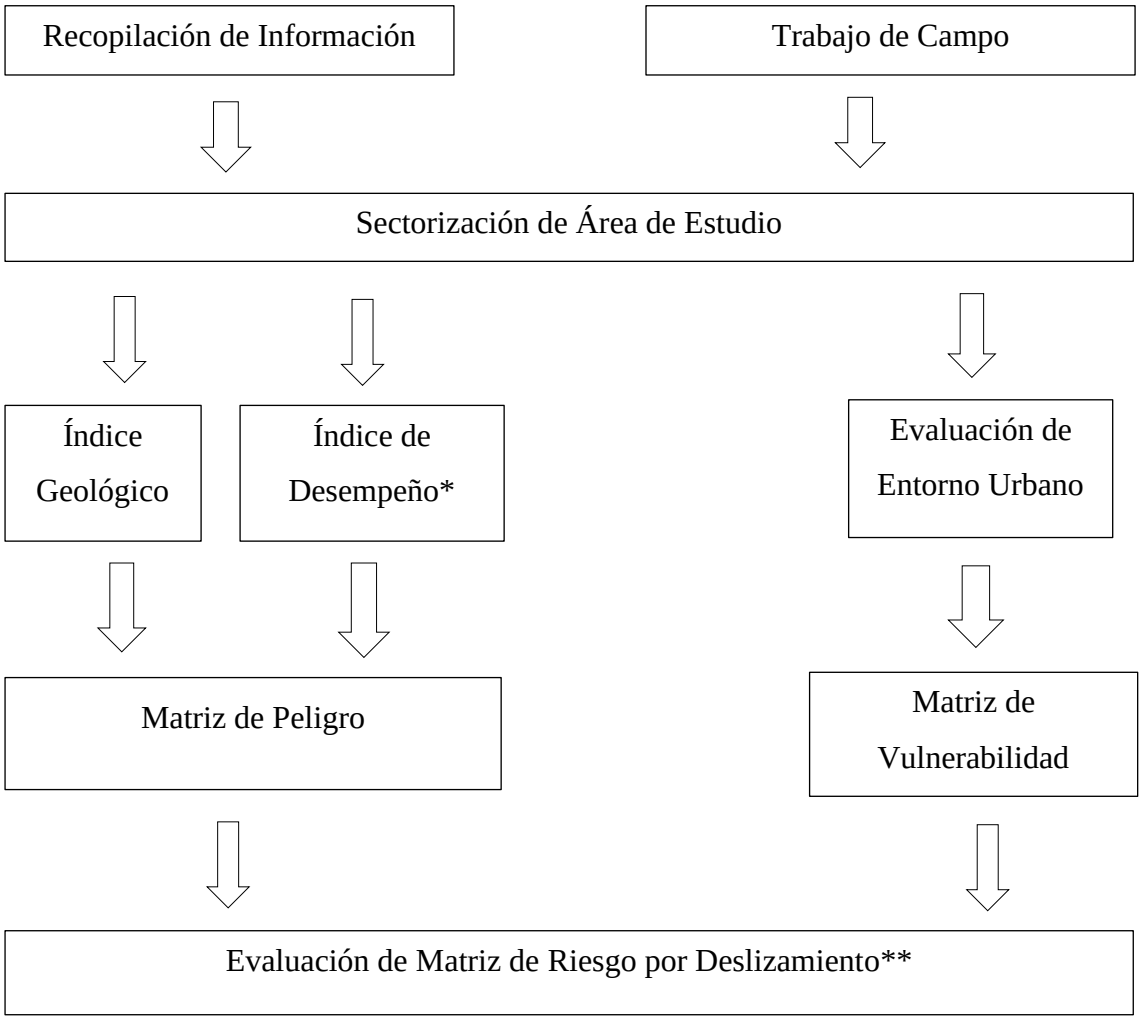
Capítulo V: Metodología

5.1. Tipo y Diseño de Investigación.

De acuerdo con el análisis de información, la investigación tendrá un enfoque cuantitativo. El cual se basa en la medición numérica de datos, los cuales a través de técnicas de investigación establecerán un patrón de comportamiento de la población (Borja, 2012). Se aplicarán metodologías de análisis de equilibrio límite y deformaciones permanentes que cuantifiquen la estabilidad física del talud. Así como la cuantificación de la valoración del peligro y vulnerabilidad para la determinación del riesgo por sectores delimitados que conforman la población de estudio.

El alcance de la investigación será de tipo correlacional. Este aspecto tiene la finalidad de establecer un grado asociativo entre dos conceptos cuantificados, analizados y con cierta vinculación (Hernández, Fernández, & Baptista, 2014). Por lo que, los análisis de estabilidad efectuados para cada sector se someterán una matriz asociada al nivel de riesgo entre los taludes analizados del acantilado de la Costa Verde en el distrito de Barranco.

El diseño de la investigación será no experimental de tipo transversal. Es decir, no se tendrá una manipulación intencional de las variables independientes de modo tal que se pueda analizar el fenómeno objeto de la investigación en su contexto natural, en un momento dado (Hernández, Fernández, & Baptista, 2014). Es decir, como primer paso se estimarán los parámetros del material que compone cada sector delimitado y su geomorfología a través de trabajos de campo, ensayos de laboratorio y recopilación histórica sobre el conglomerado de Lima. Así como parámetros sísmicos en base a un registro histórico sísmico típico y similar al espectro de respuesta de sitio, para la ciudad de Lima. Con ello se sectorizará el área de estudio. Luego, se dispondrá de secciones de talud seleccionados para evaluar su condición estática, pseudo-estática y dinámica de deformaciones permanentes. Se determinará peligro propio de cada sector de acuerdo con los índices geológicos y de desempeño. Por otro lado, se evaluará el entorno al cual está sujeto cada sector. Serán evaluadas las edificaciones existentes, vías vehiculares o peatonales, ciclovías, espacios públicos y vías de acceso, que estén comprendidas dentro del área de estudio. Con ello se determinará la vulnerabilidad del entorno. Finalmente entrará a una etapa de correlación de variables de cada unidad de análisis y determinar el nivel de riesgo asociado a cada tramo delimitado de la Costa Verde. Este procedimiento se muestra en la *Figura 5*.



Nota:

* Se calcularán las deformaciones permanentes por métodos simplificados para los casos pseudoestático en que el FS<1.

** El área de estudio será la suma de las evaluaciones de riesgo discretizada por sector.

Figura 5. Esquema General de Diseño de Investigación.
Fuente: Elaboración Propia.

5.2. Unidad de Análisis.

La unidad de análisis es un sector seleccionado de acuerdo con las características geológicas y su entorno urbano inmediato del acantilado de la Costa Verde. El cual constará de materiales de suelo por estratos con parámetros de resistencia, estáticos y dinámicos preestablecidos. Además de su entorno sobre y al pie del talud, con relación a las edificaciones existentes, vías de acceso y circulación peatonal, ciclovía, vía vehicular y zona de playa.

5.3. Población de estudio.

La población de la investigación se limitará a la zona geográfica de los acantilados de la Costa Verde dentro del distrito de Barranco, en la ciudad de Lima, como se muestra en la Figura 6. El cual abarca aproximadamente 1 km de la zona costera de la ciudad de Lima. Con un ancho aproximado de cien metros del eje del talud.

Figura 6. Ubicación del área de estudio comprendido en el Distrito de Barranco.
Fuente: Adaptado de Google Maps.

En su entorno existen zonas de vivienda y espacios públicos en la parte superior del talud. Y en la parte baja, se tiene una vía rápida de doble sentido, cada cual con tres carriles. Así como, una ciclovía, una vía peatonal y espacio recreativo de playa. En cuanto al acceso dentro de la zona de estudio, de la parte superior y la zona de la playa dentro del distrito de Barranco a la parte baja, se tiene el acceso peatonal conocido como “Bajada de baños”, que conecta el parque municipal y la zona turística de Barranco con la playa. Parte de este tramo, se apoya en el talud del acantilado de la Costa Verde, que luego con un puente conecta a la playa Barranco. Esta playa conecta a su vez con la playa Los Yuyos y Las sombrillas. Ver *Figura 7*.

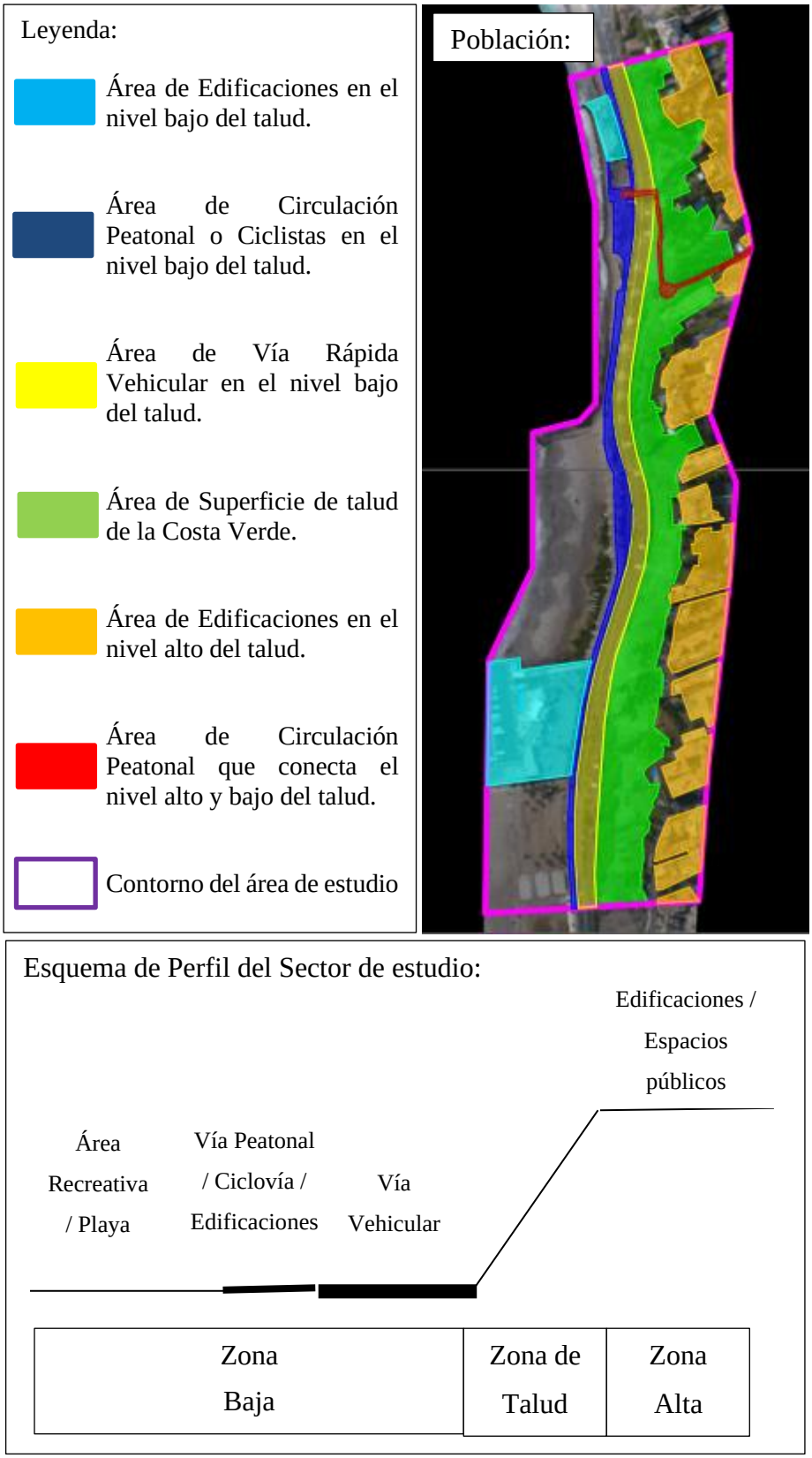


Figura 7. Características del Área de Estudio.
Fuente: Elaboración Propia.

5.4. Tamaño de Muestra.

La muestra será tipo no probabilística. Porque la investigación busca delimitar secciones geográficas dentro del área de estudio y evaluar individualmente cada subsector. Por tanto, se definirá la unidad muestral como una zona geográfica que abarca una distancia definida de acuerdo con los cambios de las condiciones del entorno observada de la Costa Verde, en el distrito de Barranco. Dentro de cada cual se tomará la unidad de análisis definida anteriormente.

La población se subdivide en diecisiete unidades muestrales, con anchos efectivos de acción variables. Los cuales componen el área de estudio total.

5.5. Selección de Muestra.

La selección de muestra será según el contexto del entorno urbano y la geomorfología del acantilado de la costa verde. De acuerdo con los fines de la investigación de analizar la estabilidad, se seleccionarán secciones críticas de talud dentro de cada sector, los cuales se complementarán con otras características de acuerdo con las matrices de peligro y vulnerabilidad. Con ello se podrá determinar el riesgo por deslizamiento en el acantilado de la Costa Verde, por tramos dentro del distrito de Barranco.

5.6. Técnicas de Recolección de Datos.

Para la recolección de información, se proyectan técnicas que permitirán el procesamiento de la realidad a conceptos medibles y contrastables, para su validez y confiabilidad.

Como primera técnica se tiene la observación. Constará sobre la percepción ilustrada del entorno de la población de estudio como la topografía. El estudio topográfico comprenderá un análisis altimétrico de curvas de nivel que permitirá la evaluación de la altura del talud, la pendiente del talud, la distribución física del entorno urbano. Permitirá la sectorización de las unidades muestrales. Por otro lado, la fotogrametría permitirá la comprensión de la topografía con el entorno urbano al cual está sujeto el acantilado de la cota verde.

Por otro lado, las pruebas estandarizadas que se emplearán para caracterizar el material que compone el acantilado de la Costa Verde, son las siguientes:

- Ensayo de Granulometría por tamizado, ASTM D-422;
- Ensayo de Límite de Atterberg, ASTM D-4318;
- Ensayo de Contenido de Humedad, ASTM D-2216;
- Ensayo de granulometría por sedimentación, ASTM D-7928;

- Ensayo de peso volumétrico, ASTM D-2937; y
- Ensayo de Compresión Triaxial Consolidado No Drenado (CU), ASTM D-4767.

5.7. Análisis e interpretación de la información.

Para el análisis de datos, primero se empleará una estadística descriptiva para el ordenamiento de la recolección de datos como las medidas de tendencia central. Es decir, se obtendrá un valor promedio para los parámetros de resistencia de los materiales de suelo que componen el acantilado. Así como la variabilidad como contraste en fórmulas de correlación sobre los mismos indicadores. Se utilizarán tablas programadas en Microsoft Excel. Luego se empleará una estadística inferencial, que generalizará los resultados obtenidos a los materiales involucrados. Con esto, los parámetros de caracterización de material serán válidos para el análisis de todas las unidades muestrales.

En cuanto a la utilización de softwares, para el procesamiento de análisis se empleará con fines de análisis de estabilidad. El programa Slide V6, permitirá evaluar la estabilidad de por equilibrio límite. El software DAN-W para evaluar deslizamientos súbitos dada una falla predefinida. La premisa básica del análisis consiste en que una falla provoca un deslizamiento (movimiento de masa) asociado a un volumen predefinido de suelo o roca, moviéndose en la dirección de la pendiente del terreno, siguiendo un alineamiento con una dirección y ancho definido. La masa puede arrastrar material adicional del camino y eventualmente depositarse, cuando alcanza pendientes que son lo suficientemente planas ("el área de deposición"). El modelo implementa una solución lagrangianaa unidimensional de las ecuaciones de movimiento y es capaz de usar varias relaciones reológicas alternativas (Hungr, 1995). Métodos Simplificados para la estimación de desplazamiento permanentes. Así como el aplicativo de Servicio Web para la determinación del Peligro Sísmico de SENCICO.

Capítulo VI: Procedimiento y Método de Análisis

6.1. Sectorización de área de estudio

El área de estudio se delimita dentro del distrito de Barranco correspondiente al acantilado de la costa verde y el entorno urbano al cual está sujeto. El entorno se desarrolla a lo largo de un tramo de la "Playa Barranco" aproximadamente a 270 de la "Bajada de Baños", abarca la "Playa Los Yuyos" y parte de la "Playa Las Sombrillas" hasta el límite con el distrito de Chorrillos. Se distinguen tres zonas dentro del área. La zona alta se compone de edificaciones y espacios públicos. La zona del talud se compone de la superficie inclinada del acantilado de la costa verde. Sobre esta zona se desarrolla parcialmente la vegetación, así como, tramos con elementos de control de caída de rocas. Además, sobre el acantilado se desarrolla el acceso peatonal conocido como "Bajada de Baños" que conecta la zona turística de Barranco, que está en la parte alta, con la playa. Y por último se tiene la zona baja. Esta se compone de una vía vehicular rápida, de tres carriles por sentido. Seguido a ello está una ciclovía y la circulación peatonal que distribuye a las personas a lo largo de las playas de Barranco.

La Sectorización se realiza a partir de la observación de la topografía en conjunto con la fotogrametría del área de estudio. Cada sector se delimitó de acuerdo con las características topográficas. Además, se identificaron las edificaciones existentes, la altura que tenían y la disposición de la distancia hacia el talud. De esta manera cada sector se diferencia de otra por sus características, resultando que los sectores abarquen tramos diferenciados entre sí. Ver Figura 8, un mayor detalle de la distribución espacial de cada sector se muestra en los Anexos E.1, E.2 y E.3. Ver también Anexo B para la descripción del entorno urbano y geológico de cada sector.

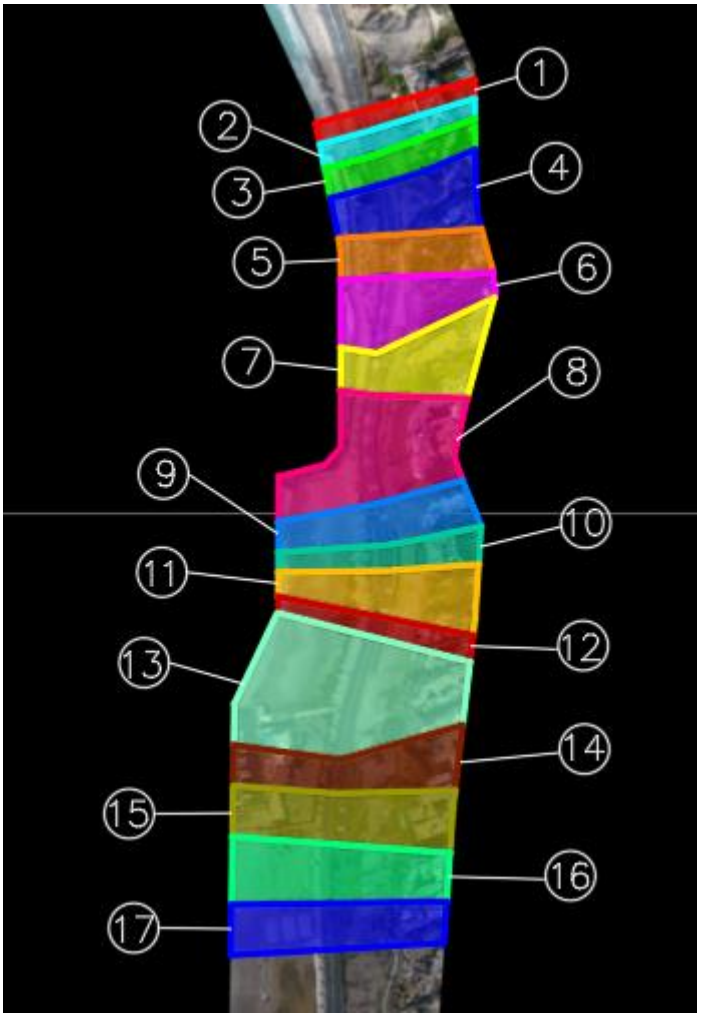


Figura 8. Sectorización del área de estudios en el distrito de Barranco.
Fuente: Elaboración propia.

Para ver las referencias fotográficas de cada sector de estudio, ver el Anexo G.

Sector 1: (KM 0+000 – 0+025)

Este sector comprende un tramo aproximado de 25 metros lineales del acantilado. En la zona alta se ubica una edificación de 8 niveles a 5 metros del talud. La zona del talud está cubierta parcialmente de vegetación y una malla para el control preventivo de caída de rocas. Tiene una altura aproximada de 45m y un pendiente promedio aproximada de 34.54°. En la zona baja tenemos la vía vehicular rápida con tres carriles por cada sentido de la vía. Además de una ciclovía y vereda para el recorrido peatonal. Por último, se tiene la “Playa los Pavos” de un ancho aproximado de 8 metros.

Sector 2: (KM 0+025 – 0+054.5)

Este sector comprende un tramo aproximado de 29.5 metros lineales del acantilado. En la zona alta se ubica una edificación de 11 niveles a 30 metros del talud. La zona del talud no

presenta vegetación, sin embargo, tiene una malla para el control preventivo de caída de rocas. Tiene una altura aproximada de 36m y un pendiente promedio aproximada de 34.08°. En la zona baja tenemos la vía vehicular rápida con tres carriles por cada sentido de la vía. Luego hay una ciclovía y vereda para el recorrido peatonal. Seguido a ello se tiene un local comercial de 2 niveles. Por último, se tiene la "Playa de Barranco" de un ancho aproximado de 5 metros.

Sector 3: (KM 0+054.5– 0+090)

Este sector comprende un tramo aproximado de 35.5 metros lineales del acantilado. En la zona alta se ubica un conjunto de edificaciones de 3 pisos distribuidos en distintos niveles, que se desarrollan inmediatamente a lado del talud. La zona del talud está parcialmente cubierta por vegetación, además tiene una malla para el control preventivo de caída de rocas. Tiene una altura aproximada de 35m y un pendiente promedio aproximada de 32.25°. En la zona baja tenemos la vía vehicular rápida con tres carriles por cada sentido de la vía. Luego hay un espacio de estacionamiento y vereda para el recorrido peatonal. Seguido a ello se tiene un local comercial de 2 niveles. Por último, se tiene la "Playa de Barranco" de un ancho aproximado de 3 metros.

Sector 4: (KM 0+090– 0+150)

Este sector comprende un tramo aproximado de 60 metros lineales del acantilado. En la zona alta se ubica un conjunto de edificaciones de entre 2 a 5 pisos distribuidos en distintos niveles, que están ubicados aproximadamente a 15 m del talud. La zona del talud está parcialmente cubierta por vegetación, además tiene una malla para el control preventivo de caída de rocas. Tiene una altura aproximada de 50 m y un pendiente promedio aproximada de 32.95°. En la zona baja tenemos la vía vehicular rápida con tres carriles por cada sentido de la vía. Luego hay una vereda para el recorrido peatonal y una zona amplia de estacionamiento. Por último, se tiene la "Playa de Barranco" de un ancho aproximado de 5 metros.

Sector 5: (KM 0+150– 0+200)

Este sector comprende un tramo aproximado de 50 metros lineales del acantilado. En la zona alta se ubica un conjunto de edificaciones de hasta 2 pisos distribuidos en distintos niveles, que están ubicados aproximadamente a 25 m del talud. Además, hay un espacio de uso público conocido como "El Mirador Catalina". La zona del talud está parcialmente cubierta por vegetación, además tiene una malla para el control preventivo de caída de rocas. Tiene una altura aproximada de 46 m y un pendiente promedio aproximada de 32.57°. Sobre la superficie del talud se desarrollan un acceso peatonal, que dentro del sector 5 abarca 48 m, con anchos que varían de 2 a 2.5 m. Este camino se conecta por su extremo norte con un puente peatonal

de aproximadamente 23 m que lo conecta a la zona de playa. Y por su extremo sur da continuidad a la “Bajada de Baños”. En la zona baja tenemos la vía vehicular rápida con tres carriles por cada sentido de la vía. Luego hay una zona amplia de estacionamiento, una ciclovía y una vereda para el recorrido peatonal. Por último, se tiene la “Playa de Barranco” de un ancho aproximado de 7 metros.

Sector 6: (KM 0+200– 0+290)

Este sector comprende un tramo aproximado de 90 metros lineales del acantilado. En la zona alta se ubica un conjunto de edificaciones, de uso comercial, de 2 pisos ubicados aproximadamente a 30 m del talud. Además, hay un espacio de uso público conocido como “El Mirador Catalina”. La zona del talud está parcialmente cubierta por vegetación, además tiene una malla para el control preventivo de caída de rocas. Tiene una altura aproximada de 49 m y un pendiente promedio aproximada de 29.24°. Sobre la superficie del talud se desarrollan un acceso peatonal, que dentro del sector 6 abarca 62 m, con anchos que varían de 2.5 a 3.5 m. Esta vía se conecta por su lado sur con un Mirador el cual a su vez conecta el acceso peatonal de “Bajada de Baños” de aproximadamente 200 m con la zona turística del distrito de Barranco en la parte alta. En la zona baja tenemos la vía vehicular rápida con tres carriles por cada sentido de la vía. Luego hay una zona amplia de estacionamiento, una ciclovía y una vereda para el recorrido peatonal. Por último, se tiene la “Playa de Barranco” de un ancho aproximado de 7 metros.

Sector 7: (KM 0+290– 0+340)

Este sector comprende un tramo aproximado de 50 metros lineales del acantilado. En la zona alta se ubica un conjunto de edificaciones de hasta 6 pisos ubicados aproximadamente a 35 m del talud. La zona del talud está parcialmente cubierta por vegetación, además tiene una malla para el control preventivo de caída de rocas. Tiene una altura aproximada de 47 m y un pendiente promedio aproximada de 34.69°. El sector 7 y 6 comparten su conexión con el Mirador y el acceso peatonal de “Bajada de Baños” de aproximadamente 200 m, que se conecta con la zona turística del distrito de Barranco en la parte alta. En la zona baja tenemos la vía vehicular rápida con tres carriles por cada sentido de la vía. Luego hay una ciclovía y una vereda para el recorrido peatonal. Por último, se tiene la “Playa de Barranco” de un ancho aproximado de 6 metros.

Sector 8: (KM 0+340– 0+470)

Este sector comprende un tramo aproximado de 130 metros lineales del acantilado. En la zona alta se ubica un conjunto de edificaciones de 11 pisos ubicados aproximadamente a 15 m

del talud. La zona del talud está parcialmente cubierta por vegetación, además tiene una malla para el control preventivo de caída de rocas. Tiene una altura aproximada de 37 m y un pendiente promedio aproximada de 35.57°. En la zona baja tenemos la vía vehicular rápida con tres carriles por cada sentido de la vía. Luego hay una ciclovía y una vereda para el recorrido peatonal. Por último, se tiene un tramo de la "Playa de Barranco" de un ancho aproximado de 4 metros y un tramo de la "Playa Los Yuyos" con un ancho aproximado de 62 m.

Sector 9: (KM 0+470– 0+520)

Este sector comprende un tramo aproximado de 50 metros lineales del acantilado. En la zona alta se ubica un conjunto de edificaciones de 3 pisos ubicados aproximadamente a 4.6 m del talud. La zona del talud no presenta vegetación, sin embargo, tiene una malla para el control preventivo de caída de rocas. Tiene una altura aproximada de 49 m y un pendiente promedio aproximada de 36.26°. En la zona baja tenemos la vía vehicular rápida con tres carriles por cada sentido de la vía. Luego hay una zona de estacionamiento, una ciclovía y una vereda para el recorrido peatonal. Por último, se tiene la "Playa Los Yuyos" con un ancho aproximado de 62 m.

Sector 10: (KM 0+520– 0+550)

Este sector comprende un tramo aproximado de 30 metros lineales del acantilado. En la zona alta se ubica un conjunto de edificaciones de 12 pisos ubicados aproximadamente a 13 m del talud. La zona del talud no presenta vegetación, sin embargo, tiene una malla para el control preventivo de caída de rocas. Tiene una altura aproximada de 39 m y un pendiente promedio aproximada de 38.57°. En la zona baja tenemos la vía vehicular rápida con tres carriles por cada sentido de la vía. Luego hay una zona de estacionamiento, una ciclovía y una vereda para el recorrido peatonal. Por último, se tiene la "Playa Los Yuyos" con un ancho aproximado de 60 m.

Sector 11: (KM 0+550– 0+605)

Este sector comprende un tramo aproximado de 55 metros lineales del acantilado. En la zona alta se ubica un conjunto de edificaciones de 2 pisos ubicados aproximadamente a 16.5 m del talud. La zona del talud presenta poca vegetación, por otro lado, tiene una malla para el control preventivo de caída de rocas. Tiene una altura aproximada de 50.3 m y un pendiente promedio aproximada de 41.41°. En la zona baja tenemos la vía vehicular rápida con tres carriles por cada sentido de la vía. Luego hay una zona de estacionamiento, una ciclovía y una vereda para el recorrido peatonal. Por último, se tiene la "Playa Los Yuyos" con un ancho aproximado de 60 m.

Sector 12: (KM 0+605– 0+630)

Este sector comprende un tramo aproximado de 25 metros lineales del acantilado. En la zona alta se ubica un conjunto de edificaciones de 2 pisos ubicados aproximadamente a 2 m del talud. La zona del talud presenta poca vegetación, por otro lado, tiene una malla para el control preventivo de caída de rocas. Tiene una altura aproximada de 50.2 m y un pendiente promedio aproximada de 42.37°. En la zona baja tenemos la vía vehicular rápida con tres carriles por cada sentido de la vía. Luego hay una ciclovía y una vereda para el recorrido peatonal. Por último, se tiene la "Playa Los Yuyos" con un ancho aproximado de 60 m.

Sector 13: (KM 0+630– 0+780)

Este sector comprende un tramo aproximado de 50 metros lineales del acantilado. En la zona alta se ubica un conjunto de edificaciones de hasta 3 pisos ubicados aproximadamente a 16 m del talud, además de una vía vehicular de bajo tránsito a 4.5 m del talud. La zona del talud está parcialmente cubierta con vegetación, además, tiene una malla para el control preventivo de caída de rocas. Tiene una altura aproximada de 50 m y un pendiente promedio aproximada de 34.8°. En la zona baja tenemos la vía vehicular rápida con tres carriles por cada sentido de la vía. Luego hay una ciclovía y una vereda para el recorrido peatonal. Por último, se tiene un tramo de la "Playa Los Yuyos" con un ancho aproximado de 60 m y un club privado de embarcaciones pequeñas.

Sector 14: (KM 0+780– 0+820)

Este sector comprende un tramo aproximado de 40 metros lineales del acantilado. En la zona alta se ubica un conjunto de edificaciones de hasta 3 pisos ubicados aproximadamente a 45 m del talud. La zona del talud está parcialmente cubierta con vegetación, además, tiene una malla para el control preventivo de caída de rocas. Tiene una altura aproximada de 48.4 m y un pendiente promedio aproximada de 33.06°. En la zona baja tenemos la vía vehicular rápida con tres carriles por cada sentido de la vía. Luego hay una ciclovía y una vereda para el recorrido peatonal. Por último, se tiene un club privado de embarcaciones pequeñas.

Sector 15: (KM 0+820– 0+880)

Este sector comprende un tramo aproximado de 60 metros lineales del acantilado. En la zona alta se ubica un conjunto de edificaciones de hasta 5 pisos ubicados aproximadamente entre 15 a 25 m del talud. La zona del talud está parcialmente cubierta con vegetación, además, tiene una malla para el control preventivo de caída de rocas. Tiene una altura aproximada de 48 m y un pendiente promedio aproximada de 32.47°. En la zona baja tenemos la vía vehicular

rápida con tres carriles por cada sentido de la vía. Luego hay una ciclovía y una vereda para el recorrido peatonal. Por último, se tiene un club privado de embarcaciones pequeñas.

Sector 16: (KM 0+880– 0+950)

Este sector comprende un tramo aproximado de 70 metros lineales del acantilado. En la zona alta se ubica un conjunto de edificaciones entre 2 a 4 pisos ubicados aproximadamente a 20 m del talud, hay una vía vehicular de bajo tránsito a 10 m del talud y un malecón a lado del talud. La zona del talud está parcialmente cubierta con vegetación, además, tiene una malla para el control preventivo de caída de rocas. Tiene una altura aproximada de 48 m y un pendiente promedio aproximada de 33.6°. En la zona baja tenemos la vía vehicular rápida con tres carriles por cada sentido de la vía. Luego hay una ciclovía y una vereda para el recorrido peatonal. Por último, se tiene la "Playa Las Sombrillas" con un ancho aproximado de 100 m.

Sector 17: (KM 0+950– 1+004)

Este sector comprende un tramo aproximado de 54 metros lineales del acantilado. En la zona alta se ubica un conjunto de edificaciones de 3 pisos ubicados aproximadamente a 15 m del talud, además, hay una vía vehicular de bajo tránsito a 6 m del talud. La zona del talud está parcialmente cubierta con vegetación, además, tiene una malla para el control preventivo de caída de rocas. Tiene una altura aproximada de 46 m y un pendiente promedio aproximada de 34.35°. En la zona baja tenemos la vía vehicular rápida con tres carriles por cada sentido de la vía. Luego hay una ciclovía y una vereda para el recorrido peatonal. Por último, se tiene la "Playa Las Sombrillas" con un ancho aproximado de 100 m.

6.2. Caracterización Geotécnica

6.2.1. Investigaciones Geotécnicas de Laboratorio

Como parte de la investigación geotécnica para esta investigación se logró recopilar un total de 7 muestras, no todas estas fueron recolectadas en barranco debido a que no se obtuvo autorización de las entidades correspondientes. La Tabla 5 resume la ubicación de las muestras recolectadas. En el Anexo G se muestran las imágenes de las muestras recolectadas.

Tabla 5. Ubicación de muestras recolectadas

Lugar de procedencia	Código	Coordenada UTM		Profundidad
		Norte	Este	(m)
Chancadora Excalibur	M-1	8 646 187	288 295	Superficial

Lugar de procedencia	Código	Coordenada UTM		Profundidad
		Norte	Este	(m)
Chancadora Excalibur	M-2	8 646 187	288 295	Superficial
Miraflores	M-3	8 659 588	277 751	Superficial
Carmen de la Legua	M-4	8 668 334	272 252	Superficial
Carmen de la Legua	M-5	8 668 334	272 252	Superficial
Barranco	M-6	8 657 313	279 935	3.00
Barranco	M-7	8 657 313	279 935	3.00

Fuente: Elaboración Propia.

Los ensayos de laboratorio se llevaron a cabo en las muestras de suelo recolectadas en las labores de campo. Los ensayos realizados en el laboratorio geotécnico INGEOTEST y los estándares que rigen estos, son listados a continuación.

- Ensayo de Clasificación de Suelos (SUCS):
  - Análisis Granulométrico, ASTM D-422;
  - Límites de Atterberg, ASTM D-4318; y
  - Contenido de Humedad, ASTM D-2216.
- Análisis granulométrico por sedimentación, ASTM D-7928.
- Peso volumétrico, ASTM D-2937.
- Compresión Triaxial Consolidado No Drenado, ASTM D-4767.

Ensayos Índice en Mecánica de Suelos. -

En las muestras obtenidas en las labores de campo se llevaron a cabo ensayos estándar de laboratorio con fines de identificación y clasificación según el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS). Las propiedades índices de los suelos ensayados se resumen en la Tabla 6 en términos de granulometría, límites de plasticidad y contenido de humedad natural.

Tabla 6. Índices de mecánica de suelos.

Muestra	Profundidad (m)	SUCS	Grava (%)	Arena (%)	Finos (%)	LL	IP	W (%)
M-01	Superficial	GP	69	24	7	N.P.	N.P.	1.00
M-02	Superficial	GP	76	22	2	N.P.	N.P.	1.00
M-03	Superficial	GP	50	30	20	22	7	1.00

Muestra	Profundidad (m)	SUCS	Grava (%)	Arena (%)	Finos (%)	LL	IP	W (%)
M-04	Superficial	GP	58	28	14	N.P.	N.P.	1.00
M-05	Superficial	GP	66	29	5	N.P.	N.P.	1.00
M-06	3.00	CL	0	27	73	29	12	2.00
M-07	3.00	CL	3	10	87	37	18	3.00

Fuente: Elaboración propia.
Abreviaturas:
SUCS : Sistema Unificado de Clasificación de Suelos.
LL : Límite Líquido.
IP : Índice Plástico.
W : Contenido de Humedad
N.P. : No presenta.

Análisis granulométrico por sedimentación. -

A fin de conocer la distribución granulométrica inferior a la malla N°200 del material fino que conforma los acantilados de la Costa Verde se realizó el análisis granulométrico por sedimentación. Los resultados son resumidos en la Tabla 7.

Tabla 7. Análisis granulométrico por sedimentación.

Muestra	Profundidad (m)	SUCS	Grava (%)	Arena (%)	Limos (%)	Arcillas (%)	Coloides (%)
M-06	3.00	CL	0.00	27.00	48.55	9.85	14.60

Fuente: Elaboración propia.
Abreviaturas:
SUCS : Sistema Unificado de Clasificación de Suelos.

Las curvas granulométricas resumidas en la Tabla 6 y Tabla 7 son mostradas gráficamente en la Figura 9.

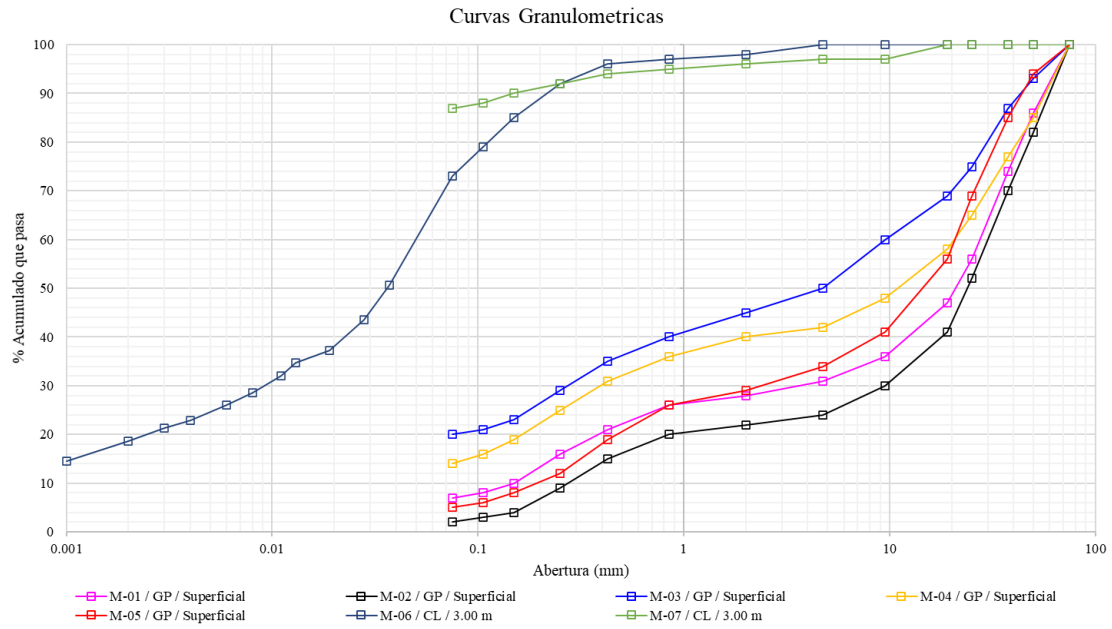


Figura 9. Curvas granulométricas
Fuente: Elaboración Propia

Esto se puede observar en contraposición a la recopilación de ensayos de macro granulometrías del material conglomerado, ver Figura 10.

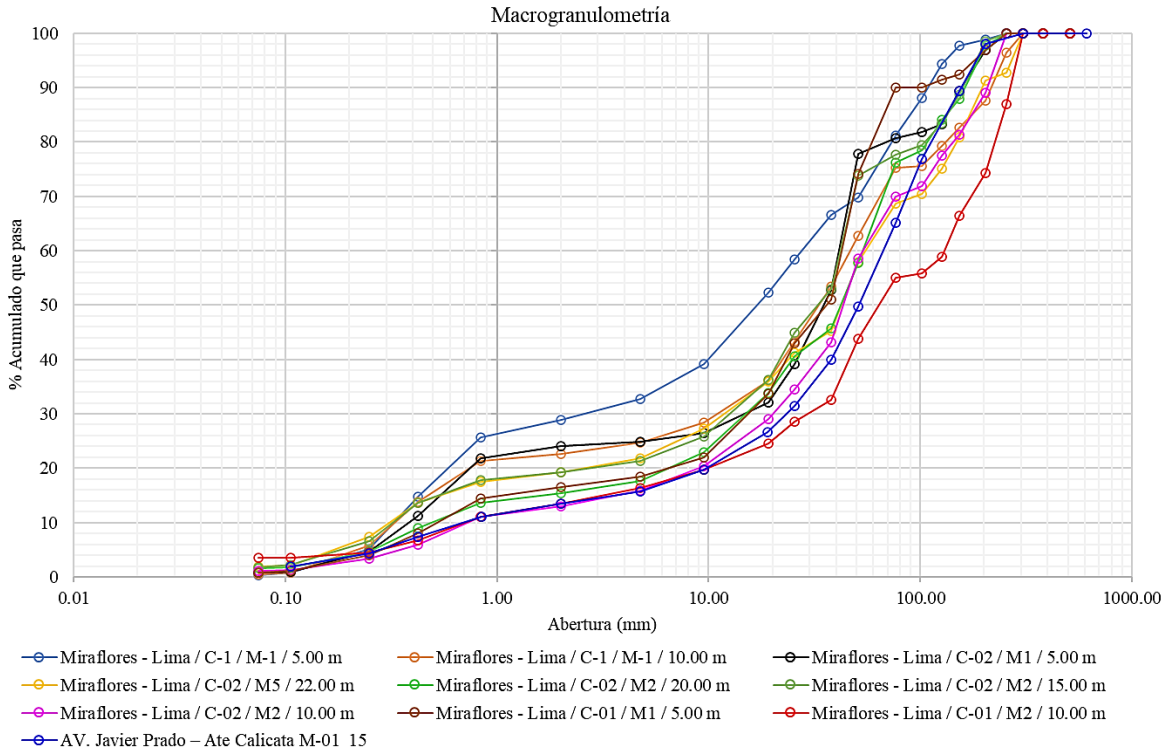


Figura 10. Recopilación de ensayos macro granulométricos.
Fuente: Tomado de varios autores.

Peso Volumétrico. -

Para conocer la densidad in situ de las muestras de material fino, se realizó un ensayo de peso volumétrico (densidad natural). Estos valores fueron empleados para el remoldeo de la muestra de material fino, los resultados son resumidos en la Tabla 8.

Tabla 8. Resumen del ensayo de peso volumétrico.

Muestra	Profundidad (m)	SUCS	Densidad Natural (g/cm^3)	Densidad Seca (g/cm^3)	Cont. Humedad (%)
M-06	3.00	CL	2.028	1.950	4.00

Fuente: Elaboración propia.
Abreviaturas:
SUCS : Sistema Unificado de Clasificación de Suelos.

Ensayos de corte triaxial. -

A fin de conocer las propiedades de resistencia del material fino se ha realizado el ensayo triaxial de tipo consolidado no drenado (CU) a una muestra remoldeada a la densidad natural. Los resultados se muestran en la Tabla 9 fueron estimados para un grado deformación de 15%.

Tabla 9. Resumen de ensayo triaxial CU - Material fino.

Muestra	SUCS	Diámetro (mm)	D. S. (g/cm3)	W (%)	σ_3 (kPa)	C' (kPa)	ϕ' (°)	C (kPa)	ϕ (°)
M-06	CL	35	1.970	4.00	175, 300 y 700	13.8	30.7	239.6	17.9

Fuente: Elaboración propia.
Abreviaturas:
SUCS: Sistema Unificado de Clasificación de Suelos.
D.S.: Densidad seca.
W: Contenido de humedad.
σ3: Esfuerzo de confinamiento.
C: Cohesión
ϕ: Angulo de fricción interna.

Los registros de los ensayos de laboratorio ejecutados para el presente estudio se muestran en el Anexo F.

6.2.2. Parámetros Geotécnicos

En las visitas a campo se identificó dos materiales que conforman los acantilados de la Costa Verde: El conglomerado y lentes de materiales que varían entre arenas medias a Limos. Para la estimación de los parámetros de resistencia de estos materiales se compiló diversos ensayos de corte directo realizados tanto en campo como en laboratorio, y un ensayo triaxial de tipo CU realizado por (Granados, 2006) al material fino. En ambos casos se ha buscado conocer las condiciones de esfuerzo, densidad, humedad, velocidad de ensayos, entre otros aspectos a fin de identificar tendencias en los resultados de ensayos.

Parámetros de Resistencia al Cortante del Conglomerado. -

En la recopilación de información para determinar los parámetros de resistencia de la Costa Verde, se encontró mucha información de ensayos de corte directo, alguno de ellos a gran escala, in situ y de laboratorio para el material conglomerado. De toda la información que se encontró, se realizó un primer filtro por la ubicación del ensayo, descartando ensayos en distrito no costeros. Otro filtro que se realizó fue el de conocer las condiciones en las que se llevó acabo los ensayos, los parámetros de velocidad de corte, densidad, niveles de esfuerzo y deformación en muchos de los casos no eran reportado o de libre acceso. La finalidad de realizar estos filtros fue la de verificar la fiabilidad de los resultados de los ensayos recopilados y la de entender el comportamiento, principalmente, del material conglomerado que dadas sus características físicas representa un reto su estudio y caracterización. Estos dos filtros redujeron considerablemente la cantidad de ensayos disponibles, ello conllevó a realizar un análisis de estabilidad únicamente determinístico.

Entonces, finalmente se tomaron en consideración para determinar los parámetros de resistencia los ensayos a los cuales se les pudieron constatar las condiciones de ensayo y que fueron realizados a los materiales de la zona costera de Lima.

Para el conglomerado, material predominantemente granular con matriz arenosa, se compiló un total de 08 ensayos de corte directo a gran escala. Los valores obtenidos en los ensayos son resumidos en la Tabla 10.

Tabla 10. Recopilación de ensayos de Corte Directo a gran escala – Material Conglomerado

Referencia	Valores Pico		Valores Post Pico	
	Esfuerzo Vertical (kPa)	**Esfuerzo Cortante (kPa)**	**Esfuerzo Vertical (kPa)**	**Esfuerzo Cortante (kPa)**
Alva, 2008[1]	49.03	73.55	-	-
	98.07	129.45	-	-
	147.10	149.06	-	-
(Raygada, 2011)[2]	108.85	101.99	-	-
	196.13	177.50	-	-
	299.10	272.62	-	-
(Cañari & Alva, 2001)	49.03	101.01	49.03	69.63
	98.07	125.53	98.07	98.07
	147.10	186.33	147.10	140.24
(Basurto, 2010)	49.03	78.45	49.03	47.07
	98.07	121.60	98.07	93.16
	196.13	210.84	196.13	174.56
(Basurto, 2010)	49.03	115.72	49.03	56.88
	98.07	154.95	98.07	99.05
	196.13	245.17	196.13	176.52
(UNI, 2013)	49.03	96.11	49.03	63.74
	98.07	147.10	98.07	115.72
	196.13	270.66	196.13	201.04
(UNI, 2016)	49.03	81.40	49.03	53.94
	98.07	131.41	98.07	112.78
	196.13	227.51	196.13	224.57
(CISMID, 2017)	49.03	81.40	49.03	49.03
	98.07	120.62	98.07	103.95
	196.13	239.38	196.13	224.57

Fuente: Elaboración Propia.
Nota:
1. Ensayo referenciado en la tesis de (Basurto, 2010).
2. Durante el ensayo no se alcanzó un valor post Pico.

De los valores recopilados se identificó una tendencia de tipo lineal, particularmente de los valores pico. Aunque cabe la posibilidad de que la parte superficial del acantilado de la Costa

Verde se encuentre en condición residual, por su formación y constante erosión. Los valores pico de cada ensayo fueron empleados para el ajuste lineal dado que se busca una superficie de falla global. Los valores al no ser empleados en un proceso de diseño, sino para evaluación de la condición actual de la Costa Verde, es factible aislar los valores pico, y no los posts pico como es habitual en los procesos de diseño.

En ese sentido, se realizó un ajuste de regresión lineal para determinar la envolvente promedio de resistencia al cortante del material de conglomerado, con un nivel significativo del 5%. Se determinó como variable independiente al esfuerzo vertical y como variable dependiente al esfuerzo cortante. La Ecuación (16) muestra la relación estadística entre la variable predictora y la variable de respuesta.

$$Esfuerzo\ Cortante\ (kPa) = 47.62 + 0.8583 * Esfuerzo\ Vertical\ (kPa) \quad (16)$$

La evaluación de los coeficientes se muestra en la Tabla 11, sobre los cuales se puede observar un valor p menor a 0.05. Esto quiere decir que los coeficientes son significativos al modelo estimado, con un gran valor predictor con la variable de respuesta.

Tabla 11. Coeficientes de la Regresión Lineal – Conglomerado.

Término	Coeficiente	Valor p
Constante	47.62	0.000
Esfuerzo Vertical (kPa)	0.8583	0.000

Fuente: Elaboración propia.
Nota:
1. Valores determinados en base a los parámetros pico.
Abreviatura:
Valore P: Indicador de la prueba de normalidad.

De la evaluación de residuos del modelo que se muestra la Figura 11 se pueden notar cuatro salidas gráficas. Habiéndose evaluado 24 datos, del histograma se puede notar simetría en los datos con una mínima cantidad de valores atípicos que se alejan de la agrupación de datos. En la gráfica de ajustes vs residuos se puede observar una distribución aleatoria a ambos lados del valor cero. Se observa una mínima cantidad de valores atípicos que se alejan del grupo de datos y un valor en la dirección X que se aleja del grupo de datos, que puede considerarse un punto influyente. Se podría deducir que la varianza de los residuos aumenta con el valor ajustado, aunque es mínima. De la gráfica de orden vs residuos se verifica una mínima tendencia o patrón en los puntos. Pero podría considerarse que los residuos son independientes unos de otros. Por

último, de la gráfica de probabilidad normal se verifica que los residuos están distribuidos normalmente, ya que los datos se aproximan a seguir una línea recta. No hay evidencia de no normalidad. Además, en la Tabla 12 se muestra un valor p mayor a 0.05, con lo que no se puede asegurar que no sigue una distribución normal. Con ello se puede se notar un modelo lineal adecuado en cuanto a la evaluación de residuos, con ciertos valores atípicos.

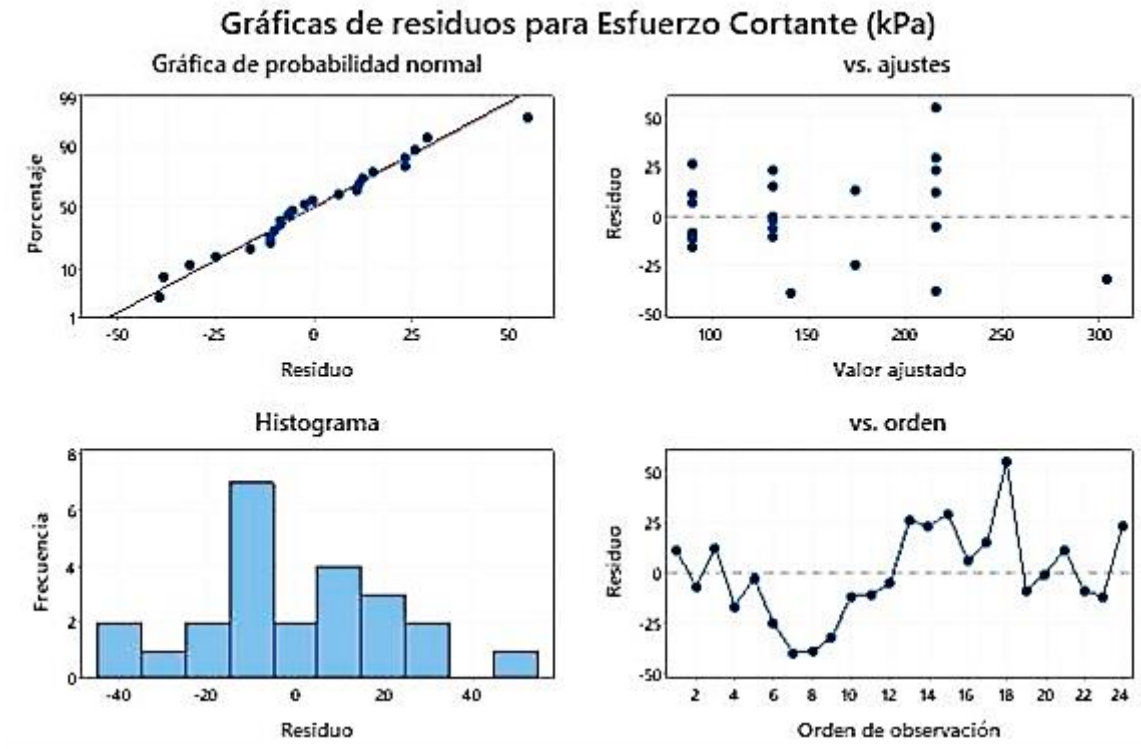


Figura 11. Gráficos de residuos del modelo lineal – Conglomerado.
Fuente: Elaboración propia.

Tabla 12. Valores de la probabilidad de residuos del modelo lineal - Conglomerado

Material	Media	Desviación estándar	N	Valor p
Conglomerado	1.125026E-14	22.60	24	0.718

Fuente: Elaboración propia.
Nota:
1. Valores determinados en base a los parámetros pico.
Abreviatura:
N: cantidad de datos analizados.
Valore P: Indicador de la prueba de normalidad.

Por último, se verifica la bondad de ajuste del modelo lineal determinará que tan bien se ajustan los datos al modelo. En la Tabla 13 se muestra los valores de bondad de ajuste. Para el modelo se calculó de un valor R-cuadrado, o coeficiente de determinación, de 87.03%. Esto

quiere decir que el modelo explica en un 87.03% la variabilidad de los datos de respuesta. Además de mostrar una desviación estándar de 23.11 kPa.

Tabla 13. Valores de bondad de modelo lineal - Conglomerado

Material	S	R-cuadrado	R-cuadrado (ajustado)	R-cuadrado (predictor)
Conglomerado	23.1107	87.03%	86.44%	83.48%

Fuente: Elaboración propia.
Nota: Se determinó a partir de valores pico.
Abreviatura:
S: Desviación estándar.

Entonces, revisado que el ajuste lineal de los datos recopilados de los ensayos de corte a gran escala se puede definir unos parámetros de resistencia promedio para el conglomerado, enmarcado para los fines de la investigación. La Figura 12 muestra los valores pico de los ensayos de corte directo, así como la envolvente de falla promedio. Los parámetros de resistencia determinados para el material conglomerado fueron una cohesión de 47.62 kPa y un ángulo de fricción interna de 40.64°, a partir de la tendencia central del ajuste lineal de los valores pico. El ajuste lineal se realizó con una desviación estándar de 23.11 kPa. Por lo que se calculó un límite inferior y superior de control adicionando al modelo lineal promedio menos y más dos veces la desviación estándar calculada.

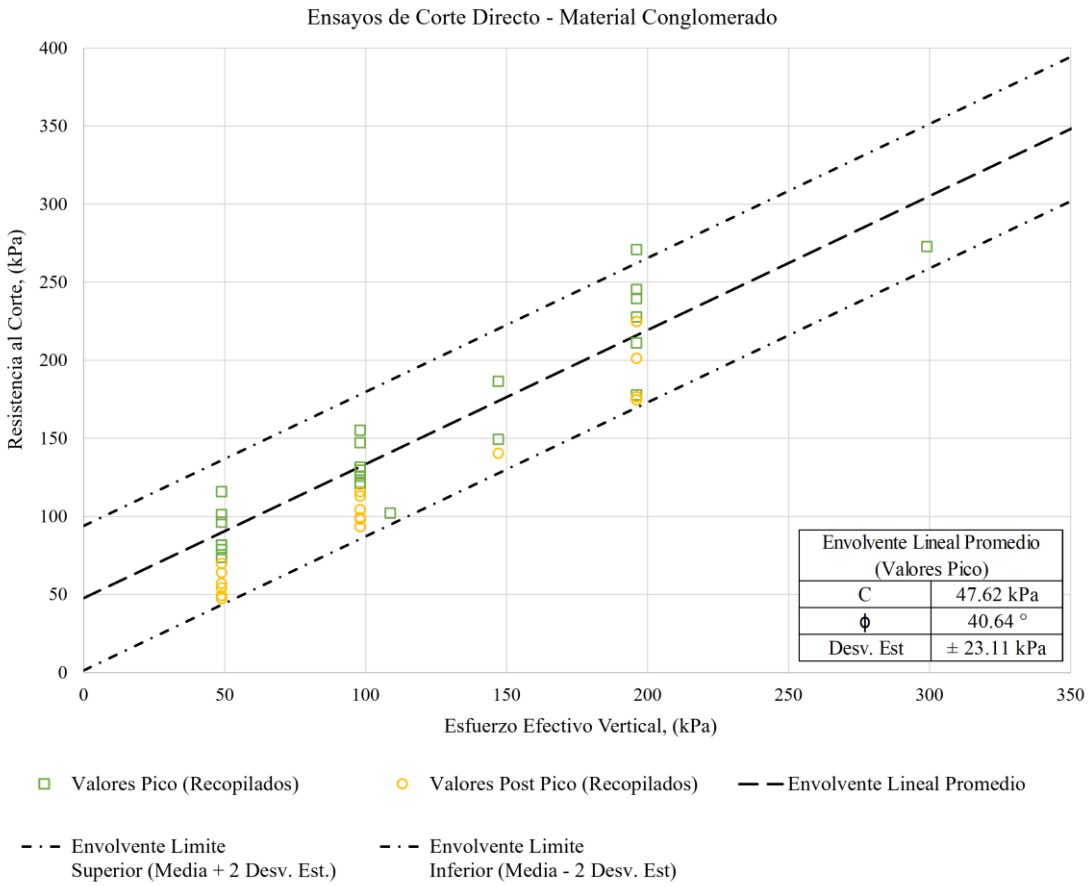


Figura 12. Ensayos de Corte Directo – Conglomerado.
Fuente: Elaboración Propia.

Parámetros de Resistencia al Cortante del Material Fino. -

Para el material fino, material que varía entre limos y arcillas, se compilo un total de 4 ensayos de Corte Directo y 1 ensayo Triaxial del tipo CU. Los valores compilados se muestran en la Tabla 14.

Tabla 14. Recopilación de ensayos de Corte Directo a gran escala – Material Fino

Referencia	Distrito	Valores Pico		Valores Post Pico	
		Normal (kPa)	Corte (kPa)	Normal (kPa)	Corte (kPa)
(Cañari & Alva, 2001)	San Miguel	49.01	107.87	49.01	35.30
		98.01	141.22	98.01	81.40
		196.02	246.15	196.02	161.81
	Magdalena	49.01	43.15	49.01	39.23

Referencia	Distrito	Valores Pico		Valores Post Pico	
		Normal (kPa)	**Corte (kPa)**	**Normal (kPa)**	**Corte (kPa)**
		98.01	70.61	98.01	66.69
		196.02	121.60	196.02	107.87
	Chorrillos (Ensayo en Laboratorio)	98.01	240.26	98.01	123.56
		196.02	451.11	196.02	174.56
		392.04	579.57	392.04	286.35
	Chorrillos (In situ)	196.02	208.88	196.02	206.92
		392.04	291.26	392.04	291.26
		578.26	420.71	578.26	414.82
(Granados, 2006)	Barranco	-		C'= 39.2 kPa y ϕ'= 20° C= 46.1 kPa y ϕ= 16°	

Fuente: Elaboración Propia.

De los valores recopilados, se identificó una tendencia lineal en los valores pico y post pico. En este caso los rangos de valores pico y post pico se traslapan. La *Figura 13* muestra los valores de resistencia obtenidos en los ensayos de corte.

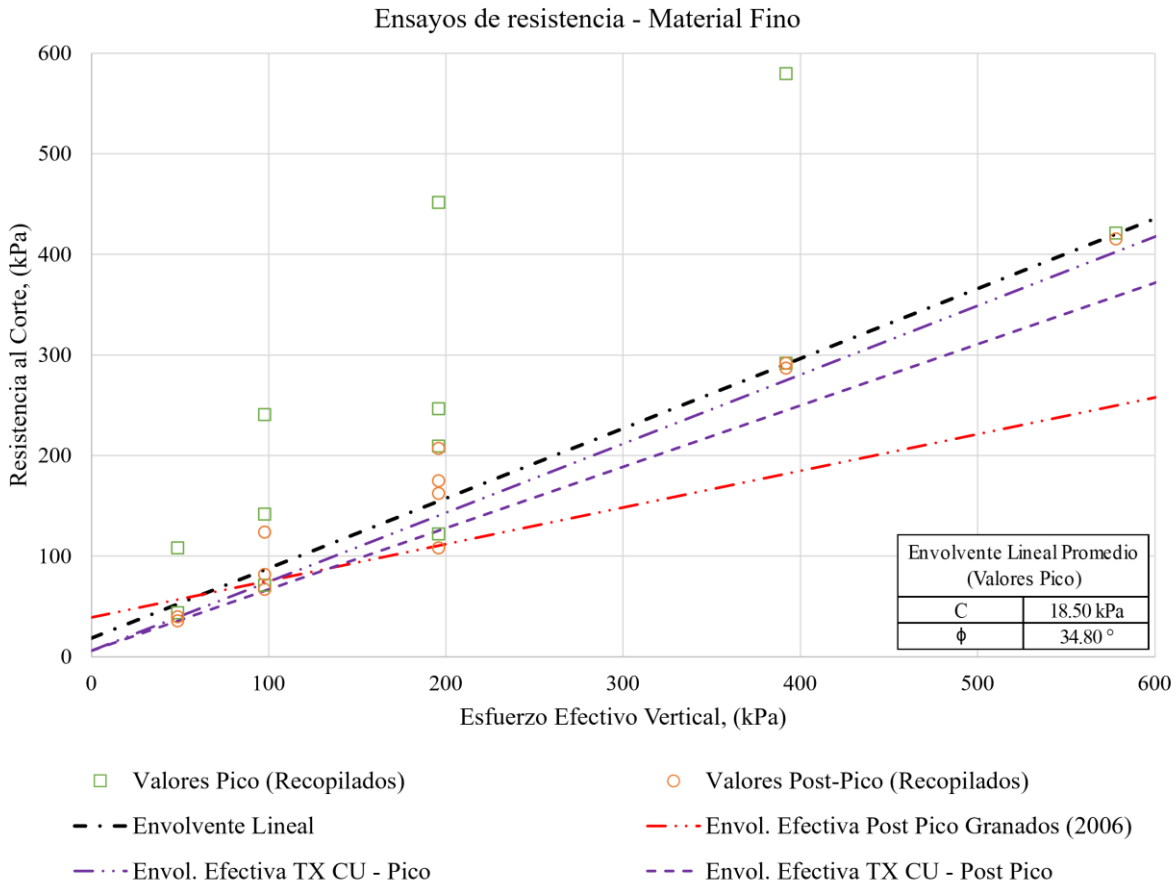


Figura 13. Ensayos de Corte – Material Fino.
Fuente: Elaboración Propia.

Parámetros para el análisis Runout. –

Para los análisis de runout se empleó el modelo reológico friccionante, explicado previamente. Al no contar con información suficiente de un deslizamiento en los sectores analizados para calibrar un modelo de runout, se optó por analizar los límites superiores e inferiores asociados a los materiales que conforman la Costa Verde, de los cuales se obtendrían distancias de derrumbe mínimas y máximas, respectivamente. Como límite superior se ha considerado que los materiales perderían su componente cohesiva, por lo que se redondeó los valores de ángulo de fricción obtenidos en las Figura 12 y Figura 13. Para los límites inferiores se estimó los ángulos de fricción de la Figura 14 (Ameratunga, Sivakugan, & Das, 2016) de acuerdo con el tipo de material. Si bien es cierto que esta gráfica es aplicable únicamente a materiales granulares, se ha tomado como referencia para estimar el mínimo valor de ángulo de fricción para cada tipo de material.

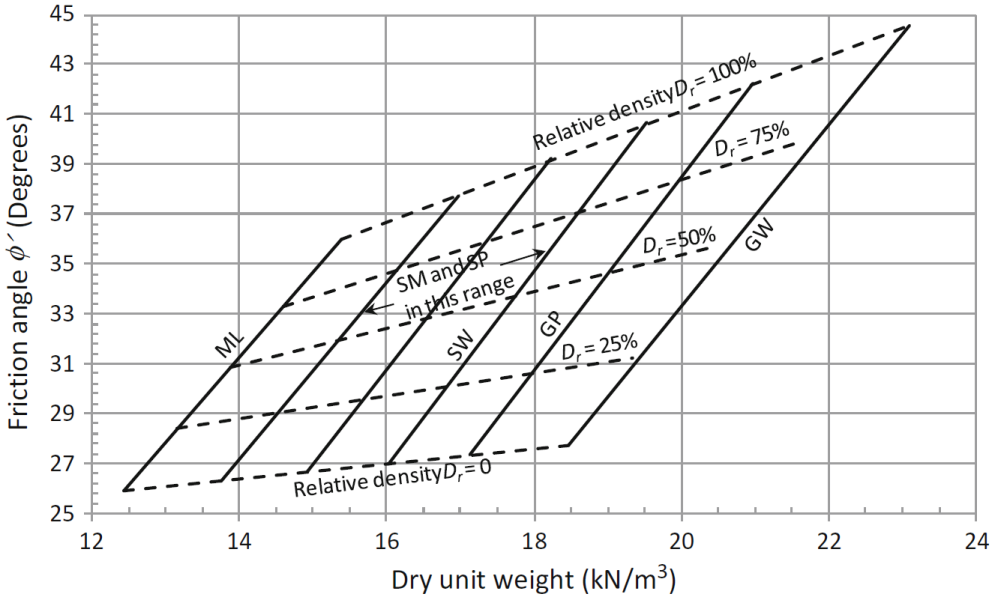


Figura 14. Angulo de fricción de suelos granulares.
Fuente: "Friction angles of granular soils", por J. Ameratunga, N. Sivakugan y B. Das, 2016, Correlations of soil and rock properties in geotechnical engineering, 3, p. 67.

Los parámetros empleados en el análisis de runout se muestran en la Tabla 15.

Tabla 15. Resumen de parámetros para análisis de runout.

Material	**Densidad (kN/m3)**	**Ángulo de fricción interna**	
		Límite superior	Límite inferior
Conglomerado	21	41°	28°
Fino	17	35°	26°

Fuente: Elaboración propia

6.3. Matriz de Peligro

Se desarrolló la matriz de peligro para los fines de la investigación, adaptando la matriz de Hawley M. (2017). En la Tabla 16 se muestra los factores evaluados para cada sector determinado previamente. Dentro de cada sector se determinó al menos una sección del talud, la más desfavorable de acuerdo con la topografía y condiciones urbanas, para poder determinar la valoración de la matriz de peligro. En el caso donde haya más de una sección se tomará el resultado más desfavorable para la valoración. El sistema de puntuación de cada factor se detalla en el Anexo C.1. En general, algunos factores han sido desestimado por no tener correlación directa con el caso de análisis. Para el índice geológico el puntaje por cada grupo se ha mantenido según lo propuso el autor. Para el índice de desempeño, los grupos de

‘Construcción’ y ‘Comportamiento’ han sido reemplazado por los grupos de ‘Intervención’ y ‘Runout’ respectivamente. Inicialmente los grupos de ‘Construcción’ y ‘Comportamiento’ sumaban 30 puntos, al realizar el cambio los grupos de ‘Intervención’ y ‘Runout’ han sido limitado a 10 puntos cada uno y los 10 puntos de diferencia fueron distribuidos proporcionalmente en el grupo de ‘Análisis de estabilidad’.

Tabla 16. Matriz de Peligro

Metodología	Índice	Grupo	Factor	Puntaje Mínimo	Puntaje Máximo
Índice de Peligro	Índice Geológico (EGI)	Escenario Regional	Sismicidad	0	2
			Precipitación	0	8
		Condiciones de fundación	Forma de Fundación	0	4
			Material de fundación	0	9
			Nivel freático	0	7
		Calidad del Material	Gradación	0	10
			Resistencia intacta	0	10
	Índice de desempeño (DPI)	Geometría y masa	Altura	0	4
			Angulo de talud	0	4
			Superficie susceptible a Derrumbe	0	2
		Análisis de estabilidad	Estabilidad estática	0	14
			Estabilidad Pseudo-estática	0	6
		Intervención	Grado de Intervención	0	10
		Runout	Distancia de derrumbe promedio	0	10
Total (IP = EGI + DPI)				**0**	**100**

Fuente: Adaptado de Hawley M. & Cunning J. (2017)

Se identifican dos grupos principales, el Índice Geológico y el Índice de Desempeño, los cuales tienen el mismo peso de calificación en la matriz. El Índice Geológico está condicionado, en el sistema de evaluación, al escenario regional, las condiciones de fundación y la calidad del material. El Índice de Desempeño está condicionado a la geometría y masa, el análisis de estabilidad, la intervención y el Runout. La evaluación de caída de rocas no forma parte de este estudio debido a la mitigación de este suceso con las medidas preventivas adoptadas por la Municipalidad de Barranco, lo que se calificará en este aspecto es la calidad

de las medidas adoptadas en el factor de grado de intervención en la matriz. La incidencia o peso de cada grupo se muestra en la Figura 15.

Entrando a detalle, se tiene el desarrollo de los factores que finalmente tienen un sistema de calificación. En la Figura 16 se muestra la incidencia o peso de participación dentro de la matriz de peligro.

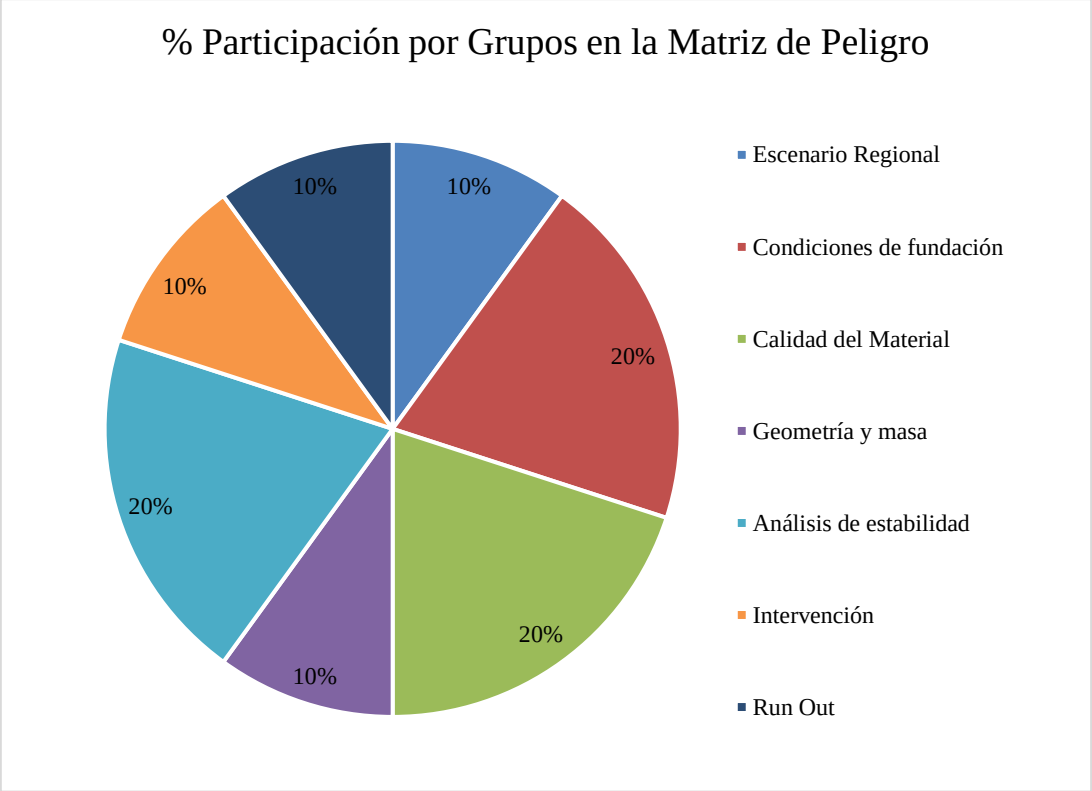


Figura 15. Porcentaje de participación de grupos en la matriz de peligro.
Fuente: Elaboración propia.

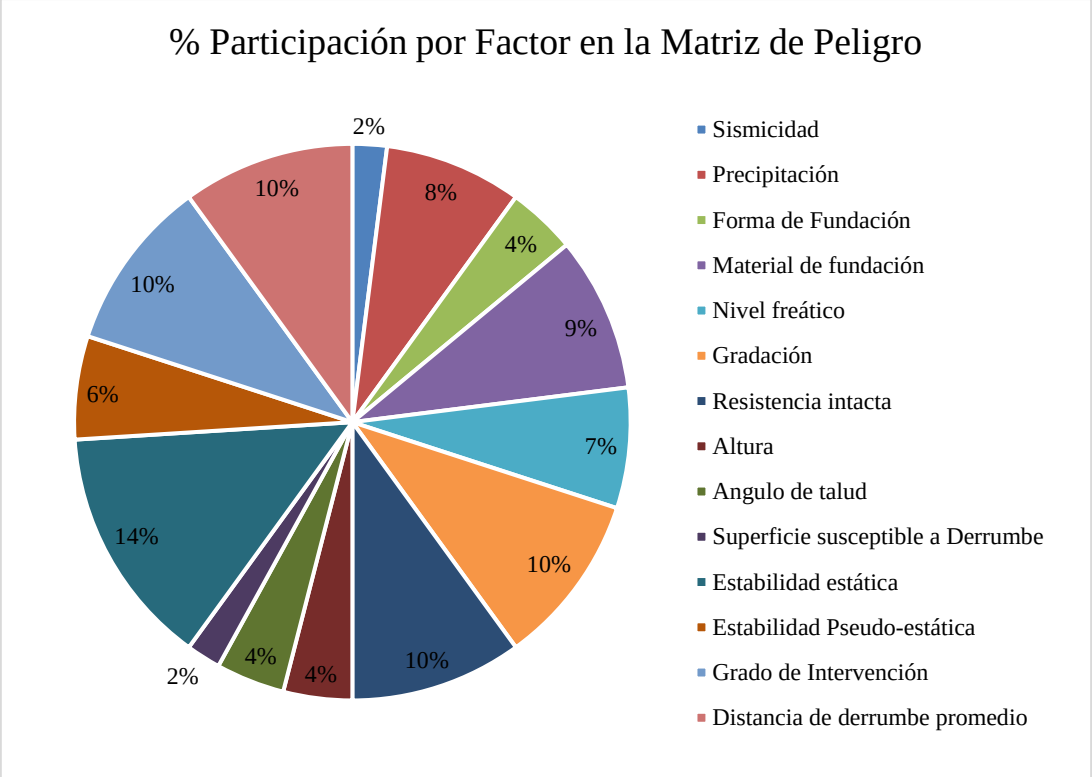


Figura 16. Porcentaje de participación de factores en la matriz de peligro.
Fuente: Elaboración propia.

El sistema de calificación dentro de la matriz tiene un puntaje mínimo de cero y uno máximo de cien puntos. En este sistema entre mayor sea la puntuación significará que el peligro es menor. En la Tabla 17 se observa los rangos de valoración de acuerdo con el puntaje obtenido. Estas valoraciones son Peligro muy bajo, bajo, moderado, alto y muy alto.

Tabla 17. Valoración de la Matriz de Peligro

Puntaje	Grupo	Nivel de Peligro
80-100	I	Peligro muy bajo
60-80	II	Peligro bajo
40-60	III	Peligro moderado
20-40	IV	Peligro alto
<20	V	Peligro muy alto

Fuente: Adaptado de Hawley M. & Cunning J. (2017)

6.3.1. Geología

Geología Regional. –

El cono de deyección del río Rímac lo conforma el material aluvial de estructura lentiforme entrelazada de depósitos superpuestos de cantos rodados, arena, arcilla y limos. Ello se observa en la cara expuesta de los acantilados de la Costa Verde. Adicionalmente, los depósitos fluviales han sido depositados durante la última etapa del Pleistoceno y forman un "abanico fluvial". El cono de deyección del río Rímac va desde Santa Clara al Este, Morro Solar al Sur y Bocanegra al Norte. La formación de los acantilados se debe al proceso erosivo causado por el mar. Generalmente, el perfil de los taludes no es uniforme, y los dos tercios inferiores son casi verticales, mientras que el tercio superior tiene un ángulo de aproximadamente 35° (Cañari & Alva, 2001).

Geología Local. -

En la zona de Barranco existe el depósito aluvial, Qp-al en la Figura 17, que forma los conos deyectivos de los ríos Chillón, Rímac y Lurín que alcanza espesores de hasta 600 m. La litología comprende conglomerados, conteniendo gravas y bloques, de rocas de tipo principalmente intrusivas y volcánicas, con un matriz de arenas y arcillas, así como arenas con diferente granulometría, y en menor proporción limos y arcillas, correspondiente al Pleistoceno. Además, está presente el depósito marino, Qh-m en la Figura 17, que comprende acumulaciones de arena, limo y gravas retrabajados, distribuidos por corrientes a lo largo del litoral producto de la erosión y disgregación de las rocas del acantilado, así como materiales acarreados por ríos al océano. Estos se constituyen principalmente por arenas de grano medio a fino, de color gris amarillento conteniendo cuarzo, micas y ferromagnesianos; y en menor proporción limos no consolidados de color gris claro conteniendo restos de conchas marinas. (Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico, 2020)

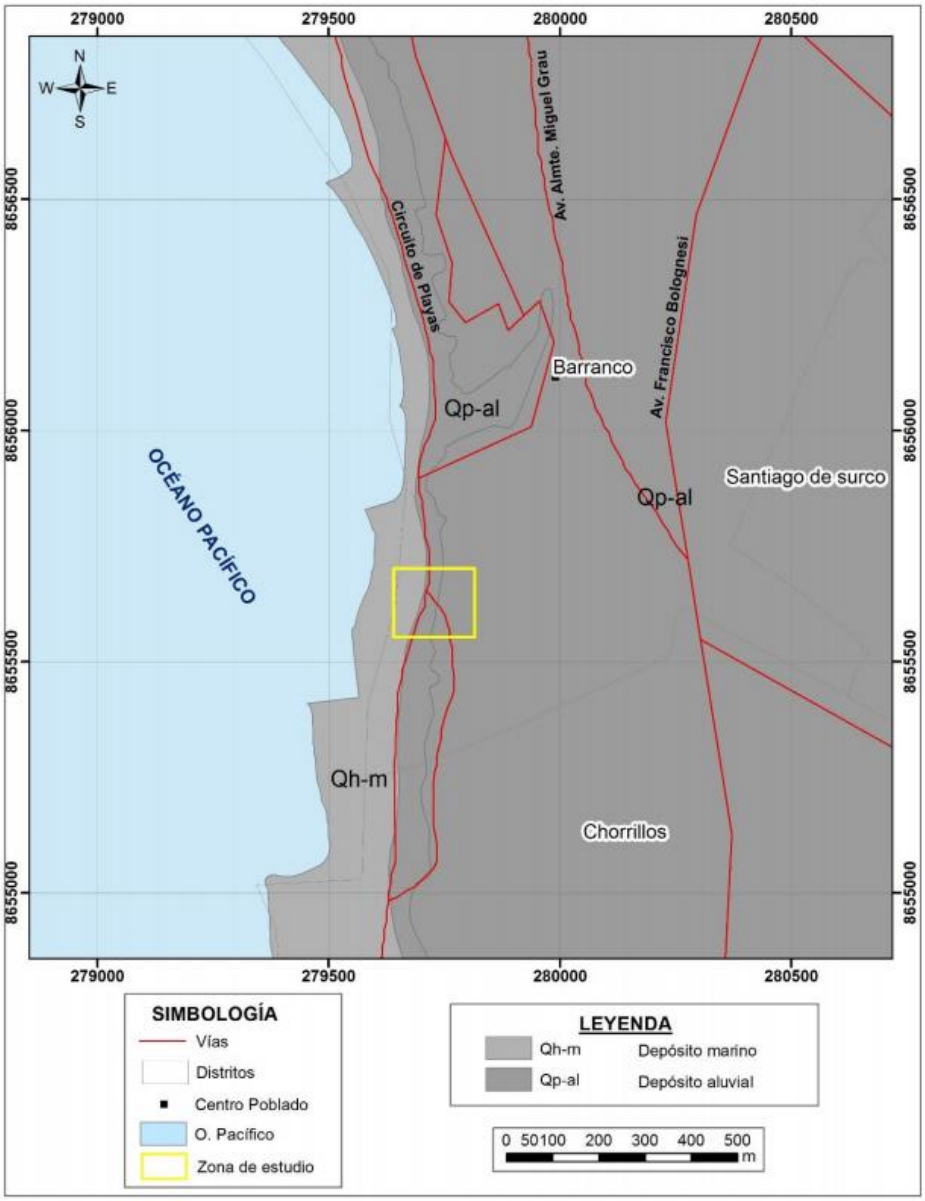


Figura 17. Mapa Geológico Local de la zona de Barranco.
Fuente: "Mapa geológico de la zona inspeccionada" INGEMMET, 2020, *Evaluación de peligros geológicos por movimientos de masa en el Malecón Pedro de Osma – Acantilado de la Costa Verde*, p. 7.

6.3.2. Análisis de Estabilidad

Para el análisis de Estabilidad, previa definición por sectores, se determinaron secciones del talud dentro de cada sector. Siendo estás las más desfavorables de acuerdo con la topografía. Se definieron al menos una sección. Donde se requería se definieron hasta tres secciones. En esos casos, para el sistema de puntuación de la matriz de tomó los análisis de estabilidad de la sección más desfavorable.

Los análisis se realizaron por el método de equilibrio límite en condiciones estáticas y pseudo-estáticas.

Coeficiente Sísmico

De acuerdo con la literatura técnica existente se recomienda que el coeficiente sísmico, considerado en el análisis en la condición pseudo-estática de diseño de taludes, sea obtenido como una fracción que varía entre 1/3 y 1/2 de la máxima aceleración esperada. Esta recomendación es consistente con las recomendaciones del Cuerpo de Ingenieros del Ejército de los Estados (Hynes & Franklin, 1984), quienes sugieren el uso de un coeficiente sísmico pseudo-estático igual al 50% de la aceleración pico de diseño.

Para la máxima aceleración esperada se tomó como referencia el estudio de peligro sísmico de SENCICO (2016), cuyo valor se estimó en 0.4697g, para un periodo de retorno de 475 años en suelo Tipo S_1. Por otro lado, según el estudio de microzonificación sísmica del CISMID (2015) en el distrito de Barranco, la zona de estudio fue clasificada como un suelo Tipo S_2. Dada las condiciones de sitio, dentro de los alcances de la investigación, se amplificó la aceleración de acuerdo con la NTP 0.30 (Ministerio de vivienda, construcción y saneamiento, 2018a). El factor de amplificación correspondiente para la Zona 4 y un suelo Tipo S_2, se tomó el valor de 1.05. Por lo tanto, para el análisis pseudo-estático de los taludes de la Costa Verde, se tomó el 50% la máxima aceleración esperada amplificada al tipo de suelo, empleándose un coeficiente sísmico horizontal de $k_h = 0.247$.

La Tabla 18 muestra los factores de seguridad mínimos para asegurar la estabilidad física en los casos donde haya cimentaciones superficiales en taludes o en su cercanía. Estos valores fueron tomados de la norma E.050 “Suelos y cimentaciones” (Ministerio de vivienda, construcción y saneamiento, 2018b).

Tabla 18 Factores de seguridad mínimos NTP E0.50

Condición	**Factor de seguridad mínimo**
Estática	1.50
Pseudo-estática	1.25

Fuente: NTP E0.50 “Suelos y cimentaciones”.

Las ubicaciones de las secciones analizadas se muestran en los Anexos E.1, E.2 y E.3. Los perfiles geológicos empleados en los análisis de estabilidad se muestran en los anexos del E.4 al E.10.

6.3.3. Análisis de Runout

El análisis de Runout se estableció como parte de la determinación del peligro con el fin de incluir el factor de distancia de derrumbe. Se estableció que existe un potencial de derrumbe cuando el factor de seguridad resultante del análisis de estabilidad en condición pseudo-estática sea menor a uno. Entonces, únicamente se seleccionarán las secciones de sectores que tengan esas características. Luego, para las secciones seleccionadas se calculará la forma de falla para un k_y, un coeficiente sísmico, para un factor de seguridad de uno por el método de equilibrio límite. Definida la forma de falla, se introdujo la superficie base de la falla y la superficie sobre la falla en el software DAN-W.

El sistema de calificación del factor de distancia de derrumbe introduce el concepto de distancia de derrumbe promedio. El cual se basa, para los fines de la investigación, en una distancia de derrumbe máximo y mínimo. Lo cual se obtendrá con la selección de parámetros mínimos y máximos para el modelo constitutivo seleccionado en el análisis de Runout, según corresponda.

Para el modelamiento se consideró el uso de dovelas de tipo normal o cuando se requirió de tipo vertical. Los acoplamientos en los resultados gráficos del análisis fueron evaluados y aceptados cuando no fueran tan significativos. La verificación principal se basó en la forma de la huella de derrumbe. Estos acoplamientos se aluden a un cambio de la superficie de pendiente muy curvo. Esto podría resultar en una geometría aparentemente incorrecta, sin embargo, esta condición no invalida los resultados. Por lo que, las salidas gráficas serán bastante aproximadas (O. Hungr Geotechnical Research Inc., 2010).

6.4. Matriz de Vulnerabilidad

El enfoque de la evaluación de vulnerabilidad es exponer el grado de resistencia y exposición física, social, económica, etc., de elementos como patrimonio, servicios vitales, infraestructura y vida humana. Con relación al estado de la infraestructura en sí misma y la población que la habita, de acuerdo al Instituto Nacional de Defensa Civil (2003), resultó que mayoritariamente que la infraestructura urbana cercana al acantilado no presenta características físicas inadecuadas, con un relativo bajo nivel de hacinamiento. Por lo que, para la determinación de vulnerabilidad se abarcarán los ejes de la exposición física en relación al acantilado, el uso o relevancia de la infraestructura expuesta, y espacios urbanos públicos y sociales.

Por consiguiente, la matriz de vulnerabilidad considera únicamente los factores que están relacionados al peligro por estabilidad y deslizamiento desarrollados en el estudio de Ciudades Sostenibles (2014), y de la observación del entorno urbano que se desarrolla en la Costa Verde dentro de la población de análisis. La Tabla 19 muestra la matriz de vulnerabilidad. Entonces se establecen tres condiciones claras, la ubicación, la afluencia y el uso o importancia de la infraestructura. El sistema de valoración de cada factor se detalla en el Anexo C.2.

Respecto a la ubicación se estable una diferencia sobre y al pie del talud. Sobre el talud se toma en consideración la distancia de las edificaciones desde el borde del talud. Con ello se estable que una edificación será más vulnerable mientras más cercana esté del borde del acantilado de la Costa Verde. En cuanto a la ubicación de infraestructura al pie del talud se evalúa los elementos existentes dentro del rango potencial de derrumbe. Cuando no exista potencial de derrumbe la vulnerabilidad será mínima. Entre los elementos existentes al pie del talud en la zona de estudio se señala una vía rápida vehicular en dos sentidos, espacios de estacionamiento, ciclovía, espacios de circulación peatonal, espacios recreativos y edificaciones.

Tabla 19. Matriz de Vulnerabilidad

Metodología	Factor	Puntaje Mínimo	Puntaje Máximo
Índice de Vulnerabilidad	Ubicación de las edificaciones al borde del talud	0	16
	Ubicación de infraestructura al pie del talud	0	16
	Afluencia de personas en Zona Alta	0	16
	Afluencia de personas en Zona Intermedia	0	16
	Afluencia de personas en Zona Baja	0	16
	Uso de Edificaciones Zona Alta	0	10
	Uso de infraestructura Zona Baja	0	10
	Total	**0**	**100**

Fuente: Adaptado de Ciudades Sostenibles (2014)

La afluencia se evalúa en función a la circulación de personas sobre espacios o edificaciones urbanas. Con ello se puede suponer que un espacio público se predispone a mayor afluencia, que un espacio privado. Además, se evalúa si la circulación en accesos es la única disponible para el peatón, con lo cual se asume mayor relevancia en su afluencia. También se puede mencionar que habrá mayor cantidad de personas en una edificación multifamiliar que en una

edificación unifamiliar. De esta manera se considera los factores para la zona alta, intermedia y baja del talud.

Por último, el uso está directamente relacionado a la importancia o relevancia de la edificación o la infraestructura para desarrollar actividades al aire libre, el libre tránsito peatonal y vehicular. La relevancia o peso de cada factor se muestra en la Figura 18. Se hace mayor incidencia en la ubicación y afluencia respecto del uso.

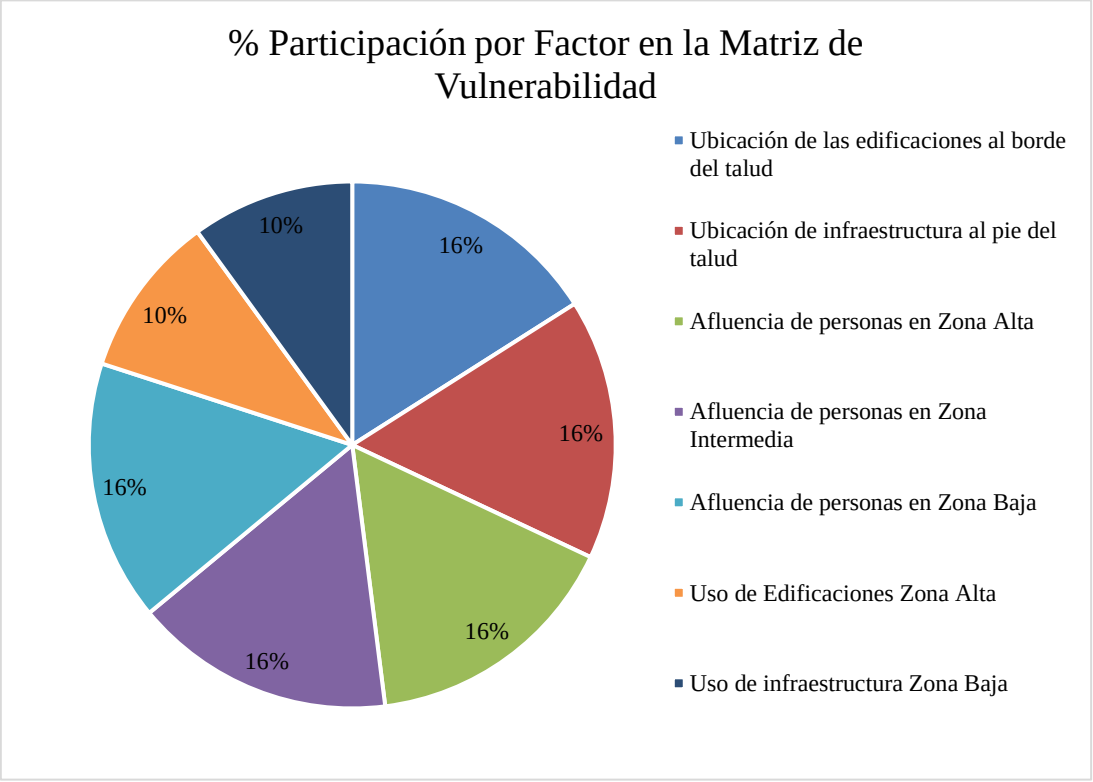


Figura 18. Porcentaje de participación por factores en la matriz de vulnerabilidad
Fuente: Elaboración propia.

El sistema de calificación dentro de la matriz tiene un puntaje mínimo de cero y uno máximo de cien puntos. En este sistema entre mayor sea la puntuación significará que la vulnerabilidad es menor. En la Tabla 20 se observa los rangos de valoración de acuerdo con el puntaje obtenido. Estas valoraciones son Vulnerabilidad muy baja, baja, moderada, alta y muy alta.

Tabla 20. Valoración de la Matriz de Vulnerabilidad

Puntaje	Grupo	Nivel de Vulnerabilidad
80-100	I	Vulnerabilidad muy baja
60-80	II	Vulnerabilidad baja

Puntaje	Grupo	Nivel de Vulnerabilidad
40-60	III	Vulnerabilidad moderada
20-40	IV	Vulnerabilidad alta
<20	V	Vulnerabilidad muy alta

Fuente: Adaptado de Ciudades Sostenibles (2014)

6.5. Matriz de Riesgo

La evaluación del riesgo se elaboró con los resultados de la valoración del peligro y de vulnerabilidad. Esto resulta en un sistema de calificación de doble entrada mostrado en la Figura 19. Se hace una valoración de color con la cual se determinó el nivel de riesgo para el sector de análisis.

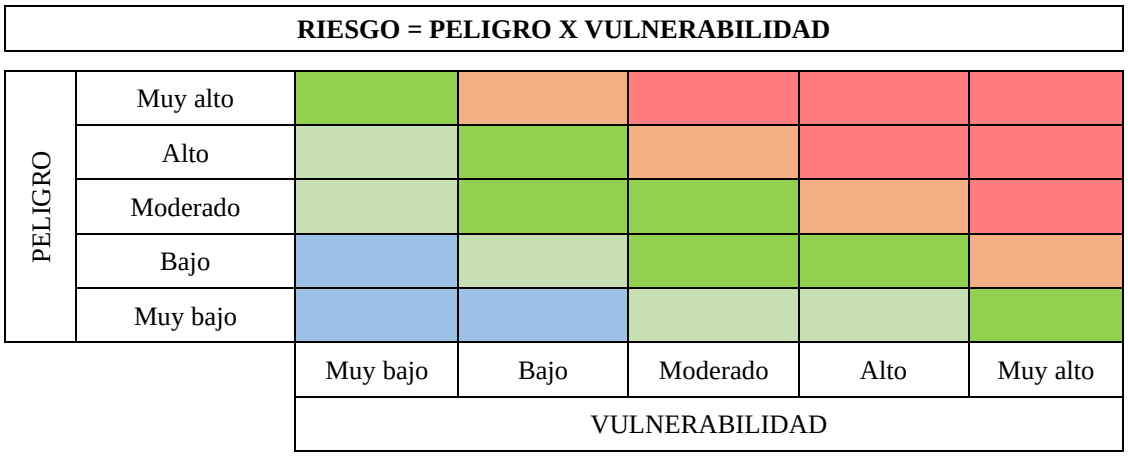


Figura 19. Esquema de Calificación de Riesgo de doble entrada
Fuente: Elaboración Propia.

En la Tabla 21 se muestra el rango de calificación por sistema de colores. La valoración del Riesgo será desde muy bajo hasta muy alto.

Tabla 21. Valoración del Riesgo

Valoración de Nivel de Riesgo
Riesgo muy bajo
Riesgo bajo
Riesgo Moderado
Riesgo alto
Riesgo Muy Alto

Fuente: Elaboración Propia

6.6. Análisis de respuesta sísmica

Este análisis se realizó con la metodología de desplazamiento por métodos simplificados de Bray, Macedo y Travasarou (2018). Este análisis se llevó acabo en las secciones donde el factor de seguridad en condición pseudo-estática fue menor a 1.00. Se empleó como información base la aceleración de fluencia y la configuración geométrica de la falla asociada a esta.

Para el análisis de respuesta sísmica por métodos simplificados se tuvo en cuenta el estudio de microzonificación sísmica realizado por el CISMID (2015), el cual realizó ensayos MASW en el distrito de Barranco próximos al acantilado. Dicho estudio clasificó a estos sectores como un suelo tipo S2 de acuerdo con la NTP E0.30 (2018a) o un suelo tipo C bajo la clasificación del ASCE 7 (2017).

Los trabajos de investigación geofísica no se llegaron a realizar por no contar con los permisos de las autoridades competentes. Para obtener la velocidad de ondas corte del acantilado se promediaron los ensayos MASW-2, MASW-3 y MASW-6 realizados por el CISMID (2015) en el estudio mencionado por ser los más próximos a los acantilados, resultando en una velocidad promedio de 450 m/s, para mayor detalle ver el Anexo D.1.

La deformación máxima permitida tomó de referencia a lo propuesto por Hawley et al. (2017), donde se tomó un nivel de consecuencia alto y un nivel de confianza bajo. Respecto al nivel de consecuencia alto, fue empleado dada la estructura crítica que se encuentra dentro del área estimada de deslizamiento. Acerca del nivel de confianza bajo, fue empleada dada la condición de la gran variabilidad de los datos, estructuras existentes con poca o nula documentación de las cargas aplicadas al terreno estimadas conservadoramente dentro de los alcances de la investigación y falta de instrumentación en la zona para conocer el comportamiento de los taludes. Tomando en consideración para el nivel de consecuencia y confianza descritos, el autor propone una deformación máxima de 0.5%.

6.7. Consideraciones generales de análisis

Para el desarrollo de los análisis mencionados se ha tenido en cuenta una serie de consideraciones, las cuales son listadas a continuación:

Análisis de estabilidad. -

- En los modelos geotécnicos elaborados se ha considerado una secuencia geológica uniforme y horizontal en base a una observación visual desde el pie del acantilado.

- La costra calcárea cementada en algunos tramos de la Costa Verde, llamado travertino, que ayuda a estabilizar algunos sectores (Cañari & Alva, 2001) no ha sido considera en los modelos de análisis de estabilidad por equilibrio limite, siendo esto una consideración conservadora dado el aporte de resistencia que tiene este material a los acantilados. Si bien se puede conocer la presencia de este material por observaciones desde la parte inferior a la cara del talud, es difícil determinar la extensión de este material hacia dentro del acantilado.
- La densidad de natural del material conglomerado y fino ha sido considerada como 21 y 17 kN/m3 respectivamente, para la condición saturada se consideró 22 y 18 kN/m3.
- Las cargas de las edificaciones por piso han sido consideradas como 10 kPa, en ella se considera la carga vida y muerta de las estructuras, de igual manera para las áreas públicas como pistas parques, etc.
- El coeficiente sísmico empleado en los análisis de estabilidad pseudo-estáticos corresponde a un tiempo de retorno de 475 años y amplificado con las recomendaciones de la NTP E0.30 (Ministerio de vivienda, construcción y saneamiento, 2018a) para obtener la aceleración en un suelo tipo S_2, en referencia al estudio de microzonificación sísmica realizado por el CISMID (2015).

Análisis de Runout. -

- Los análisis de Runout fueron realizados para las secciones Factores de Seguridad inferiores a la unidad en el caso Pseudo estático y considerando la superficie de falla asociada al K_y.
- El análisis de runout considera dos casos:
    - Desplazamiento mínimo: El suelo solo pierde su componente de cohesión y mantiene el valor del ángulo de fricción.
    - Desplazamiento máximo: El suelo pierde su componente de fricción y demás el ángulo de fricción se reduce a un valor mínimo.
- El modelo reológico empleado en los análisis de runout considera, tanto para el conglomerado como para el fino, el modelo friccionante.
- Los análisis de Runout consideran como velocidad inicial el valor de cero.

- Para fines de la evaluación se ha considerado para el modelo de runout que la superficie por la cual se desliza el material al pie del acantilado es de igual manera conformado por material conglomerado.
- Las irregularidades topográficas (bermas, separadores viales, guardavías, etc.) que se presentan al pie del acantilado no han sido consideradas en los modelos de análisis, por lo que no cabe dentro de los fines de la investigación determinar a detalle la resistencia que pudieran brindar ante el volumen de material desplazado.

Análisis de respuesta sísmica. -

- El espectro de peligro uniforme empleado en los análisis por métodos simplificados fue construido en base a las recomendaciones de la norma E030 para un suelo tipo S2 en la Zona 4.
- La magnitud del momento sísmico empleado en los análisis por métodos simplificados fue de 8.4 Mw.
- La deformación permanente máxima para las secciones de análisis es la correspondiente al 0.50% de la altura total del talud. Valor recomendado en el capítulo 8 del libro "Guidelines for Mine Waste Dump and stockpile design" (Hawley, Hogarth, Cunning, & Haynes, 2017) al combinar un nivel de confianza bajo y un nivel de consecuencia alto.
- Los espectros de peligro uniforme para el análisis de respuesta sísmica fueron construidos en base a los lineamientos de la norma E0.30 y la norma ASCE 7 correspondientes a un suelo tipo S2 y suelo tipo C, respectivamente.

Capítulo VII: Resultados y Discusión

7.1. Resultados de Parámetros de Resistencia de Mohr Coulomb

El material conglomerado tiene una clasificación SUCS de GP a GW con compacidad medianamente denso a denso, ligeramente húmedo, color marrón oscuro a pardo, de estructura homogénea, de forma redondeada, tamaño máximo 12”, bolonería entre 22% a 56%.

El material fino tiene una clasificación SUCS entre ML y CL, plasticidad de nula a media, consistencia de rígida a muy rígida, ligeramente húmedo, color marrón oscuro, estructura homogénea, tamaño máximo 3/4".

Para las evaluaciones de estabilidad se emplearon los parámetros de resistencia que se muestran en la Tabla 22.

Tabla 22 Resumen de parámetros de resistencia Mohr Coulomb

Material	**Parámetros de resistencia Mohr Coulomb**	
	C (kPa)	ϕ (°)
Conglomerado	47.62	40.64
Fino	18.50	34.80

Fuente: Elaboración propia.
Abreviaturas:
C: Cohesión
ϕ: Angulo de fricción interna.

Los parámetros empleados en esta investigación en comparación a los ensayos de Corte Directo In-Situ a gran escala, más representativos para el material conglomerado de la Costa Verde, se puede observar que se encuentra dentro del rango para el parámetro de cohesión y un ángulo de fricción similar. Uno de estos ensayos es de la investigación de Cañari & Alva (2001), donde se obtuvo una cohesión de 55 kPa y un ángulo de fricción de 40°. Un segundo ensayo es de la investigación de Raygada (2011), donde se obtuvo una cohesión de 20 kPa y un ángulo de fricción de 40°. Ambos ensayos fueron realizados en el distrito de Miraflores, donde se observa un rango variable en la cohesión.

Cabe resaltar que, de los ensayos de resistencia recopilados, para el criterio de falla de Mohr Coulomb, el parámetro “c” resultó más variable, con una desviación estándar de 23.11 kPa. Este resulta más difícil de predecir dada su variabilidad, sin embargo, de acuerdo con los análisis de equilibrio límite el componente cohesivo para el material conglomerado, basados en el criterio de falla de Mohr Coulomb, es necesario para explicar la verticalidad de los

acantilados. Se observa que en este tipo de materiales granulares gruesos, con es el caso del conglomerado que compone en general los acantilados de la Costa Verde, el parámetro cohesivo es altamente influenciado por el nivel de confinamiento. Como lo muestra la investigación de Estaire & Olalla (2007), que realizó 20 ensayos de corte directo a gran escala en laboratorio para medir la resistencia de ocho tipos de escolleras (material granular grueso) con distintas características en cuanto a material y resistencia intrínseca. Algunos materiales fueron moldeados con vertido simple con una densidad promedio de 16.5 kN/m3 y otros recibieron una ligera compactación con una densidad promedio de 19.5 kN/m3. Para el criterio de falla de Mohr Coulomb, considerando cohesión y fricción, para el primer caso resultó en una cohesión de 35 kPa y una fricción de 44°. Y en el segundo caso resultó en una cohesión de 70 kPa y una fricción de 46°. Lo cual resulta en una variación del 100% para el parámetro de la cohesión y una variación del 5% para el parámetro de la fricción.

En cuanto al material fino, los parámetros de resistencia de acuerdo al criterio de falla de Mohr Coulomb fueron determinados a partir de la recopilación de información de ensayos de corte directo In-Situ y de laboratorio. Se observa que el ajuste lineal de la envolvente de falla está dentro del rango de los valores empleado en otras investigaciones. En contraparte, se tiene el ensayo In-Situ de corte directo a gran escala, el cual fue realizado en la investigación de Cañari & Alva (2001), donde se obtuve una cohesión de 90 kPa y un ángulo de fricción de 28.5°, para una muestra ML inalterada en el distrito de Chorrillos. Finalmente, en esta investigación se realizó el ensayo de laboratorio de Triaxial CU para una muestra CL del distrito de Barranco, se obtuvo una cohesión de 6.06 kPa y un ángulo de fricción de 34.46°, para valores pico. El cual se encuentra en el mismo orden de magnitud a los parámetros empleados en los análisis de estabilidad.

Finalmente, de la gama de ensayos recolectados se tomó la tendencia lineal promedio para determinar los parámetros del criterio de falla de Mohr Coulomb, los cuales se asumieron para todos los sectores del área de estudio. Esto se realizó tanto para el material conglomerado como para el material fino.

7.2. Resultados Análisis de Estabilidad

Los resultados obtenidos en el análisis de estabilidad por el método de equilibrio limite se resumen en la Tabla 23. Se evaluó dos tipos de superficie de falla, circular y no circular, a fin de encontrar los modos de falla más creíbles y los menores factores de seguridad en los sectores

de análisis. Además, se determinó la aceración de fluencia para las secciones donde el factor de seguridad en condición pseudo-estática es menor a la unidad.

Tabla 23. Resumen de resultados de análisis de estabilidad

Sección	Tipo de falla	Factor de Seguridad				Ky
		Condición Estática[1]	Superficie de falla	Condición Pseudo-Estática[1]	Superficie de falla	
S001	Global	1.29	No circular	0.93	Circular	0.194
S002	Global	1.42	No circular	1.01	No circular	-
S003	Global	1.47	Circular	1.05	Circular	-
S004	Global	1.24	Circular	0.90	Circular	0.167
S005	Local	1.27	No circular	0.91	No circular	0.149
S005	Global	1.24	No circular	0.95	Circular	0.217
S006A	Global	1.61	Circular	1.11	No circular	-
S006A	Local	1.63	No circular	1.20	No circular	-
S006B	Global	2.71	Circular	1.61	Circular	-
S006B	Local	2.26	No circular	1.50	No circular	-
S007A	Local	1.74	No circular	1.25	Circular	-
S007A	Global	2.17	Circular	1.39	Circular	-
S007B	Global	1.21	Circular	0.86	Circular	0.143
S008A	Global	1.07	No circular	0.85	No circular	0.112
S008B	Global	1.05	No circular	0.79	No circular	0.140
S008C	Global	1.32	Circular	0.97	Circular	0.229
S009	Global	1.07	No circular	0.76	Circular	0.058
S010	Global	1.19	Circular	0.90	Circular	0.119
S011	Global	1.19	Circular	0.85	Circular	0.127
S012	Global	1.21	Circular	0.85	Circular	0.132
S013A	Global	1.05	No circular	0.81	No circular	0.107
S013B	Global	1.06	Circular	0.75	Circular	0.038
S013C	Global	1.12	Circular	0.79	Circular	0.089
S014	Global	1.54	No circular	1.08	No circular	-
S015	Global	1.5	Circular	1.07	Circular	-
S016A	Global	1.4	No circular	0.97	No circular	0.225
S016B	Global	1.51	Circular	1.06	Circular	-
S017A	Global	1.45	Circular	1.03	Circular	-

Sección	Tipo de falla	Factor de Seguridad				Ky
		Condición Estática[1]	Superficie de falla	Condición Pseudo-Estática[1]	Superficie de falla	
S017B	Global	1.28	No circular	0.96	Circular	0.219

Fuente: Elaboración Propia.
Notas:
1. El factor de seguridad mínimo indicado por la NTP E0.50 es de 1.50 y 1.25 para la condición estática y pseudo-estáticas, respectivamente.

Abreviatura:
k_y: Coeficiente de aceleración fluencia, determinado para un factor de seguridad igual a 1.00.

Se analizaron un total de 25 secciones repartidas aproximadamente 1 km de costa en el distrito de Barrando, los cuales se analizaron en condición estático y pseudo-estática. En la condición estática, se encontró 20 análisis con factores de seguridad inferiores a 1.50. En la condición pseudo-estática, se encontró 17 análisis con factores de seguridad inferiores a 1.00, indicando que estos últimos desarrollarían desplazamientos.

Se analizó 25 fallas globales en condición estática, de las cuales solo 6 cumplen con un factor de seguridad igual o superior a 1.50 como lo recomienda de la NTP E0.50. En el caso de las fallas globales en condición pseudo-estáticas, solo 2 cumplen con un factor de seguridad igual o superior a 1.25 como lo recomienda de la NTP E0.50.

Los sectores 8, 9 y 13 presentan factores de seguridad entre 1.00 y 1.20 en condición estática. En condición pseudo-estática, todos los sectores con excepción de los sectores 6 y 14, presentan factores de seguridad menores a 1.05. De los resultados, la sección 13B es la que presenta el menor FS en la condición pseudo-estática y uno de los menores en la condición estática, ello resulta coincidir con la zona que tuvo el deslizamiento el 18 de diciembre del 2019 como se describe en el reporte del INGEMMET (2020). Los resultados del análisis de estabilidad se muestran en el Anexo C.1.1. Los mapas de factores de seguridad estático y pseudo estático se muestran en el Anexo E.11 y E.12 respectivamente.

7.3. Resultados Análisis de Runout

Para las fallas locales y globales con factores de seguridad menores a 1.00 en condición pseudo-estática, se determinó la aceleración fluencia y la forma de falla asociada a esta. En el caso más conservador, se desarrolló los análisis de runout para las secciones con factores de seguridad menores a 1.00 asumiendo que estas desarrollarían un deslizamiento súbito y masivo. Los resultados obtenidos mediante el análisis de runout se resumen en la Tabla 24.

Tabla 24. Resumen de resultados de análisis de runout

Sección	Altura[1]	Distancia de derrumbe (m)				Distancia Promedio (m)
		Mínima[2]	Geometría[3]	Máxima[2]	Geometría[3]	
S001	48.0	26.09	Normal	44.33	Normal	35.21
S004	44.0	33.28	Normal	50.58	Normal	41.93
S005 Global	34.4	24.19	Normal	41.09	Normal	32.64
S005 Local	34.4	29.00	Vertical	39.64	Vertical	34.32
S007B	49.8	33.35	Normal	58.30	Normal	45.83
S008A	35.0	31.28	Normal	44.13	Normal	37.71
S008B	35.0	31.92	Normal	45.09	Normal	38.51
S008C	37.0	22.13	Normal	44.68	Normal	33.41
S009	47.3	44.06	Normal	56.94	Normal	50.50
S010	33.0	29.23	Normal	45.88	Normal	37.56
S011	52.0	46.07	Normal	77.62	Normal	61.85
S012	52.0	38.50	Normal	67.67	Normal	53.09
S013A	51.0	36.20	Normal	58.18	Normal	47.19
S013B	51.0	45.56	Normal	62.77	Normal	54.17
S013C	51.0	34.02	Normal	65.21	Normal	49.62
S016A	48.0	20.76	Normal	58.54	Normal	39.65
S017B	48.0	23.46	Normal	49.73	Normal	36.60

Fuente: Elaboración propia
Nota:
1. Altura de la superficie de falla.
2. La distancia mínima corresponde a los parámetros máximos, y la distancia máxima corresponde a los parámetros mínimos empleados en los análisis.
3. La geometría hace referencia a la forma de la dovela empleada en el análisis, siendo estas de forma normal o vertical a la superficie de deslizamiento.

La distancia promedio de derrumbe encontrada en los análisis de runout se muestra en el Anexo C.1.2. En base a las distancias promedio encontradas se interpoló estas para generar un mapa de derrumbe a fin de estimar el área afectada en un eventual deslizamiento, estos derrumbes están asociados a la forma de superficie de falla resultante de la aceleración de fluencia, ver Anexo E.13. Es importante resaltar que según los análisis de runout, la principal vía de acceso peatonal se vería comprometida, además del acceso vehicular al pie del talud y parcialmente la playa los Yuyos. El Anexo C.1.2, muestra la superficie de falla considerada en

los análisis de runout, así como la aceleración de fluencia encontrada y la configuración post deslizamiento de los casos evaluados.

La geometría deformada del modelo se ve afectada por los cambios abruptos en la superficie deslizante generando geometrías aparentemente erróneas, sin embargo, de acuerdo con los casos de validación del programa esta condición no necesariamente degradaría los resultados.

Adicionalmente, las ecuaciones de movimiento que emplea el programa DAN-W son en un marco unidimensional. Esto quiere decir que únicamente en la base del flujo recaen las tensiones de resistencia al movimiento, mientras que la profundidad del flujo es constante en la dirección perpendicular al movimiento. Por lo tanto, la resistencia adicional al flujo que podrían generar los límites laterales en la trayectoria del flujo no se tiene en cuenta (O. Hungr Geotechnical Research Inc., 2010). Es por ello por lo que las distancias de desplazamiento estimadas con el software DAN-W, podrían están sobre estimadas, siendo estos resultados conservadores delimitando un área afectada potencialmente. Por lo mencionado anteriormente y en los apartados 6.2.2 y 6.7 los resultados deben ser tomados con cautela, el Anexo E.13 fue elaborado a modo de referenciar las áreas potenciales de afectación por deslizamiento.

7.4. Resultados de matriz de Peligro

Los resultados de la valoración de cada factor de la matriz de peligro se pueden ver en el Anexo C.1. La Tabla 25 resumen los valores obtenidos en los factores que conforman la matriz y se indica el nivel de peligro asociado al puntaje obtenido.

Tabla 25. Resumen de los resultados de la evaluación de Peligro

Sector	Puntaje			Nivel de Peligro
	Índice Geológico	Índice de desempeño	Total	
S001	22.5	20.0	42.5	Peligro moderado
S002	22.5	28.0	50.5	Peligro moderado
S003	22.5	29.0	51.5	Peligro moderado
S004	22.5	20.5	43.0	Peligro moderado
S005	25.0	19.0	44.0	Peligro moderado
S006	22.5	39.5	62.0	Peligro bajo
S007	22.5	20.0	42.5	Peligro moderado
S008	22.5	9.0	31.5	Peligro alto
S009	22.5	7.0	29.5	Peligro alto

Sector	Puntaje			Nivel de Peligro
	Índice Geológico	Índice de desempeño	Total	
S010	22.5	12.5	35.0	Peligro alto
S011	22.5	11.5	34.0	Peligro alto
S012	22.5	15.0	37.5	Peligro alto
S013	22.5	8.5	31.0	Peligro alto
S014	22.5	33.0	55.5	Peligro moderado
S015	22.5	34.0	56.5	Peligro moderado
S016	22.5	25.0	47.5	Peligro moderado
S017	22.5	20.0	42.5	Peligro moderado

Fuente: Elaboración propia.

El índice geológico resultó en un mismo puntaje para todos los sectores analizados, a excepción del sector 5 que no presenta lentes de materiales finos a simple vista. Esto recae en el factor de Gradación, donde se considera la influencia de las potencias de material fino intercalado en el conglomerado, aunque no es un factor determinante en la puntuación global.

El índice de desempeño es quien da una variación en el puntaje final de la matriz de peligro. Del grupo de Geometría y Masa, los parámetros diferenciales en la puntuación destacan los sectores que de acuerdo a la topografía tienen mayor pendiente mayor a 40°, los cuales son puntuados en el factor de Ángulo de Talud y Superficie susceptible a Derrumbe. Estos repercuten especialmente del sector 8 al 13, siendo las zonas más empinadas del área de estudio independientemente a la altura del talud. Por otro lado, el sector 6 es de menor pendiente en relación a los sectores citados, lo cual resulta en una mejor puntuación. Según la Autoridad de Proyecto Costa Verde (2014) indica que Barranco está dentro de distritos donde los acantilados son de mayor altitud, donde las pendientes oscilan entre 30° y 75°, por lo que tienen mayor superficie a la erosión eólica, incrementando el peligro por deslizamiento.

Para el análisis de estabilidad se evaluó la sección más desfavorable del sector por lo que la puntuación resultante se generaliza en la puntuación para el sector evaluado. En condición estática todos los factores de seguridad calculados fueron mayores a uno, sin embargo, se ha calificado que tan cercano fue el factor de seguridad a la unidad, derivando así en una puntuación baja para los sectores del 8 al 11 y el sector 13. Para la condición pseudo-estática, fueron catalogados con la mínima puntuación aquellos sectores donde el factor de seguridad resultó menor a uno. Los sectores con mayor puntuación fueron el 2, 3, 6, 14 y 15. Se puede

observar que a pesar de que algunos sectores reciben la puntuación más baja en el factor de estabilidad pseudo-estática, no terminan entrando en la categoría de Peligro Alto o Muy Alto, debido a que la metodología emplea distintos factores que finalmente hacen que algunos de los sectores que no satisfacen esta condición sean clasificados dentro de Peligro Moderado.

Dentro de la evaluación del grado de intervención, se puso en valor las medidas de control existentes en el acantilado. Se destaca que en todos los sectores existen al menos un mínimo grado de prevención, sin embargo, no representan una medida definitiva. Por lo que representa un campo de acción sobre el cual se puede mejorar, bajo este sistema de puntuación, una mejor calificación en el Nivel de Peligro.

Por último, sobre la distancia de un potencial derrumbe, los sectores donde se cumplió la condición pseudo-estática recibieron el mejor puntaje. Por otro lado, los sectores con menor calificación son donde se obtuvieron relativamente mayores distancias de movimiento de masa.

Por tanto, de los 17 sectores analizados, uno es clasificado como peligro bajo, 10 son clasificados con un nivel de peligro moderado, y 6 sectores son clasificados con un peligro alto. En el Anexo E se muestra la distribución gráfica de los resultados de los niveles de peligro en cada sector.

7.5. Resultados de matriz de Vulnerabilidad

Los resultados de la valoración de cada factor de la matriz de vulnerabilidad se desarrollan en el Anexo C.2. La Tabla 26 muestra el resumen de las calificaciones por sector de cada factor analizado. Además, se indica el puntaje final y la valoración correspondiente.

Tabla 26. Resumen de resultados de evaluación de vulnerabilidad

Sector	Factores							Total	Valoración
	Ubicación de las edificaciones al borde del talud	Ubicación de infraestructura al pie del talud	Afluencia de personas en Zona Alta	Afluencia de personas en Zona Intermedia	Afluencia de personas en Zona Baja	Uso de Edificaciones Zona Alta	Uso de infraestructura Zona Baja		
S001	4	0	8	16	8	2.5	0	38.5	Vulnerabilidad alta
S002	8	16	8	16	0	2.5	0	50.5	Vulnerabilidad moderada
S003	0	16	16	16	0	5	0	53	Vulnerabilidad moderada
S004	0	0	8	16	8	5	0	37	Vulnerabilidad alta
S005	0	0	16	0	8	5	0	29	Vulnerabilidad alta
S006	12	16	0	0	8	0	0	36	Vulnerabilidad alta
S007	4	0	8	0	8	2.5	0	22.5	Vulnerabilidad alta
S008	0	0	8	16	8	2.5	0	34.5	Vulnerabilidad alta
S009	0	4	8	16	0	2.5	0	30.5	Vulnerabilidad alta
S010	4	8	8	16	0	2.5	0	38.5	Vulnerabilidad alta
S011	4	4	16	16	0	5	0	45	Vulnerabilidad moderada
S012	0	4	16	16	0	5	0	41	Vulnerabilidad moderada
S013	4	4	16	16	0	5	0	45	Vulnerabilidad moderada
S014	12	16	16	16	0	2.5	0	62.5	Vulnerabilidad baja
S015	0	16	8	16	0	2.5	0	42.5	Vulnerabilidad moderada

Sector	Factores							Total	Valoración
	Ubicación de las edificaciones al borde del talud	Ubicación de infraestructura al pie del talud	Afluencia de personas en Zona Alta	Afluencia de personas en Zona Intermedia	Afluencia de personas en Zona Baja	Uso de Edificaciones Zona Alta	Uso de infraestructura Zona Baja		
S016	4	4	16	16	0	5	0	45	Vulnerabilidad moderada
S017	4	4	16	16	0	5	0	45	Vulnerabilidad moderada

Fuente: Elaboración Propia.

Al evaluar la ubicación se observa mayormente una puntuación baja dado que gran parte de la zona alta dentro de la población de estudio existen edificaciones dentro de los primeros cincuenta metros medidos desde el borde del talud, el cual fue establecido como un rango de distancia de seguridad frente a la cercanía del acantilado (Municipalidad Metropolitana de Lima, 2014). Igualmente, la ubicación de infraestructura al pie del talud está sujeta al potencial derrumbe en gran parte de los sectores. Los cuál se determinó en la sección de análisis de peligro. Las puntuaciones bajas corresponden a la cercanía del desarrollo de infraestructura urbana al pie del talud. Sobre todo, del sector 001 al 008, donde se observa una reducida área para el peatón a lo largo de la playa Barranco.

En cuanto a la afluencia se observa que en la parte alta del sector 6 se le asigna la menor puntuación dado que corresponde a la "Bajada de Baños", la cual es parte del recorrido turístico de Barranco y centros de comercio. En ese sentido, la afluencia en el sector intermedio del talud, las puntuaciones más bajas corresponden al sector 5, 6 y 7. Estos sectores están directamente relacionados con la continuidad del acceso peatonal de la "Bajada de Baños" y la conexión con la playa. Este acceso se desarrolla apoyándose en el talud y representa la única vía de conexión en el distrito de Barranco entre la parte superior e inferior del acantilado. Respecto de la zona baja, los sectores con menor puntuación corresponden a donde se desarrollen comercios o locales privados, así como los espacios recreativos y zona de playa

más amplia que atraen mayor cantidad de personas. Estas playas son los Yuyos y Las Sombrillas.

De los factores de uso, se observa en la parte alta menores puntuaciones para los sectores donde existan desarrollo económico y viviendas multifamiliar que se pueden observar dentro del área de estudio. Para la zona baja todos los sectores se calificaron con la mínima puntuación debido a la existencia de una vía principal de alto tránsito vehicular muy cercana al pie del talud. En el Anexo E.15 se muestra la distribución gráfica de los resultados de los niveles de vulnerabilidad en cada sector.

7.6. Resultados de matriz de Riesgo

Los resultados de la valoración de riesgo se desarrollan en el Anexo C.3. La Tabla 27 muestra el resumen de las calificaciones por sector. De acuerdo con el sistema de evaluación de doble entrada se interceptó la valoración de peligro con la valoración de vulnerabilidad, resultando en el nivel de riesgo.

Tabla 27. Resumen de resultados de evaluación de riesgos

	Peligro		**Vulnerabilidad**		**Riesgo**
Sector	**Puntaje Peligro**	**Nivel de Peligro**	**Puntaje Vulnerabilidad**	**Nivel de Vulnerabilidad**	**Nivel de Riesgo**
S001	42.5	Peligro moderado	38.5	Vulnerabilidad alta	Riesgo alto
S002	50.5	Peligro moderado	50.5	Vulnerabilidad moderada	Riesgo moderado
S003	51.5	Peligro moderado	53.0	Vulnerabilidad moderada	Riesgo moderado
S004	43.0	Peligro moderado	37.0	Vulnerabilidad alta	Riesgo alto
S005	44.0	Peligro moderado	29.0	Vulnerabilidad alta	Riesgo alto
S006	62.0	Peligro bajo	36.0	Vulnerabilidad alta	Riesgo moderado
S007	42.5	Peligro moderado	22.5	Vulnerabilidad alta	Riesgo alto
S008	31.5	Peligro alto	34.5	Vulnerabilidad alta	Riesgo muy alto

	Peligro		Vulnerabilidad		Riesgo
Sector	**Puntaje Peligro**	**Nivel de Peligro**	**Puntaje Vulnerabilidad**	**Nivel de Vulnerabilidad**	**Nivel de Riesgo**
S009	29.5	Peligro alto	30.5	Vulnerabilidad alta	Riesgo muy alto
S010	35.0	Peligro alto	38.5	Vulnerabilidad alta	Riesgo muy alto
S011	34.0	Peligro alto	45.0	Vulnerabilidad moderada	Riesgo alto
S012	37.5	Peligro alto	41.0	Vulnerabilidad moderada	Riesgo alto
S013	31.0	Peligro alto	45.0	Vulnerabilidad moderada	Riesgo alto
S014	55.5	Peligro moderado	62.5	Vulnerabilidad baja	Riesgo moderado
S015	56.5	Peligro moderado	42.5	Vulnerabilidad moderada	Riesgo moderado
S016	47.5	Peligro moderado	45.0	Vulnerabilidad moderada	Riesgo moderado
S017	42.5	Peligro moderado	45.0	Vulnerabilidad moderada	Riesgo moderado

Fuente: Elaboración Propia.

Los sectores catalogados con un Nivel de Riesgo Muy Alto no necesariamente indican un riesgo inminente de colapso, sino que son sectores calificados de manera global de acuerdo con la evaluación de distintas aristas como su geología, topografía, desempeño de estabilidad y el entorno urbano próximo al acantilado. En esta categoría resaltan los sectores 8, 9 y 10, sobre los cuales se demandaría una mayor inspección rutinaria y monitoreo geotécnico, así como emplear métodos más sofisticados de cálculo para calificar el riesgo.

Los sectores calificados en un Nivel de Riesgo Alto, se debe a que las características evaluadas que las condicionan no son las óptimas. Para estos se debe tomar acciones y lograr mitigar el nivel de riesgo, llevándolo a un Nivel de Riesgo Moderado o inferior. Entonces, se observa que las condiciones urbanas, sobre el cual se puntuó el Nivel de Vulnerabilidad son invariables, el campo de acción recae en la revisión de los parámetros que miden el Nivel de Peligro. Para los sectores 1, 4, 5 y 7, se debe procurar reducir el Nivel de Peligro de Moderado a Bajo. Para los sectores 11, 12 y 13, se debe procurar reducir el Nivel de Peligro de Alto a

Moderado o inferior. Es decir que se debe velar por la seguridad física de estos sectores, ya que la exposición que tienen frente al entorno del acantilado no se puede mitigar. Los sectores en esta categoría corresponderían una mayor inspección rutinaria y monitoreo geotécnico.

Los sectores calificados en un Nivel de Riesgo Moderado, se debe a que las características evaluadas fueron regulares. Los sectores en esta categoría son el 2, 3, 14, 15, 16 y 17. Adicionalmente, el sector 6 es calificado en este nivel de riesgo aun tendiendo una alta vulnerabilidad, dado que el peligro asociado por las características evaluadas del sitio resultó en un peligro muy bajo. Ello conlleva a hacer hincapié que el sector 6, como el sector 5 y 7 están en relación directa con la única bajada peatonal que une las plataformas superior e inferior del distrito de Barranco, por tanto, se debe procurar reducir la categoría de Peligro a nivel Bajo o inferior.

En el Anexo E.16 se muestra la distribución gráfica de los resultados de los niveles de riesgo en cada sector.

La Autoridad del Proyecto Costa Verde (2014), de acuerdo a las características del suelo se clasifica el área de estudio en dos partes: 1) la parte norte de la costa de Barranco hasta la "Bajada de Baños" como una zona con presencia de cárcavas y erosión y un nivel de riesgo de medio a alto, y 2) a partir de la "Bajada de Baños" hacia el sur abarcando Chorrillos, la califica con pendientes abruptas y suelos blandos con un nivel de riesgo alto. Conociendo que, para el área de estudio de la investigación, la "Bajada de Baños" corresponde al sector 6, se observa que los resultados de la citada investigación guardan relación de manera global con los resultados de los sectores del 1 al 6, que oscilan un nivel de riesgo moderado a alto, y a partir del sector 7 al 13 oscila entre un nivel de riesgo alto a muy alto. Cabe indicar que el estudio en mención únicamente refiere al riesgo en relación al tipo y condición de suelo y la presente investigación adiciona otros factores adicionales con una mayor discretización de sectores.

7.7. Resultados de Respuesta Sísmica

Los resultados del análisis de desplazamiento por el método de simplificado empleando el método de Bray, Macedo y Travasarou (2018) se muestra en la Tabla 28.

Tabla 28. Resultados de análisis de desplazamiento por métodos simplificados.

Sección	H falla (m)	d (cm)	K_y	Desplazamiento Promedio (cm)[1]		Desplazamiento Promedio (%)[2]	
				ASCE 7 Tipo C	E030 Tipo C	ASCE 7 Tipo C	E030 Tipo C
S001	44.00	24.00	0.194	20.22	37.06	0.42%	0.77%
S004	38.26	22.00	0.167	32.62	43.55	0.74%	0.99%
S005-Global	32.00	17.20	0.217	24.80	22.52	0.72%	0.65%
S005-Local	27.80	17.20	0.149	59.73	42.06	1.74%	1.22%
S007B	48.10	24.92	0.143	34.07	63.49	0.68%	1.27%
S008A	33.80	17.50	0.112	76.91	77.93	2.20%	2.23%
S008B	34.00	17.50	0.140	52.89	54.26	1.51%	1.55%
S008C	36.50	18.50	0.229	18.26	22.32	0.49%	0.60%
S009	40.10	23.65	0.058	160.78	211.39	3.40%	4.47%
S010	19.00	16.50	0.119	79.93	49.62	2.42%	1.50%
S011	45.00	26.00	0.127	45.16	81.85	0.87%	1.57%
S012	49.00	26.00	0.132	38.96	71.84	0.75%	1.38%
S013A	48.00	25.50	0.107	58.04	103.09	1.14%	2.02%
S013B	49.00	25.50	0.038	224.24	336.87	4.40%	6.61%
S013C	46.00	25.50	0.089	80.96	138.76	1.59%	2.72%
S016A	48.00	24.00	0.225	13.06	26.23	0.27%	0.55%
S017B	47.00	24.00	0.219	14.25	28.40	0.30%	0.59%

Fuente: Elaboración propia.

Abreviaturas:

H: Altura promedio definido por la potencial superficie de falla.

d: Deformación Permanente Máxima considerada para la estructura analizada.

K_y: Aceleración de fluencia.

Nota:

1. Los valores reportados corresponden al desplazamiento promedio, sin embargo, la metodología te permite estimar un rango de valores. Ver Anexo D.

2. El porcentaje de desplazamiento ha sido calculado en relación a la altura total del talud.

Para la estimación de los desplazamientos por sismos se requiere conocer la aceración espectral degradada, correspondiente a 1.50 veces el periodo fundamental. Dado que la información brindada por el aplicativo Web de SENCICO (2016) es para suelos del Tipo B y que la clasificación de suelos de acuerdo con los ensayos de prospección geofísica realizado por el CISMID (2015) es del Tipo C, se emplearon los códigos de diseño E030 (2018a) y ASCE 7 (2017) para la construcción de los Espectros de Peligro Uniforme, ver Figura 20. De manera comparativa se muestra el EPU para suelo Tipo B del aplicativo web de SENCICO. Así mismo de color negro se muestra el valor máximo y mínimo de los periodos evaluados; y de color rojo se muestra el valor promedio de periodos evaluados.

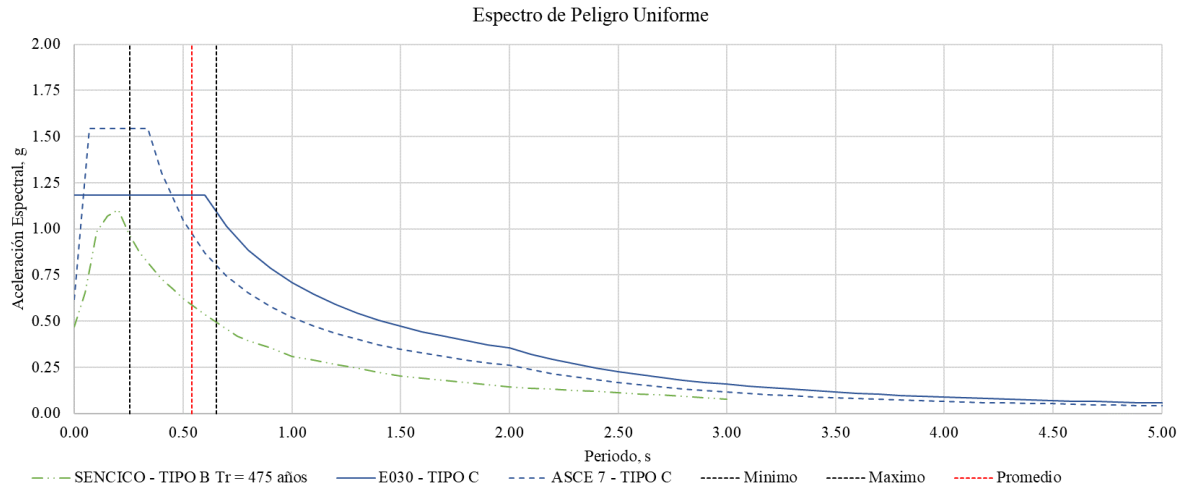


Figura 20. Comparativa de EPU para suelos tipo B (SENCICO) y suelo tipo C (E030, ASCE 7)
Fuente: Adaptado de SENCICO, NTP E030 y ASCE 7.

Al comparar ambos EPU se denota que en el rango de periodos costos el código ASCE 7 presenta aceleraciones espectrales 30% más elevadas, en la zona de ‘meseta’, y para periodos superiores a 0.60 s hasta 2.00 s el código E030 presenta aceleraciones espectrales 35% más elevadas. El periodo donde se invierten estas tendencias es aproximadamente 0.45 s. Estas diferencias en los EPU se verán reflejadas en la estimación de desplazamientos al emplear cada uno de estos códigos. El rango de aceleraciones en el que se encuentran los periodos de las secciones evaluadas varía entre 0.253 y 0.653 s, el valor promedio de estas es de 0.538 s.

De lo expuesto en párrafo anterior, para los valores de periodos inferiores a 0.45 s los desplazamientos estimados por sismo con el EPU del código ASCE 7 son superiores. Caso

contrario ocurre para los valores superiores a 0.45 s, donde los desplazamientos estimados por sismo con el EPU del código E030 son superiores. Es por ello por lo que dependiendo el rango donde se evalúen los periodos, los desplazamientos por sismo estimados en base al ASCE 7 serán mayores o menores que los estimados con la E030.

La Figura 21 muestra la distribución de los valores de los periodos evaluados, 1.50 veces el periodo fundamental, para la estimación de desplazamientos. Ello refleja la razón de la ubicación del valor promedio, la línea roja de la Figura 20, pues la mayoría de los valores evaluados se encuentran entre 0.45 s hasta 0.65 s.

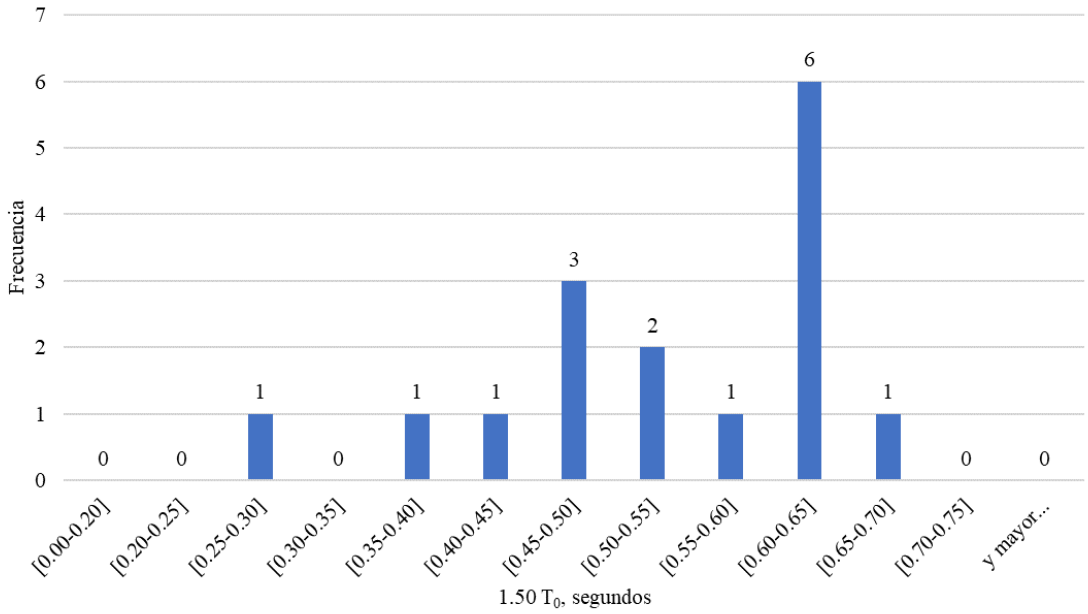


Figura 21. Histograma de periodos evaluados para la estimación de desplazamiento por sismo. Fuente: Elaboración propia.

Las magnitudes de los desplazamientos promedio estimados con la E030 y la ASCE 7 son mostrados en la Figura 22. En ella se observa la variación de los resultados obtenidos al emplear un cada uno de los códigos de diseño, en la mayoría de los casos evaluados, con la norma ASCE 7 se obtiene menores desplazamientos, ello se explica por lo expresado en los párrafos precedentes.

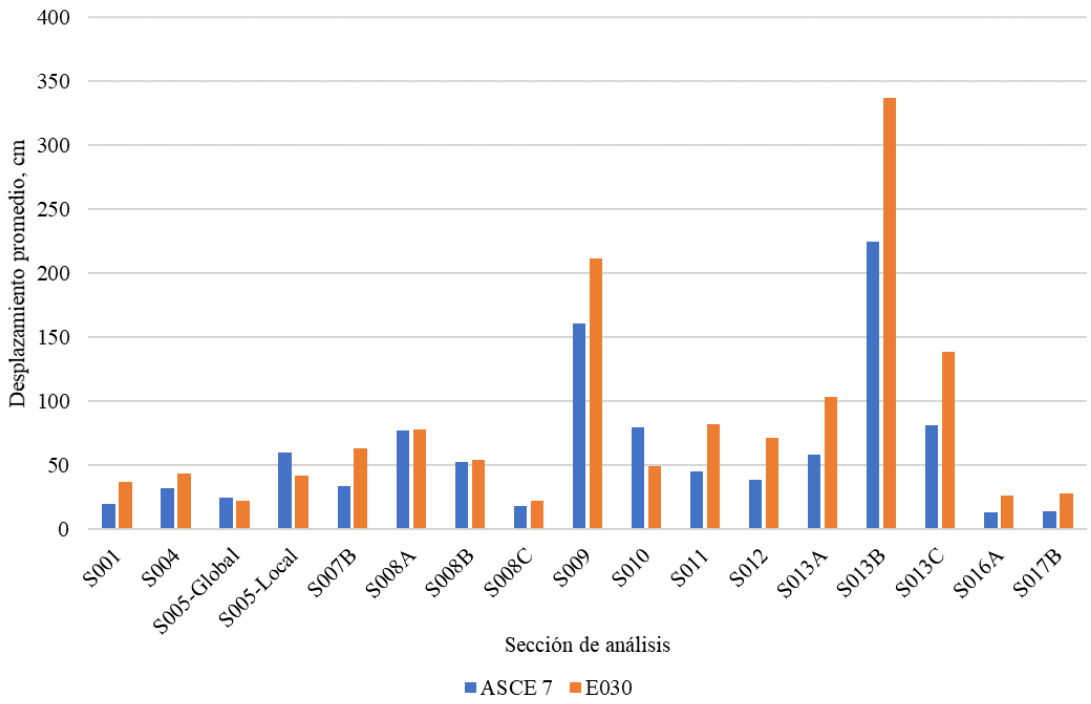


Figura 22. Desplazamiento por sismo obtenido con EPU E030 y ASCE 7.
Fuente: Elaboración propia.

De manera comparativa, se realizó el ejercicio de comparar los EPU para suelo tipo B determinado por SENCICO y por los códigos de diseño ASCE 7 y E030, el resultado se muestra en la Figura 23. Aquí nuevamente se observa que para la zona de la 'meseta' el código ASCE 7 está por encima del código E030 y de los valores estimados por SENCICO. Posterior a ello, los valores de aceleración espectral del EPS de SENCICO y del código ASCE 7 se encuentran próximos entre sí; y por el contrario los valores del código E030 resultan elevados. En el supuesto que se empleen estos EPU para la estimación de desplazamiento por sismo los resultados con el EPS de SENCICO y del código ASCE 7 se encontrarían en el mismo orden de magnitud, mientras que los resultados con el código E030 serían de mayor magnitud.

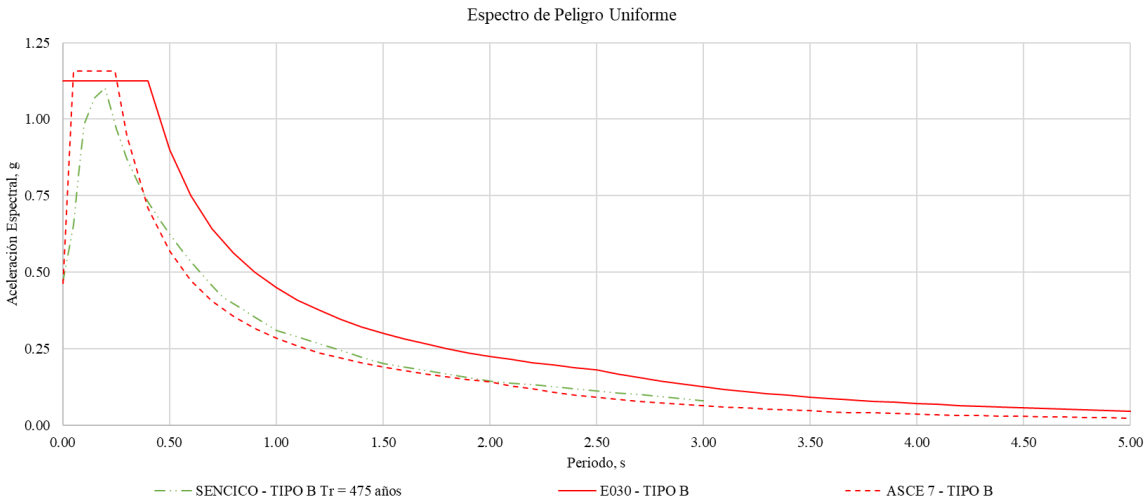


Figura 23. Comparativa de EPU para suelo tipo B de SENCICO, E030 y ASCE 7.
Fuente: Elaboración Propia.

Capítulo VIII: Conclusiones y Recomendaciones

8.1. Conclusiones

En base a los resultados obtenidos, este estudio concluye lo siguiente:

- El nivel de riesgo por deslizamiento de los acantilados de la Costa Verde en Barranco, resultó en 7 sectores calificados en un nivel Moderado, 7 sectores en un nivel Alto y 3 sectores en un nivel Muy Alto. Donde a mayor nivel de riesgo no necesariamente indican un riesgo inminente de colapso, sino que son sectores calificados de manera global de acuerdo con la evaluación de distintas aristas como su geología, topografía, desempeño de estabilidad y el entorno urbano próximo al acantilado. Sobre los cuales se demandaría una mayor inspección rutinaria y monitoreo geotécnico.
- Se determinó para el material conglomerado un ángulo de fricción interna de 40.64° y una cohesión de 47.62 kPa, con una desviación estándar de 23.11 kPa, empleando un modelo lineal con un ajuste de bondad del 87.03%, en base a valores pico de ensayos de corte directo a gran escala recopilados para el conglomerado de Lima. Para el material fino se determinó una cohesión de 18.50 kPa y un ángulo de fricción interna de 34.80°, en base valores pico de ensayos de corte directo recopilados en la Costa Verde.
- De la evaluación del nivel de Peligro, se determinó que solo un sector calificó con un nivel bajo, correspondiente al 9.00% de la longitud de la Costa Verde en el área de estudio. Diez sectores calificaron en un nivel moderado, correspondiendo al 47.20% de longitud del área de estudio. Por último, seis sectores calificaron en un nivel alto, correspondiendo al 43.80% de longitud del área de estudio. En el Anexo C.1 se detalla la evaluación de la matriz de Peligro y en el Anexo E.14 se muestra el mapa de peligro para la zona de estudio.
- De la evaluación del nivel de vulnerabilidad, se determinó que solo un sector calificó con un nivel bajo, correspondiente al 4.00% de la longitud de la Costa Verde en el área de estudio. Ocho sectores calificaron en un nivel moderado, correspondiendo al 47.70% de longitud del área de estudio. Por último, ocho sectores calificaron en un nivel alto, correspondiendo al 48.30% de longitud del área de estudio. En el Anexo C.2 se detalla la evaluación de la matriz de vulnerabilidad y en el Anexo E.15 se muestra el mapa de vulnerabilidad para la zona de estudio.

- De la evaluación del nivel de riesgo, se determinó que siete sectores calificaron con un nivel moderado, correspondiente al 37.70% de la longitud de la Costa Verde en el área de estudio. Siete sectores calificaron en un nivel alto, correspondiendo al 41.30% de longitud del área de estudio. Por último, tres sectores calificaron en un nivel muy alto, correspondiendo al 21.00% de longitud del área de estudio. En el Anexo C.3 se detalla la evaluación de la matriz de riesgo y en el Anexo E.16 se muestra el mapa de riesgo para la zona de estudio.
- De los sectores evaluados por métodos simplificados, empleando el espectro de diseño de la NTP E030, el desplazamiento promedio varió desde un 0.55% hasta 6.61%. Y de acuerdo con el espectro de diseño de la ASCE 7 se obtuvieron valores entre 0.27% hasta 4.40%. Por tanto, bajo el criterio de deformación máximo admisible establecido, el cual es de 0.50% para un nivel de consecuencia alto y un nivel de confianza bajo propuesto por Hawley et al. (2017), empleando el espectro de diseño de la NTP E030, un 100% de las secciones excederían el criterio máximo. Por otro lado, empleando el espectro de diseño de la ASCE 7, solo un 75% de estas secciones estaría excediendo este criterio.
- Un 18% de las secciones a las cuales se les realizó la estimación de desplazamiento por sismo obtuvieron resultados más elevados con el código de diseño ASCE 7, estas tienen como factor común que presentan las menores alturas de masa con potencial de deslizamiento y periodos fundamentales menores a 0.30 s; mientras que el que 82% restante obtuvieron mayores desplazamientos con el código de diseño E030, con periodos fundamentales en el rango de entre 0.30 a 0.436 s.
- Los sectores correspondientes a la única vía de evacuación peatonal en caso de desastres naturales calificaron con un nivel de peligro de bajo a moderado, con un nivel de vulnerabilidad alto y con un nivel de riesgo de moderado a alto. Por otro lado, el mapa de derrumbe muestra que este sector se vería afectado por un potencial deslizamiento. En el Anexo E.13 se muestra el área potencialmente afectada por deslizamiento.

8.2. Recomendaciones

En base a los resultados obtenidos en este estudio, se recomienda lo siguiente:

- Para el nivel de Riesgo Muy Alto se recomienda una mayor inspección rutinaria y monitoreo geotécnico, así como emplear métodos más sofisticados de cálculo para

calificar el riesgo. Para los niveles de Riesgo Alto y Moderado se recomienda una inspección rutinaria y monitoreo geotécnico.

- Se recomienda realizar ensayos de resistencia a gran escala con niveles de confinamiento que representen la condición actual de la Costa Verde a fin de reducir la incertidumbre a grandes niveles de confinamiento.
- Para los sectores que se clasificaron con un nivel de peligro alto se recomienda complementar con métodos de estabilización permanente, al control de caída de rocas existente, que incremente el índice de desempeño y reduzca el nivel de peligro.
- Se recomienda ejecutar un plan de intervención que minimice el riesgo en las zonas de evacuación peatonal llevándolo a un nivel de riesgo bajo o inferior.
- Se recomienda una campaña de investigación geotécnica con métodos directos e indirectos a fin de recolectar muestras representativas de los materiales que conforman los acantilados de la Costa Verde, teniendo como prioridad los sectores calificados con riesgo por deslizamiento de alto a muy alto.
- Se recomienda colocar instrumentación geotécnica para los taludes de la Costa Verde, principalmente inclinómetros, hitos topográficos y estaciones acelerográficas.
- Se recomienda realizar un estudio de amplificación sísmica para los acantilados de la Costa Verde en el distrito de Barranco, a fin de reducir las incertidumbres en los resultados de los desplazamientos por sismo.

Referencias

Agencia Andina. (28 de Febrero de 2016). Colocación de mallas en acantilados de la Costa Verde es solo un paliativo. Lima, Lima, Perú. Obtenido de https://andina.pe/agencia/noticia-colocacion-mallas-acantilados-de-costa-verde-es-solo-un-paliativo-600928.aspx

Ameratunga, J., Sivakugan, N., & Das, B. (2016). *Correlations of soil and rock properties in geotechnical Engineering.* India: Springer.

America Noticias. (18 de Marzo de 2014). Costa Verde: Barranco inició colocación de mallas en la Bajada de Baños. Lima, Lima, Perú. Obtenido de https://www.americatv.com.pe/noticias/actualidad/costa-verde-barranco-inicio-colocacion-mallas-bajada-banos-n129841

American Society of Civil Engineers. (2017). SITE CLASSIFICATION PROCEDURE FOR SEISMIC DESIGN. En A. S. Engineers, *ASCE/SEI 7-10 Minimum Design Loads for Buildings and Other Structures* (pág. 204). Virginia: American Society of Civil Engineers.

ATV Noticias. (19 de Diciembre de 2019). *Costa verde: Pánico se vivió durante derrumbe en Barranco [Archivo de video]*. Obtenido de https://www.youtube.com/watch?v=ozE0mHM0bZY

Autoridad del Proyecto Costa Verde. (Julio de 2014). *APCV*. Obtenido de https://apcvperu.gob.pe/estudios/

Basurto, D. (2010). *Diseño e Implementación de un Equipo de Corte Directo para Suelos Gravosos en el Laboratorio.* Lima: Universidad Nacional de Ingeniería.

Bojorque, J. (2011). Métodos para el análsisi de la estabilidad de pendientes. *Revista semestral de la DIUC*, 6 - 7.

Borja, M. (2012). *Metodología de la Investigación científica para ingenieros.* Chiclayo.

Bray, J., & Travasarou, T. (Abril de 2007). Simplified Prodecure for Estimating Earthqquake-Induced Deviatoric Slope Displacements.

Bray, J., Macedo, J., & Travasarou, T. (Marzo de 2018). Simplified Prodecure for Estimating Seismic Slope Displacements for Subduction Zone Earthquakes. American Society of Civil Engineers. doi:10.1061/(ASCE)GT.1943-5606.0001833

Cañari, M., & Alva, J. (2001). *Análisis de la estabilidad de taludes de la Costa Verde (Tesis de grado).* Universidad Nacional de Ingeniería, Lima.

Carballo, J., & Allin, C. (2000). *Probabilistic seismic demand analysis: spectrum matching and design.* Stanford University, California.

Castillo, J., & Alva, J. (1993). Peligro sísmico en el Perú. *VII Congreso Nacional de Mecánica de Suelos e Ingeniería de Cimentaciones.* Lima: CISMID.

Centro Peruano-Japones de Investigaciones Sísmicas y Mitigación de Desastres. (2015). *Microzonificación Sísmica del Distrito de Barranco.* CISMID, Lima.

CISMID. (2017). *Reporte Estudio Geotecnico.* Lima.

Duncan, J., Wright, S., & Brandon, T. (2014). *Soil Strength and Slope Stability.* New Jersey: Jhon Wiley & Sons.

El Comercio. (8 de agosto de 2019a). Costa Verde: ¿qué pasará con las competencias de Lima 2019 tras los deslizamientos? Lima, Lima, Perú. Obtenido de El Comercio [Versión electrónica]: https://elcomercio.pe/lima/sucesos/juegos-panamericanos-costa-verde-pasara-competencias-lima-2019-deslizamiento-tierra-noticia-ecpm-663165-noticia/?ref=ecr

El Comercio. (9 de Agosto de 2019b). Riesgo por talud en la Costa Verde y las posibles causas del derrumbe. Lima, Lima, Perú. Obtenido de https://elcomercio.pe/lima/sucesos/panamericanos-lima-riesgo-talud-costa-verde-informe-ecpm-noticia-663453-noticia/

El Comercio. (11 de Agosto de 2019c). El dinamismo del acantilado, por Angus Laurie. Opinión. Lima, Lima, Perú. Obtenido de https://elcomercio.pe/lima/sucesos/costa-verde-dinamismo-acantilado-angus-laurie-opinion-noticia-664111-noticia/?ref=ecr

El Comercio. (19 de Diciembre de 2019d). Costa Verde aún sin solución: proyectos pendientes, nuevo derrumbe y más de 70 puntos críticos en acantilados. Lima, Lima, Perú. Obtenido de https://elcomercio.pe/lima/sucesos/costa-verde-aun-sin-solucion-proyectos-

pendientes-nuevo-derrumbe-y-mas-de-70-puntos-criticos-en-acantilados-noticia/?ref=ecr

El Comercio. (19 de Diciembre de 2019e). Costa Verde, escenario de constantes derrumbes y deslizamientos de piedras. Cronología. Lima, Lima, Perú. Obtenido de https://elcomercio.pe/lima/sucesos/costa-verde-escenario-de-constantes-derrumbes-y-deslizamientos-de-piedras-cronologia-noticia/?ref=ecr

El Comercio. (7 de enero de 2020). La historia de la Costa Verde y de la ciudad que conquistó su mar. Lima, Lima, Perú. Obtenido de https://elcomercio.pe/somos/historias/la-historia-de-la-costa-verde-y-de-la-ciudad-que-conquisto-su-mar-lima-peru-noticia/?ref=ecr

Estaire, J., & Olalla, C. (12 de Enero de 2007). *CEDEX Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas.* Obtenido de https://hispagua.cedex.es/sites/default/files/hispagua_articulo/Ingcivil/2006_144_9.pdf

Granados, A. (2006). Estabilización de talud de la costa verde en la zona del distrito de Barranco. *(Tesis de Titulación).* Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima.

Hawley, M. (2017). Waste Dump and Stockpile Stability Rating and Hazard Classification System. En M. Hawley, & J. Cunning, *Guidelines for Mine Waste Dump and Stockpile Design* (págs. 29 -53). New Zealand: CSIRO.

Hawley, M., Hogarth, J., Cunning, J., & Haynes, A. (2017). Stability analysis. En M. Hawley, & J. Cunning, *Guidelines for Mine Waste Dump and Stockpile Design* (pág. 144). Australia and New Zealand: CSIRO Publishing.

Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, M. (2014). *Metodología de la Investigación.* México D.F.: McGraw-Hill.

Hidalgo, C., Vega, J., Pacheco, A., & Villarraga, M. (Noviembre de 2012). Estimación de la amenaza por deslizamiento en proyectos lineales: carreteras suelos residuales.

Hungr, O. (1995). A model for the runout analysis of rapid flow slides, debris flows and avalanches. *Canadian Geotechnical Journal Vol 32*, 610-623.

Hungr, O., & Evans, S. G. (1996). Rock avalanche run out prediction using a dynamic model. *Proc., 7th Int. Symp. Landslides, Trondheim, Norway*, 233-238.

Hynes, M., & Franklin, A. (Julio de 1984). Rationalizing the Seismic Coefficient Method. 37. Washington: US Army Corps of Engineers.

Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico. (1997). Estudio de la seguridad física de los acantilados de la costa verde. *INGEMMET, Boletin Serie C: Geodinámica e Ingeniería Geológica*, 82.

Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico. (2015). Peligros Geológicos en el área de Lima Metropolitana y la Región Callao. *INGEMMET, Boletín Serie C: Geodinámica e Ingeniería Geológica N°59*, 163.

Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico. (2020). *Evaluación de Peligros Geológicos por Movimientos en Masa en el Malecón Pedro de Osma - Acantilado de la Costa Verde.* Lima: INGEMMET.

Instituto Nacional de Defensa Civil. (2003). *Estudio de Vulnerabilidad y Determinación de Riesgo.* Lima: Dirección Nacional de Prevención.

La República. (14 de Enero de 2021). Costa Verde: MML culmina instalación de cerco perimétrico. Lima, Lima, Perú. Obtenido de https://larepublica.pe/sociedad/2021/01/15/costa-verde-mml-culmina-instalacion-de-cerco-perimetrico/

Macanaza, R. (2006). Análisis dinámico de los acantilados de la ciudad de Lima. *(Tesis de Maestría).* Universidad Nacional de Ingeniería, Lima.

Mendoza, M., & Domínguez, L. (29 de Enero de 2018). *CENAPRED Mexico.* Obtenido de https://www1.cenapred.unam.mx/DIR_SERVICIOS_TECNICOS/SANI/PAT/2017/4o%20trimestre/2362%20DI/10728/DS/octubre/UNIVERSUM-IGEOF/CAPITULO_V.pdf

Ministerio de Energía y Minas. (18 de agosto de 2017). DS 024-2016-EM modificado por D.S. N° 023-2017-EM. *Reglamento de seguridad y salud ocupacional en minería*. Lima, Perú.

Ministerio de vivienda, construcción y saneamiento. (2018a). NTP E0.30 Diseño sismoresistente. En c. y. Ministerio de vivienda, *Reglamento Nacional de Edificaciones* (pág. 10). Lima: El Peruano.

Ministerio de vivienda, construcción y saneamiento. (2018b). Norma Técnica E.050 “Suelos y Cimentaciones”. En c. y. Ministerio de vivienda, *Reglamento Nacional de Edificaciones* (pág. 42). Lima: El Peruano.

Municipalidad Metropolitana de Lima. (Diciembre de 2014). Mapas de Peligros, Vulnerabilidad y riesgos, plan de usos del suelo ante desastres, proyectos y medidas de mitigación de la Costa Verde". *Estudio Programa Cuidades Sostenibles*. Lima, Perú.

O. Hungr Geotechnical Research Inc. (2010). *User's manual DAN-W RELEASE 10 Dynamic analysis of landslides.* Canada: O. Hungr Geotechnical Research Inc.

Oliva, G., & Gallardo, A. (2018). Evaluación del riesgo por deslizamiento de una ladera en la ciudad de Tijuana, México. *Revista Tecnura, 22*(55), 94. doi:https://doi.org/10.14483/22487638.12063

Prensa UNI. (4 de febrero de 2015). *El 30% del terreno de los acantilados de la Costa Verde presenta un estado crítico [Articulo de Blog]*. Obtenido de http://rrppuni.blogspot.com/2015/02/el-30-del-terreno-de-los-acantilados-de.html

Raygada, L. (2011). *Análisis de Estabilidad y Deformaciones en el Acantilado de la Costa Verde.* Lima: Universidad Nacional de Ingeniería.

SENCICO. (1 de Enero de 2016). *Servicio Web de Consultas para la Determinación del Peligro Sísmico en el Territorio Nacional*. Obtenido de http://page.sencico.gob.pe/publicaciones.php?id=331

TVPerú. (25 de febrero de 2020). *Sucedió en el Perú: Costa verde, historia y desarrollo urbano (22/02/2020)| TVPerú [Archivo de video]*. Obtenido de https://www.youtube.com/watch?v=DbdLcwisSGU

U.S. Army Corps of Engineers. (31 de octubre de 2003). *Slope Stability.* Obtenido de USACE Publications - Engineer Manuals: https://www.publications.usace.army.mil/Portals/76/Publications/EngineerManuals/EM_1110-2-1902.pdf?ver=2014-05-07-083439-823

UNI. (2013). *Estudio Geotecnico.* Lima.

UNI. (2016). *Reporte Estudio Geotecnico.* Lima.

Urritia, P. (2008). *Análisis dinámico de Estabilidad por Elemento Finitos de los taludes de la Costa Verde en el distrito de Miraflores (Tesis de grado).* Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima.

Vargas, A. (2007). *Estabilidad de Taludes en la Costa Verde, Distrito de Miraflores (Tesis de grado).* Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima.

Vasquez, J., Backhoff, M., Gonzalez, J., & Morales, E. (2016). Establecer la vulnerabilidad y evaluar el riesgo por deslizamientos, inundaciones pluviales y socavación de puentes en la Red Federal de Carreteras. México: Instituto Mexicano del Transporte.

Vega, J. (2012). Estimación del riesgo por deslizamientos de laderas generados por eventos sísmicos en la ciudad de Medellín usando herramientas de la geomática. Caso aplicado a edificaciones urbanas. La Plata: Univesidad Nacional de La Plata.

Yacoub, T. (2016). Using Shear Strength Reduction Method for 2D and 3D Slope Stability Analysis. *Annual Kansas City Geotechnical Conference 2016.* Kansas.

Anexo A Matriz de consistencia

MATRIZ DE CONSISTENCIA

Proyecto: ANÁLISIS DE ESTABILIDAD PARA LA DETERMINACIÓN DEL RIESGO POR DESLIZAMIENTO DEL ACANTILADO DE LA COSTA VERDE, DISTRITO BARRANCO

PROBLEMA GENERAL	OBJETIVO GENERAL	HIPOTESIS PRINCIPAL	VARIABLES INDEPENDIENTES	INDICADORES	ESCALA DE MEDICION
¿Cuál es el nivel de riesgo por deslizamiento en el acantilado de la Costa Verde en el distrito de Barranco?	Determinar el nivel de riesgo por deslizamiento en el acantilado de la Costa Verde en el distrito de Barranco.	El nivel de riesgo por deslizamiento en el acantilado de la Costa Verde del distrito de Barranco será moderado.	A. Cargas Sísmicas.	Espectro de Peligro Uniforme de Sitio	s
				PGA	cm/s2
			B. Propiedades Geotécnicas.	Densidad	kN/m3
				Cohesión	kPa
				Fricción	°
			C. Escenario Regional	Precipitación	mm
				Nivel Freático	-
			D. Superficie de talud	Topografía	Curvas de nivel
			E. Entorno Urbano	Descripción del espacio urbano	-
PROBLEMAS ESPECÍFICOS	**OBJETIVOS ESPECÍFICOS**	**HIPÓTESIS ESPECÍFICAS**	**VARIABLES DEPENDIENTES**	**INDICADORES**	**ESCALA DE MEDICION**
A. ¿Cuáles son los parámetros geotécnicos de los materiales de suelo que componen el acantilado de la Costa Verde, de acuerdo al criterio de falla Mohr Coulomb?	A. Estimar los parámetros geotécnicos para los materiales de suelo que componen el acantilado de la Costa Verde, de acuerdo al criterio de falla Mohr Coulomb.	A. Los parámetros geotécnicos de los materiales que componen el acantilado de la Costa Verde, de acuerdo al criterio de falla de Mohr Coulomb, tendrán un componente cohesivo relevante.	A. Análisis de Equilibrio Límite.	Método de Spencer.	Factor de Seguridad.
			B. Deformaciones Permanentes.	Nivel de deformación.	Metros.
B. ¿Cuál es el nivel de peligro por deslizamiento del acantilado de la Costa Verde de acuerdo a sus condiciones geológicas y de estabilidad física?	B. Evaluar el nivel de peligro por deslizamiento del acantilado de la Costa Verde de acuerdo a las condiciones geológicas y de estabilidad física.	B. El nivel de peligro asociado a las condiciones geológicas y de estabilidad física del acantilado de la Costa Verde será moderado.	C. Nivel de Peligro	Índidce Geológico	Valoración de 0 a 50
				Índice de Desempeño	Valoración de 0 a 50
C. ¿Cuál es el nivel de vulnerabilidad del entorno urbano desarrollado en el acantilado de la Costa Verde?	C. Evaluar el nivel de vulnerabilidad del entorno urbano sujeto al acantilado de la Costa Verde.	C. El nivel de vulnerabilidad asociada al entorno urbano del acantilado de la Costa Verde será moderado.	D. Nivel de Vulnerabilidad	Valoración del Entorno Urbano	Valoración de 0 a 100
			E. Nivel de Riesgo	Matriz de Riesgo	Valoración de "Muy Bajo" a "Muy Alto"
D. ¿Cuál es el nivel de riesgo por deslizamiento y cuál es la respuesta sísmica de las zonas más críticas del acantilado de la Costa Verde?	D. Determinar el nivel de riesgo por deslizamiento en el acantilado de la Costa Verde y evaluar la respuesta sísmica de los sectores más críticos.	D. El nivel de riesgo por deslizamiento en el acantilado de la Costa Verde y la respuesta sísmica de los sectores críticos serán moderados.			

METODOLOGÍA		POBLACIÓN	MUESTRA	TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN	ESTADÍSTICA
TIPO	**DISEÑO**				
El tipo de investigación tendrá un enfoque cuantitativo, por la valoración cuantitativa de los índices de peligro y vulnerabilidad. Por lo cual tendrá alcance de tipo correlacional de estas variables que determinarán el riesgo por deslizamiento en el acantilado de la Costa Verde en el distrito de Barranco.	El diseño de la investigación será no experimental de tipo transversal. Es decir que los parámetros se medirán en su contexto actual a la fecha del estudio. Cuyos resultados deben comprenderse dentro de las variables tomadas para un momento dado. Como primer paso se estimarán os parámetros del material que compone el talud y su geomorfología. Así como parámetros sísmicos en base a un registro histórico sísmico típico al espectro de respuesta de sitio. Luego, se evaluará el peligro bajo índices geológicos y de desempeño. Así como, la vulnerabilidad de acuerdo a la evaluación del entorno. Finalmente con la correlación de variables de cada unidad de análisis se determinará el nivel de riesgo asociado al sector.	El área de estudio se delimita dentro del distrito de Barranco, en el acantilado de la Costa Verde y el entorno urbano al cual está sujeto. Se desarrolla en relación a un tramo de la “Playa Barranco” aproximadamente a 270 de la “Bajada de Baños”, abarca la “Playa Los Yuyos” y parte de la “Playa Las Sombrillas” hasta el límite con el distrito de Chorrillos. Se distinguen tres zonas dentro del área. La zona alta se compone de edificaciones y espacios públicos. La zona del talud. Y por último se tiene la zona baja. Esta se compone de una vía vehicular rápida, una ciclovía y la circulación peatonal que distribuye a las personas a lo largo de las playas de Barranco.	Se definirá la unidad muestral como una zona geográfica de características particulares, dentro del área de estudio. Entonces se definirán unidades de análisis independientes entre sí. Por lo que el muestreo será no probabilísitco. Con ello se pretende analizar todas las unidades que compongan a la población.	Consiste en: Primero, determinar la sectorización del área de estudio. Segundo, determinar el peligro para cada sector. Tercero, determinar la vulnerabilidad para cada sector. Cuarto, determinar el nivel de riesgo para cada sector. Quinto, evaluar la respuesta sísmica de los sectores más criticos. Instrumento de recolección de datos: Se empleará la observación, como el estudio de topografía, fotogrametría, recolección de parámetros de resistencia. Además de la selección de registros sísmicos. También se emplearán pruebas estandarizadas de caracterización geotécnica.	Se empleará una estadística descriptiva para el ordenamiento de la recolección de datos como las medidas de tendencia central. Así como la variabilidad como contraste en fórmulas de correlación sobre los mismos indicadores. Luego una estadística inferencial ya que se generalizarán los parámetros de resistencia obtenidos a la población. El procesamiento de la data será a través de los programas de Slide y el DANW, que procesan información y evaluación la estabilidad en condiciones estáticas y pseudo-estáticas, según corresponda. Para la evaluación de riesgos se elaborará una matriz que correlacione el peligro y la vulnerabilidad.

Anexo B Sectorización

<<

FICHA POR SECTOR DE COSTA VERDE

Proyecto: ANÁLISIS DE ESTABILIDAD PARA LA DETERMINACIÓN DEL RIESGO POR DESLIZAMIENTO DEL ACANTILADO DE LA COSTA VERDE, DISTRITO BARRANCO

Fecha: 9/02/2021

Distrito: Barranco **Sector:** 001 **Elaborado por:** LVH ; BSR

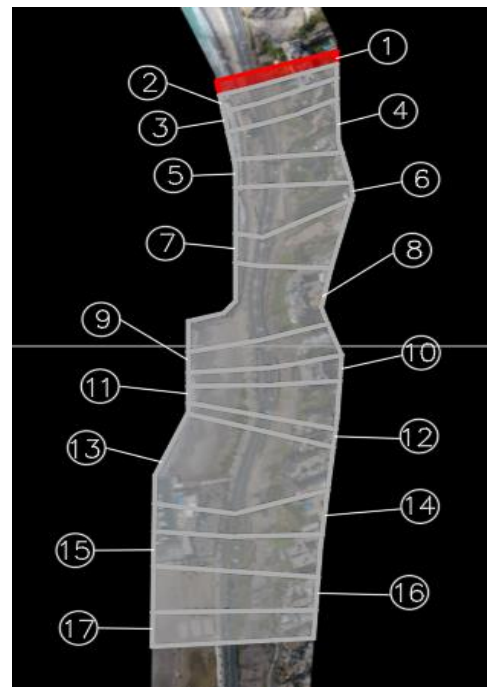
Progresiva Inicial: 0+000 **Progresiva Final:** 0+025 **Pag.:** 1/2

Entorno del Sector:

Descripción de Zona Alta (Eficicaciones/ Espacios Públicos):

- Existe una Edificación de 8 niveles, con una altura aproximada de 24m. Su uso es de vivienda y visualmente consta de una construcción de concreto armado en buenas condiciones. Está ubicado aproximadamente a 12m de distancia del talud.

Ubicación:



Descripción de Zona Baja (Eficicaciones/ Espacios Públicos):

- Existe una vía rápida vehicular a 4 metros del pie del talud. Abarca un ancho de 19m, con un total de 6 carriles.
- Continuamente existe una ciclovía de un ancho de 1.8m.
- Seguido a la ciclovía esta una vereda peatonal de 5m.
- Finalmente se tiene la "Playa Los Pavos" de un ancho aproximado de 8m.

Diagrama en planta del Sector:

Anexo B. Sectorización

FICHA POR SECTOR DE COSTA VERDE

Proyecto: ANÁLISIS DE ESTABILIDAD PARA LA DETERMINACIÓN DEL RIESGO POR DESLIZAMIENTO DEL ACANTILADO DE LA COSTA VERDE, DISTRITO BARRANCO

Fecha: 9/02/2021

Distrito: Barranco **Sector:** 001 **Elaborado por:** LVH ; BSR

Progresiva Inicial: 0+000 **Progresiva Final:** 0+025 **Pag.:** 2/2

Zona de talud:

Talud en el sector: Min Elev.: 7 msnm H promd.: 45 m
Max Elev.: 52 msnm

Forma: El sector en perfil, de manera general, tiene un forma convexa iniciando con una pendiente muy empinada al pie del talud, luego la pendiente se va suavizando hacia la plaforma superior.

Descripción Estratigrafía: De los trabajos de campo se observó partiendo desde la base del talud una potencia aproximada de 20m de material conglomerado, una potencia de material fino de 5m para luego continuar con un material conglomerado masivo.

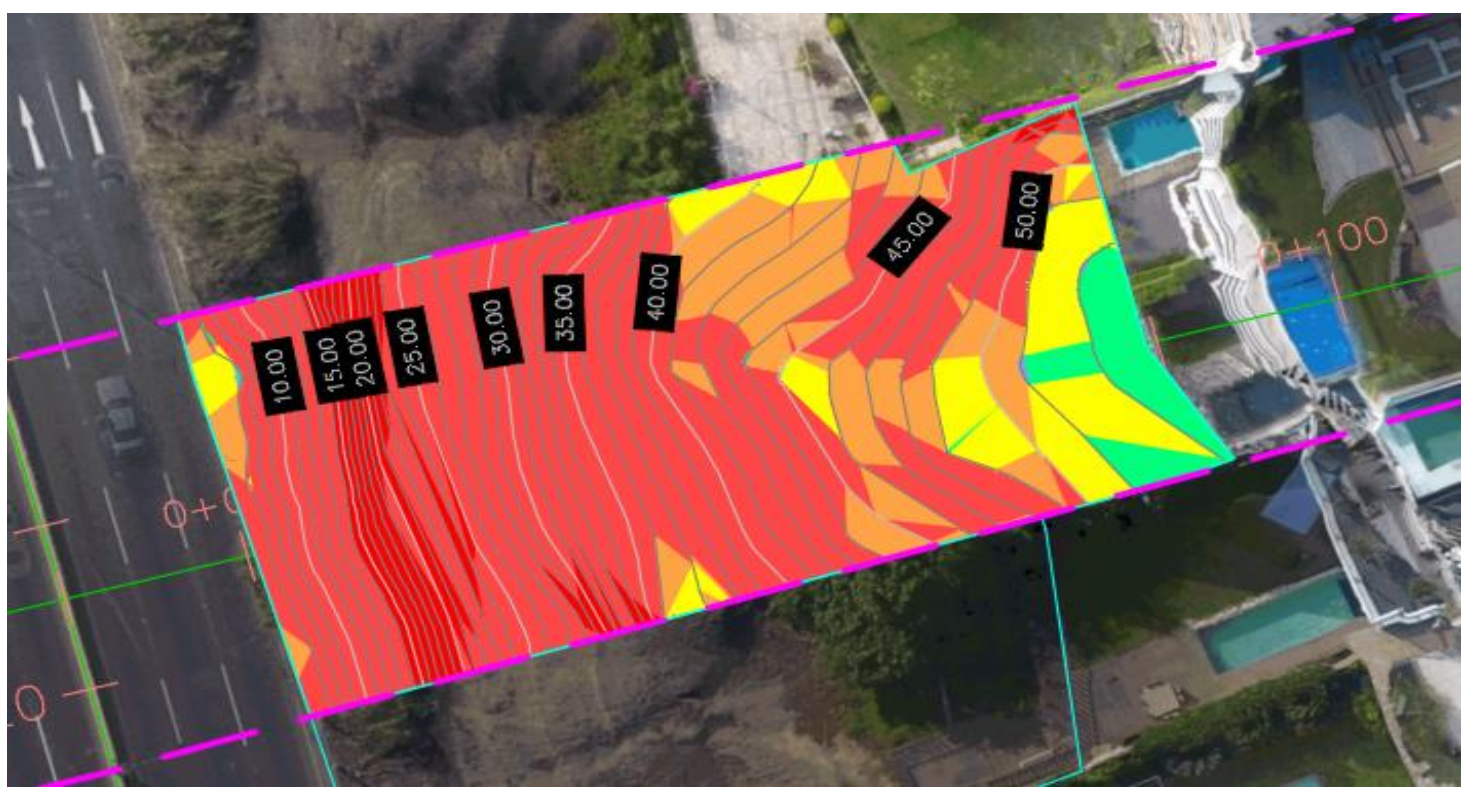
Tipo de Intervención: La superficie del talud tiene poca cobertura de vegetación, presente hacia el pie del talud. Además tiene una malla para el control preventivo de caída de rocas. Así como, un cerco de malla al borde de la vía vehicular

Acceso: No existen accesos através del talud.

Resumen Área mapa de calor:

Valoración	Min	Max	Area (m^2)	Area (%)	Pendiente Promedio
	0°	5°	0.88	0.1%	34.54°
	5°	15°	49.52	4.2%	
	15°	25°	121.94	10.4%	
	25°	32°	174.60	14.8%	
	32°	40°	731.10	62.1%	
	40°	90°	98.49	8.4%	

Diagrama en planta del Sector:



Anexo B. Sectorización

FICHA POR SECTOR DE COSTA VERDE

Proyecto: ANÁLISIS DE ESTABILIDAD PARA LA DETERMINACIÓN DEL RIESGO POR DESLIZAMIENTO DEL ACANTILADO DE LA COSTA VERDE, DISTRITO BARRANCO

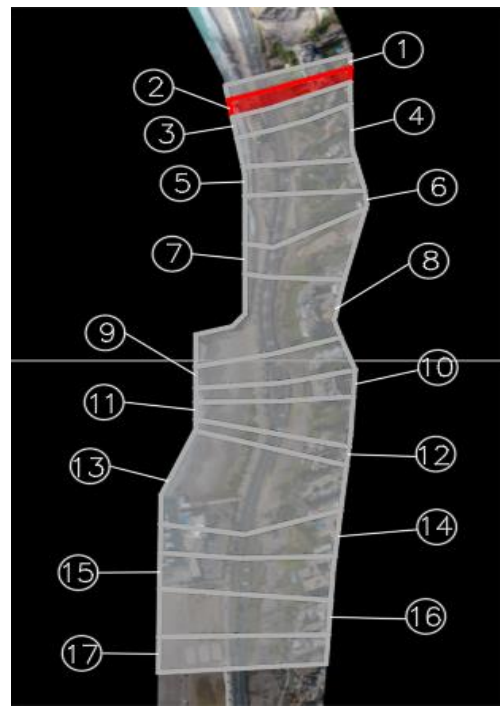
Fecha: 9/02/2021

Distrito: Barranco **Sector:** 002 **Elaborado por:** LVH ; BSR

Progresiva Inicial: 0+025 **Progresiva Final:** 0+054.5 **Pag.:** 1/2

Entorno del Sector:

Ubicación:



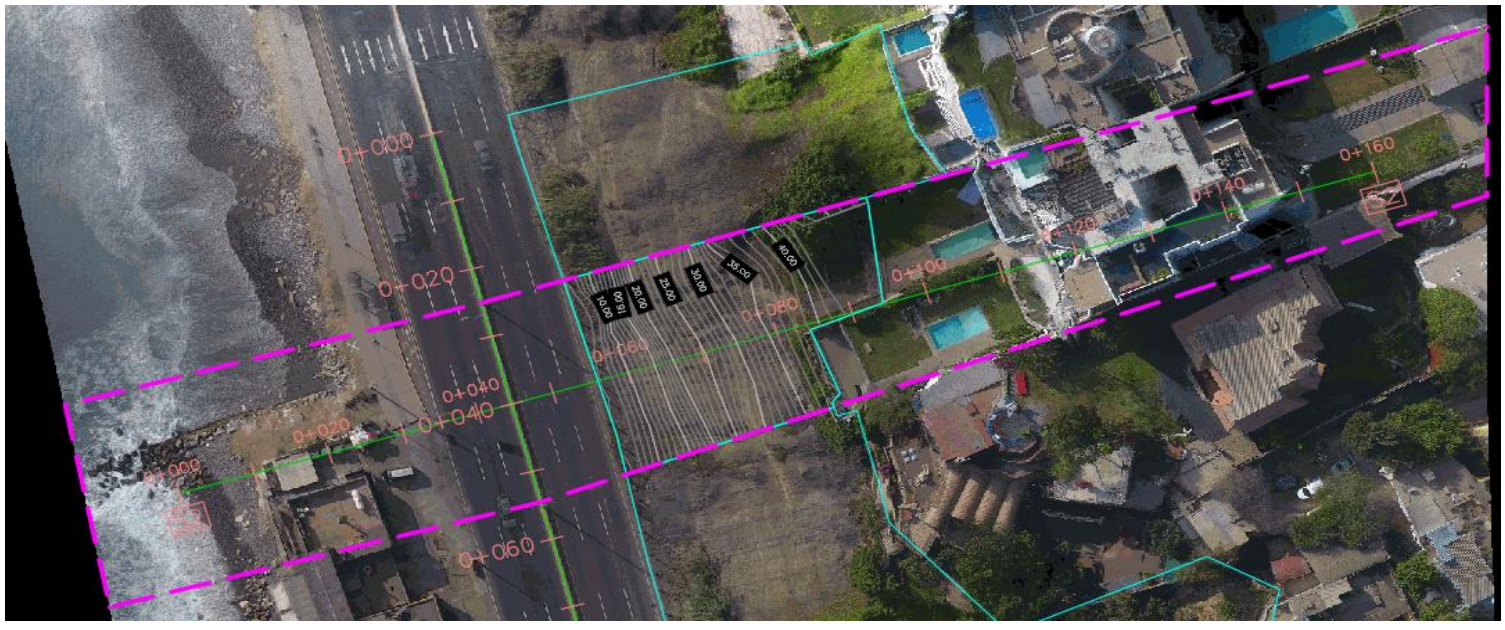
Descripción de Zona Alta (Eficicaciones/ Espacios Públicos):

- Existe una Edificación de 11 niveles, con una altura aproximada de 33m. Su uso es de vivienda y visualmente consta de una construcción de concreto armado en buenas condiciones. Está ubicado aproximadamente a 30m de distancia del borde del talud.

Descripción de Zona Baja (Eficicaciones/ Espacios Públicos):

- Existe una vía rápida vehicular a 4 metros del pie del talud. Abarca un ancho de 19m, con un total de 6 carriles.
- Continuamente existe una ciclovía de un ancho de 1.8m.
- Seguido a la ciclovía esta una vereda peatonal de 5m.
- Luego, se tiene un local comercial de 2 niveles.
- Finalmente se tiene la "Playa Barranco" de un ancho aproximado de 5m.

Diagrama en planta del Sector:



Anexo B. Sectorización

FICHA POR SECTOR DE COSTA VERDE

Proyecto: ANÁLISIS DE ESTABILIDAD PARA LA DETERMINACIÓN DEL RIESGO POR DESLIZAMIENTO DEL ACANTILADO DE LA COSTA VERDE, DISTRITO BARRANCO

Fecha: 9/02/2021

Distrito: Barranco **Sector:** 002 **Elaborado por:** LVH ; BSR

Progresiva Inicial: 0+025 **Progresiva Final:** 0+054.5 **Pag.:** 2/2

Zona de talud:

Talud en el sector: Min Elev.: 6 msnm H promd.: 36 m
Max Elev.: 42 msnm

Forma: El sector en perfil, de manera general, tiene un forma convexa iniciando con una pendiente muy empinada al pie del talud, luego la pendiente se va suavizando hacia la plaforma superior.

Descripción Estratigrafía: De los trabajos de campo se observó, partiendo desde la base del talud, una potencia aproximada de 20m de material conglomerado, una potencia de material fino de 5m, una potencia de 2m de material conglomerado, un potencia de 1m de material fino y terminando con un material conglomerado en la parte superior.

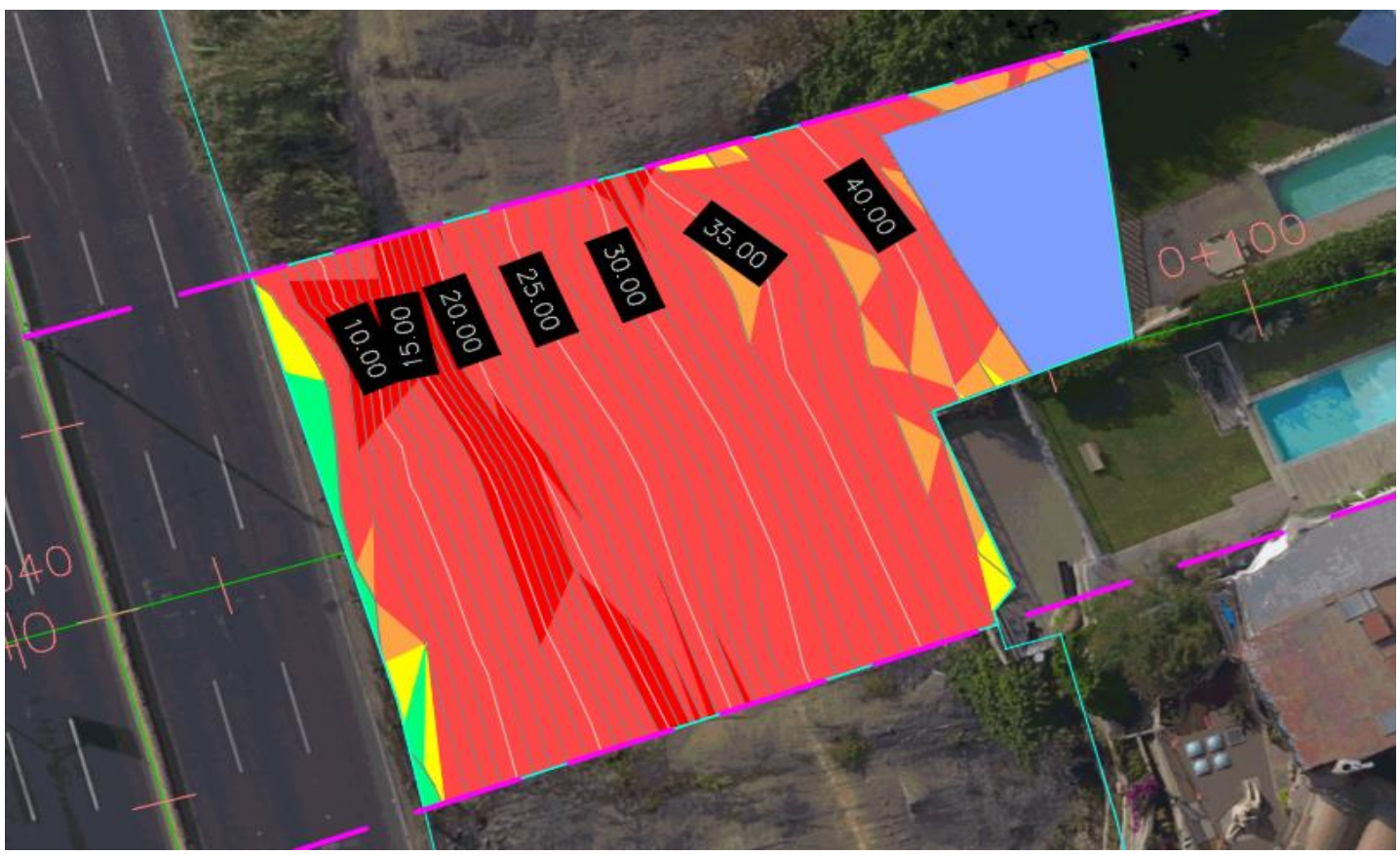
Tipo de Intervención: No se observa vegetación sobre la superficie del talud. Se tiene una malla para el control preventivo de caída de rocas. Así como, un cerco de malla al borde de la vía vehicular.

Acceso: No existen accesos que através del talud.

Resumen Área mapa de calor:

Valoración	Min	Max	Area (m^2)	Area (%)	Pendiente Promedio
	0°	5°	110.75	11.4%	34.08°
	5°	15°	15.85	1.6%	
	15°	25°	17.84	1.8%	
	25°	32°	43.70	4.5%	
	32°	40°	688.31	70.6%	
	40°	90°	98.59	10.1%	

Diagrama en planta del Sector:



Anexo B. Sectorización

FICHA POR SECTOR DE COSTA VERDE

Proyecto: ANÁLISIS DE ESTABILIDAD PARA LA DETERMINACIÓN DEL RIESGO POR DESLIZAMIENTO DEL ACANTILADO DE LA COSTA VERDE, DISTRITO BARRANCO

Fecha: 9/02/2021

Distrito: Barranco **Sector:** 003 **Elaborado por:** LVH ; BSR

Progresiva Inicial: 0+054.5 **Progresiva Final:** 0+090 **Pag.:** 1/2

Entorno del Sector:

Descripción de Zona Alta (Eficicaciones/ Espacios Públicos):

- Existe un conjunto de edificaciones de hasta tres pisos distribuidos en distintos niveles. Llegan a una altura aproximada de 9m. Su uso es de vivienda y visualmente consta de una construcción de concreto armado en buenas condiciones. Está ubicado inmediatamente al borde del talud.

Descripción de Zona Baja (Eficicaciones/ Espacios Públicos):

- Existe una vía rápida vehicular a 6 metros del pie del talud. Abarca un ancho de 19m, con un total de 6 carriles.
- Continuamente existe un estacionamiento de 3.8m de ancho.
- Seguido esta una vereda peatonal de 1.2m.
- Luego, se tiene un local comercial de 2 niveles.
- Finalmente se tiene la "Playa Barranco" de un ancho aproximado de 3m.

Ubicación:

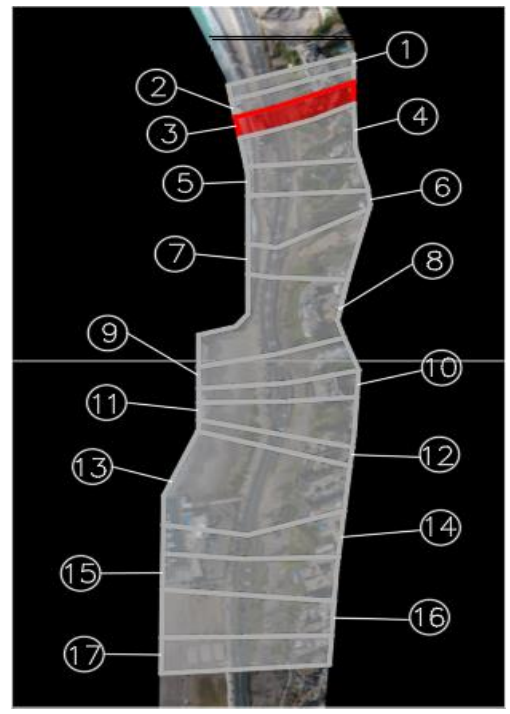


Diagrama en planta del Sector:

Anexo B. Sectorización

FICHA POR SECTOR DE COSTA VERDE

Proyecto: ANÁLISIS DE ESTABILIDAD PARA LA DETERMINACIÓN DEL RIESGO POR DESLIZAMIENTO DEL ACANTILADO DE LA COSTA VERDE, DISTRITO BARRANCO

Fecha: 9/02/2021

Distrito: Barranco **Sector:** 003 **Elaborado por:** LVH ; BSR

Progresiva Inicial: 0+054.5 **Progresiva Final:** 0+090 **Pag.:** 2/2

Zona de talud:

Talud en el sector: Min Elev.: 6 msnm H promd.: 35 m
Max Elev.: 41 msnm

Forma: El sector en perfil, de manera general, tiene un forma convexa iniciando con una pendiente muy empinada al pie del talud, luego la pendiente se va suavizando hacia la plaforma superior.

Descripción Estratigrafía: De los trabajos de campo se observó, partiendo desde la base del talud, una potencia aproximada de 20m de material conglomerado, una potencia de material fino de 5m, una potencia de 2m de material conglomerado, un potencia de 1m de material fino y terminando con un material conglomerado en la parte superior.

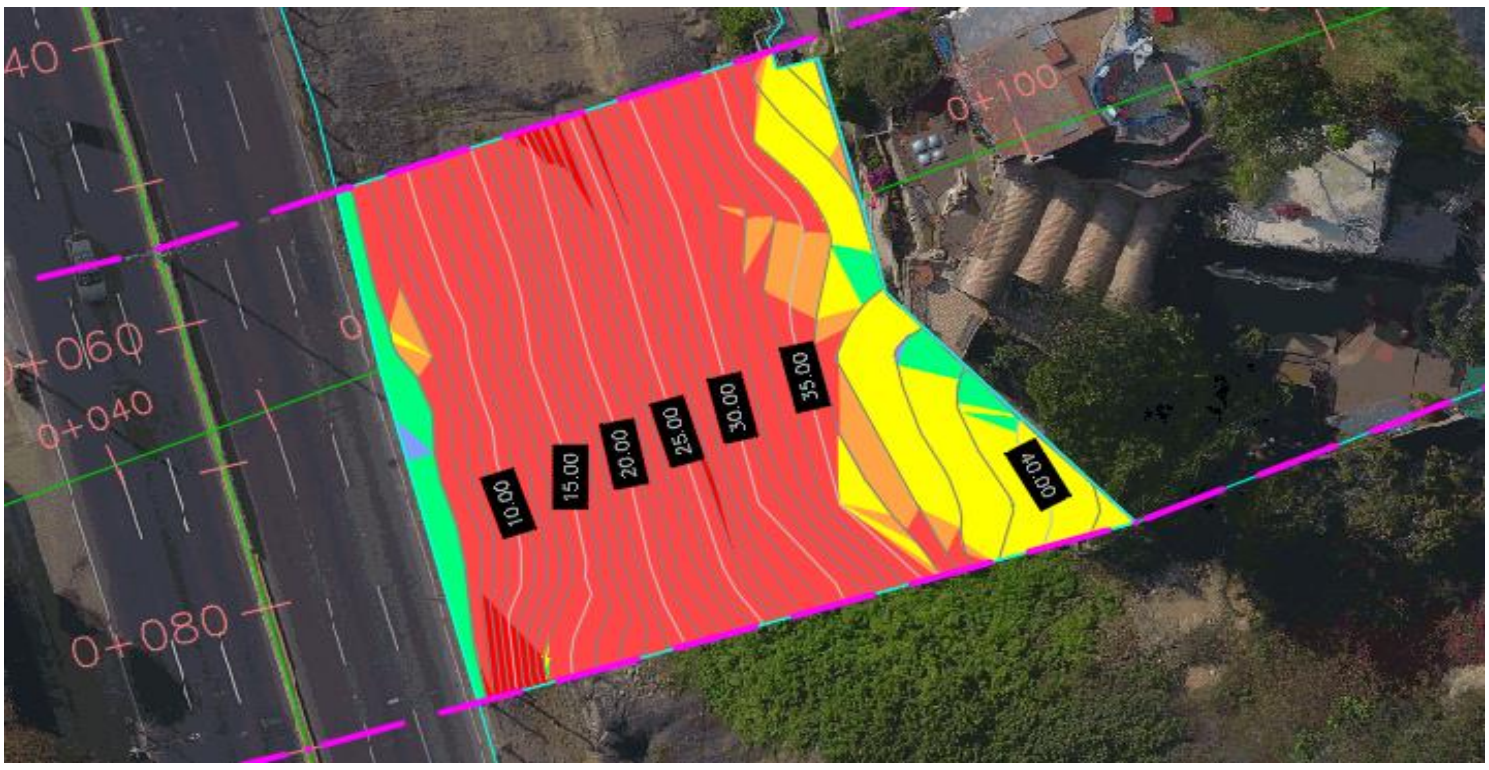
Tipo de Intervención: La superficie del talud tiene poca cobertura de vegetación, hacie el pie del talud. Además tiene una malla para el control preventivo de caída de rocas. Así como, un cerco con malla al borde de la vía vehicular rápida.

Acceso: No existen accesos que através del talud.

Resumen Área mapa de calor:

Valoración	Min	Max	Area (m^2)	Area (%)	Pendiente Promedio
	0°	5°	6.84	0.5%	32.25°
	5°	15°	66.79	5.3%	
	15°	25°	194.60	15.5%	
	25°	32°	64.24	5.1%	
	32°	40°	893.04	71.2%	
	40°	90°	29.41	2.3%	

Diagrama en planta del Sector:



Anexo B. Sectorización

FICHA POR SECTOR DE COSTA VERDE

Proyecto: ANÁLISIS DE ESTABILIDAD PARA LA DETERMINACIÓN DEL RIESGO POR DESLIZAMIENTO DEL ACANTILADO DE LA COSTA VERDE, DISTRITO BARRANCO

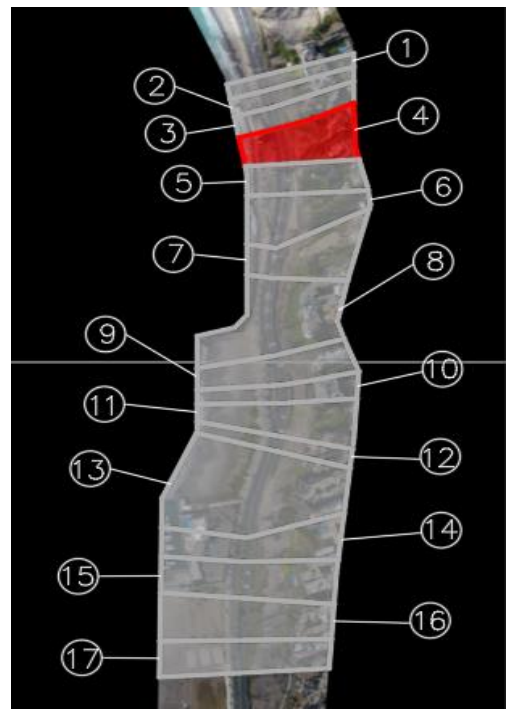
Fecha: 9/02/2021

Distrito: Barranco **Sector:** 004 **Elaborado por:** LVH ; BSR

Progresiva Inicial: 0+090 **Progresiva Final:** 0+150 **Pag.:** 1/2

Entorno del Sector:

Ubicación:



Descripción de Zona Alta (Eficicaciones/ Espacios Públicos):

- Existe un conjunto de edificaciones de entre 2 y 5 pisos distribuidos en distintos niveles. Llegan a una altura aproximada de hasta 15m. Su uso es de vivienda y visualmente consta de una construcción de concreto armado en buenas condiciones. Está ubicado próximo al borde del talud.

Descripción de Zona Baja (Eficicaciones/ Espacios Públicos):

- Existe una vía rápida vehicular a 2 metros del pie del talud. Abarca un ancho de 19m, con un total de 6 carriles.
- A lado, existe una vereda peatonal de un ancho de 3m.
- Continuamente existe un estacionamiento de 24m de ancho.
- Finalmente se tiene la "Playa Barranco" de un ancho aproximado de 5m.

Diagrama en planta del Sector:

Anexo B. Sectorización

FICHA POR SECTOR DE COSTA VERDE

Proyecto: ANÁLISIS DE ESTABILIDAD PARA LA DETERMINACIÓN DEL RIESGO POR DESLIZAMIENTO DEL ACANTILADO DE LA COSTA VERDE, DISTRITO BARRANCO

Fecha: 9/02/2021

Distrito: Barranco **Sector:** 004 **Elaborado por:** LVH ; BSR

Progresiva Inicial: 0+090 **Progresiva Final:** 0+150 **Pag.:** 2/2

Zona de talud:

Talud en el sector: Min Elev.: 6 msnm H promd.: 50 m
Max Elev.: 56 msnm

Forma: El sector en perfil, de manera general, tiene un forma convexa iniciando con una pendiente muy empinada al pie del talud, luego la pendiente se va suavizando hacia la plaforma superior.

Descripción Estratigrafía: De los trabajos de campo se observó, partiendo desde la base del talud, una potencia aproximada de 20m de material conglomerado, una potencia de material fino de 5m, una potencia de 11m de material conglomerado, un potencia de 1m de material fino, una potencia de 1.5m de material conglomerado, una potencia de 1.5m de material fino y terminando con un material conglomerado en la parte superior.

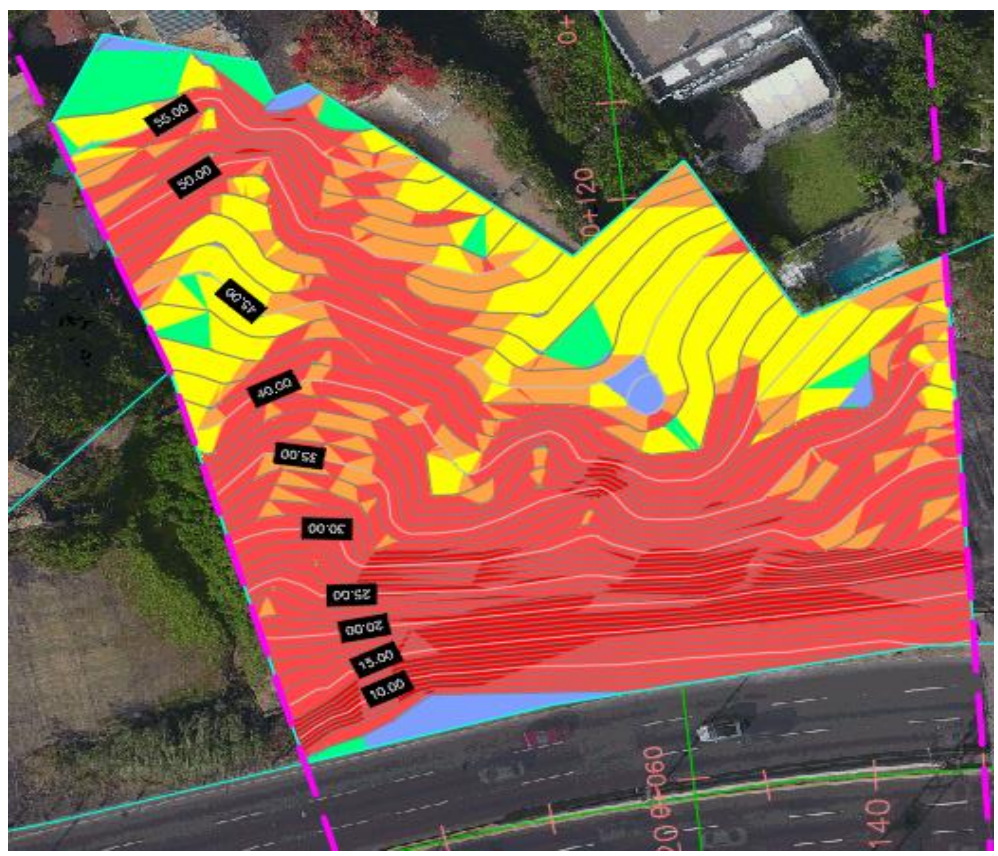
Tipo de Intervención: La superficie del talud tiene poca cobertura de vegetación. Además tiene una malla para el control preventivo de caída de rocas. Así como, un cerco con malla al borde de la vía vehicular rápida.

Acceso: No existen accesos que através del talud.

Resumen Área mapa de calor:

Valoración	Min	Max	Area (m^2)	Area (%)	Pendiente Promedio
	0°	5°	92.64	2.4%	32.95°
	5°	15°	154.70	4.1%	
	15°	25°	757.23	19.9%	
	25°	32°	527.92	13.8%	
	32°	40°	1,880.62	49.3%	
	40°	90°	399.42	10.5%	

Diagrama en planta del Sector:



Anexo B. Sectorización

FICHA POR SECTOR DE COSTA VERDE

Proyecto: ANÁLISIS DE ESTABILIDAD PARA LA DETERMINACIÓN DEL RIESGO POR DESLIZAMIENTO DEL ACANTILADO DE LA COSTA VERDE, DISTRITO BARRANCO

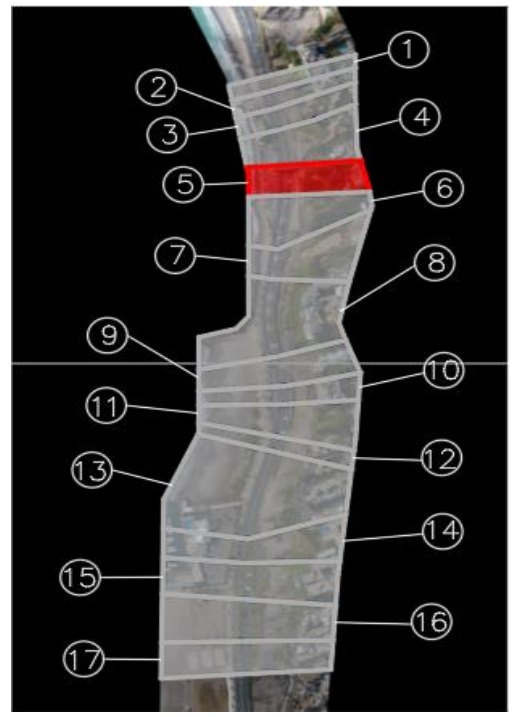
Fecha: 9/02/2021

Distrito: Barranco **Sector:** 005 **Elaborado por:** LVH ; BSR

Progresiva Inicial: 0+150 **Progresiva Final:** 0+200 **Pag.:** 1/2

Entorno del Sector:

Ubicación:



Descripción de Zona Alta (Eficicaciones/ Espacios Públicos):

- Existe un conjunto de edificaciones de hasta dos pisos distribuidos en distintos niveles. Llegan a una altura aproximada de hasta 6m. Su uso es de vivienda y locales comerciales y visualmente consta de contrucciones de concreto armado, material noble y elementos rústicos en buenas condiciones. Está ubicado aproximadamente 13m del talud.
- Existen áreas públicas como "El Mirador Catalina" en la zona más retradas de las plataformas superiores del talud.

Descripción de Zona Baja (Eficicaciones/ Espacios Públicos):

- Existe una vía rápida vehicular, que está entre 1 a 5 metros del pie del talud. Abarca un ancho de 19m, con un total de 6 carriles.
- A lado, existe un estacionamiento de un ancho aproximado de 19m.
- Continuamente existe una ciclovía de 1.8m de ancho.
- Luego se tiene la vereda peatonal de 5m de ancho.
- Finalmente se tiene la "Playa Barranco" de un ancho aproximado de 7m.

Diagrama en planta del Sector:

Anexo B. Sectorización

FICHA POR SECTOR DE COSTA VERDE

Proyecto: ANÁLISIS DE ESTABILIDAD PARA LA DETERMINACIÓN DEL RIESGO POR DESLIZAMIENTO DEL ACANTILADO DE LA COSTA VERDE, DISTRITO BARRANCO

Fecha: 9/02/2021

Distrito: Barranco **Sector:** 005 **Elaborado por:** LVH ; BSR

Progresiva Inicial: 0+150 **Progresiva Final:** 0+200 **Pag.:** 2/2

Zona de talud:

Talud en el sector: Min Elev.: 6 msnm H promd.: 46 m
Max Elev.: 52 msnm

Forma: El sector en perfil, de manera general, tiene un forma convexa iniciando con una pendiente muy empinada al pie del talud y al pie del acceso peatonal, luego la pendiente se va suavizando hacia la plaforma superior.

Descripción Estratigrafía: De los trabajos de campo, partiendo desde la base del talud, se observó un material conglomerado masivo hasta la parte superior.

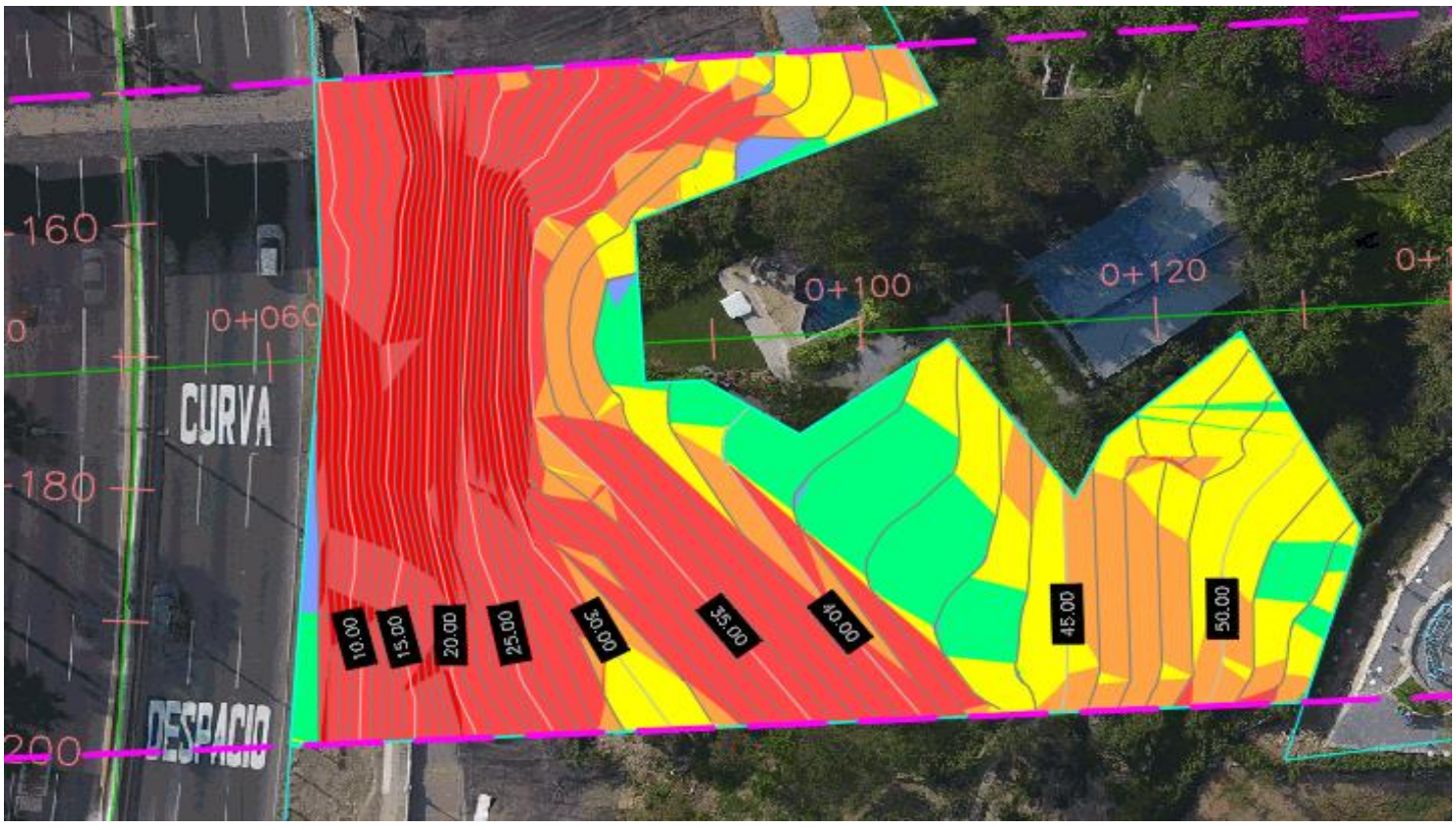
Tipo de Intervención: La superficie del talud está medianamente cubierta por vegetación, se concentra hacia la parte alta. Además tiene una malla para el control preventivo de caída de rocas. Y por debajo de la vía peatonal existe una capa de concreto con elementos de piedra sobre el talud de manera superficial.

Acceso: Existen una vía peatonal de 48 ml con anchos variables de 2m, 2.5m y 2.2m. Este acceso se conecta con un puente de 23 ml con un ancho de 2.5m aproximadamente.

Resumen Área mapa de calor:

Valoración	Min	Max	Area (m^2)	Area (%)	Pendiente Promedio
	0°	5°	22.12	0.9%	32.57°
	5°	15°	301.37	12.6%	
	15°	25°	473.95	19.7%	
	25°	32°	377.70	15.7%	
	32°	40°	853.47	35.6%	
	40°	90°	371.16	15.5%	

Diagrama en planta del Sector:



Anexo B. Sectorización

FICHA POR SECTOR DE COSTA VERDE

Proyecto: ANÁLISIS DE ESTABILIDAD PARA LA DETERMINACIÓN DEL RIESGO POR DESLIZAMIENTO DEL ACANTILADO DE LA COSTA VERDE, DISTRITO BARRANCO

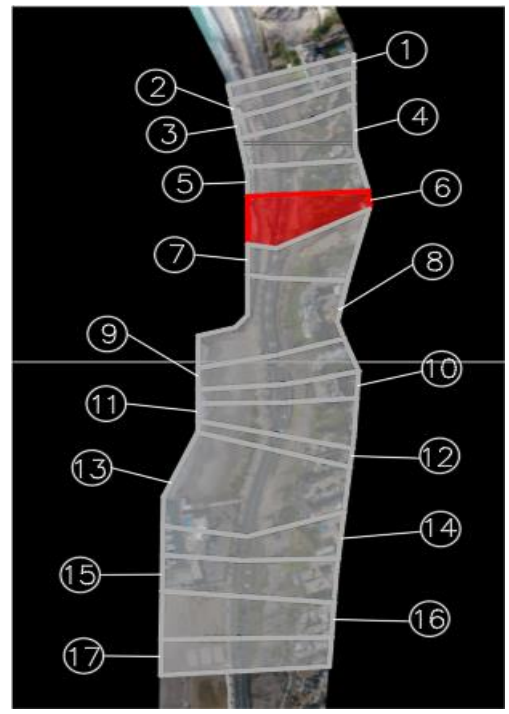
Fecha: 9/02/2021

Distrito: Barranco **Sector:** 006 **Elaborado por:** LVH ; BSR

Progresiva Inicial: 0+200 **Progresiva Final:** 0+290 **Pag.:** 1/2

Entorno del Sector:

Ubicación:



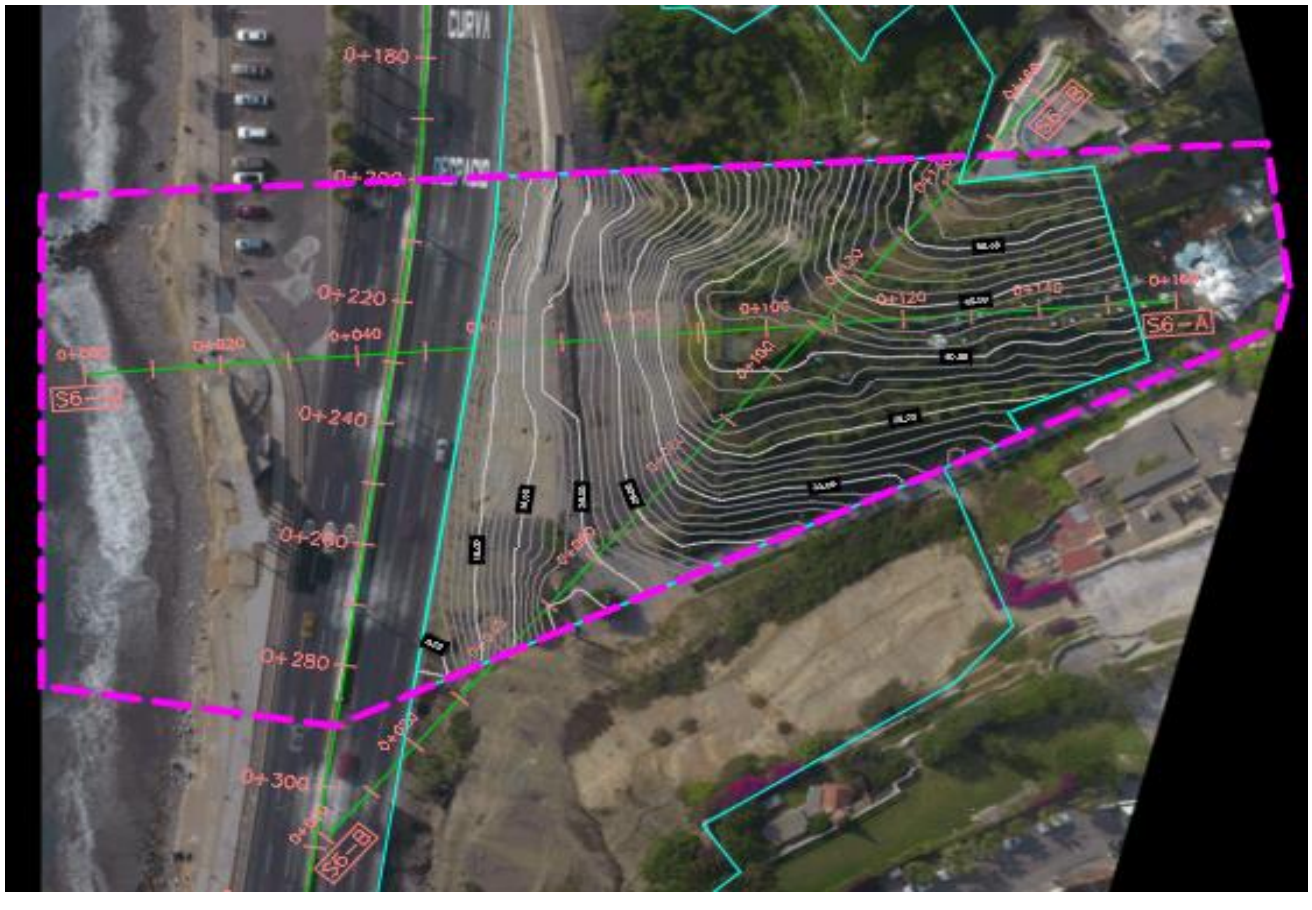
Descripción de Zona Alta (Eficicaciones/ Espacios Públicos):

- Existe un conjunto de edificaciones de hasta dos pisos. Llegan a una altura aproximada de hasta 6m. Su uso es de locales comerciales y visualmente consta de contrucciones de material noble y elementos rústicos en buenas condiciones. Está ubicado a 38m del talud.
- Existen áreas públicas como "El Mirador Catalina" en la zona más retradas de las plataformas superiores del talud.

Descripción de Zona Baja (Eficicaciones/ Espacios Públicos):

- Existe una vía rápida vehicular, que está entre 2.7 a 12 metros del pie del talud. Abarca un ancho de 19m, con un total de 6 carriles.
- A lado, existe un estacionamiento de un ancho aproximado de 19m.
- Continuamente existe una ciclovía de 1.8m de ancho.
- Luego se tiene la vereda peatonal que va de 1.8 a 5m de ancho.
- Finalmente se tiene la "Playa Barranco" de un ancho aproximado de 7m.

Diagrama en planta del Sector:



Anexo B. Sectorización

FICHA POR SECTOR DE COSTA VERDE

Proyecto: ANÁLISIS DE ESTABILIDAD PARA LA DETERMINACIÓN DEL RIESGO POR DESLIZAMIENTO DEL ACANTILADO DE LA COSTA VERDE, DISTRITO BARRANCO

Fecha: 9/02/2021

Distrito: Barranco **Sector:** 006 **Elaborado por:** LVH ; BSR

Progresiva Inicial: 0+200 **Progresiva Final:** 0+290 **Pag.:** 2/2

Zona de talud:

Talud en el sector: Min Elev.: 5 msnm H promd.: 49 m
Max Elev.: 54 msnm

Forma: El sector en perfil, de manera general, tiene un forma convexa iniciando con una pendiente medianamente empinada al pie del talud, luego la pendiente se va suavizando desde el pie del acceso peatonal hacia la plaforma superior.

Descripción Estratigrafía: De los trabajos de campo, partiendo desde la base del talud, se observó una potencia aproximada de 13m de material conglomerado, una potencia de material fino de 4m, una potencia de 17m de material conglomerado, un potencia de 2m de material fino y terminando con un material conglomerado en la parte superior.

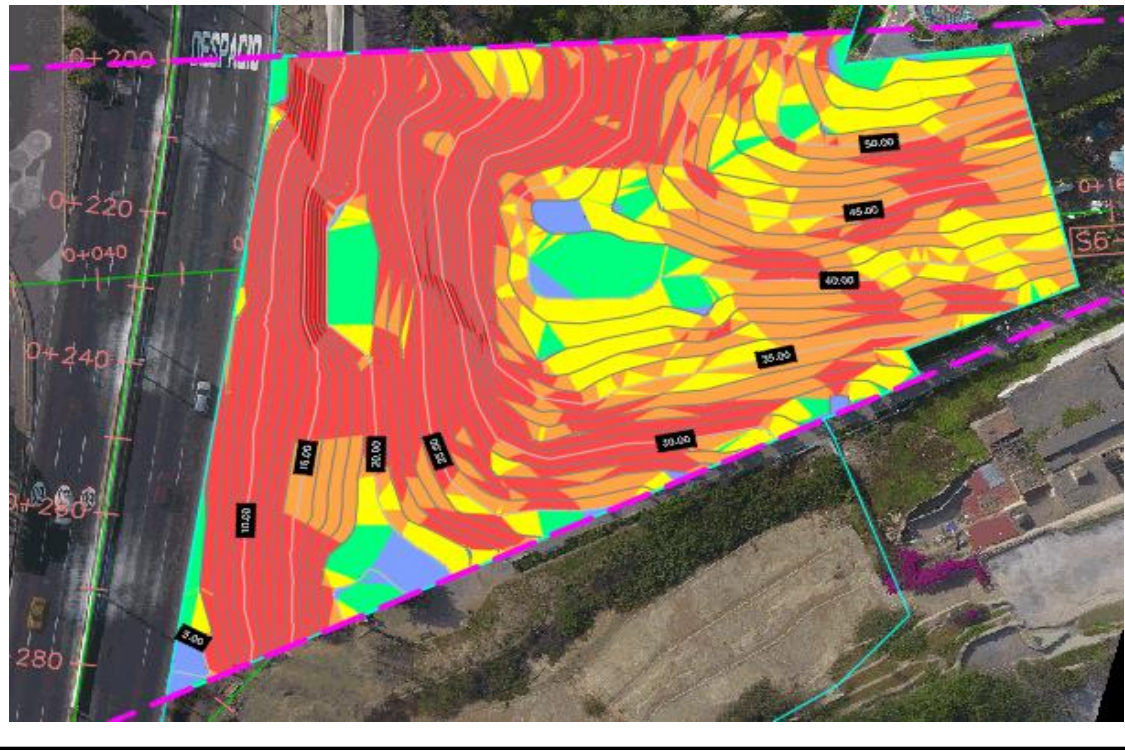
Tipo de Intervención: La superficie del talud está medianamente cubierta por vegetación, concentrándose hacia la parte alta. Además tiene una malla para el control preventivo de caída de rocas. Y por debajo de la vía peatonal existe una capa de concreto con elementos de piedra sobre el talud de manera superficial en estado moderado con zonas deterioradas.

Acceso: Existen una vía peatonal de 62 ml con anchos variables de 3.5m y 2.5m. Este acceso se conecta con un Mirador de un área de 210m2. Esta ruta se deriva del acceso peatonal "Bajada de Baños" de un ancho promedio de 3m, que conecta en 200m con el centro turístico del distrito de Barranco.

Resumen Área mapa de calor:

Valoración	Min	Max	Area (m^2)	Area (%)	Pendiente Promedio
	0°	5°	136.72	2.4%	29.24°
	5°	15°	423.84	7.4%	
	15°	25°	983.36	17.2%	
	25°	32°	1,429.34	25.0%	
	32°	40°	2,614.57	45.8%	
	40°	90°	118.89	2.1%	

Diagrama en planta del Sector:



Anexo B. Sectorización

FICHA POR SECTOR DE COSTA VERDE

Proyecto: ANÁLISIS DE ESTABILIDAD PARA LA DETERMINACIÓN DEL RIESGO POR DESLIZAMIENTO DEL ACANTILADO DE LA COSTA VERDE, DISTRITO BARRANCO

Fecha: 9/02/2021

Distrito: Barranco **Sector:** 007 **Elaborado por:** LVH ; BSR

Progresiva Inicial: 0+290 **Progresiva Final:** 0+340 **Pag.:** 1/2

Entorno del Sector:

Descripción de Zona Alta (Eficicaciones/ Espacios Públicos):

- Existe un conjunto de edificaciones de hasta seis pisos. Llegan a una altura aproximada de hasta 18m. Su uso es de vivienda y visualmente consta de contrucciones de concreto armado en buenas condiciones. Está ubicado aproximadamente a 16m del talud.

Descripción de Zona Baja (Eficicaciones/ Espacios Públicos):

- Existe una vía rápida vehicular, que está a 7 metros del pie del talud. Abarca un ancho de 19m, con un total de 6 carriles.
- Continuamente existe una ciclovía de 1.8m de ancho.
- Luego se tiene la vereda peatonal de 5m de ancho.
- Finalmente se tiene la "Playa Barranco" de un ancho aproximado de 6 m.

Ubicación:

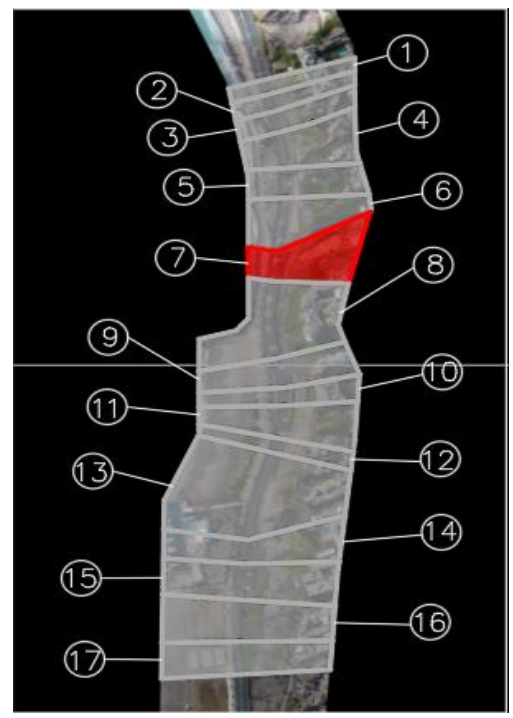
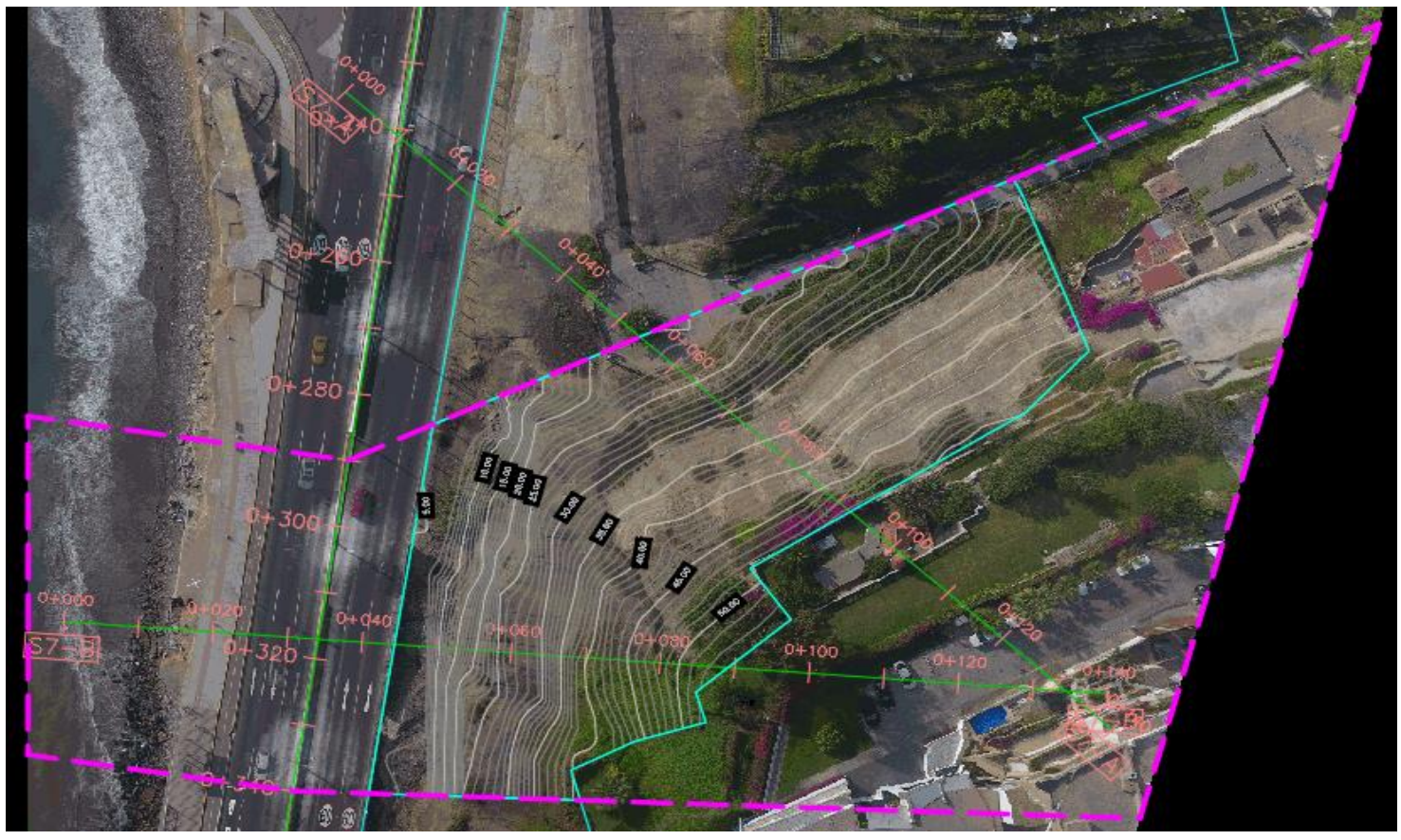


Diagrama en planta del Sector:



Anexo B. Sectorización

FICHA POR SECTOR DE COSTA VERDE

Proyecto: ANÁLISIS DE ESTABILIDAD PARA LA DETERMINACIÓN DEL RIESGO POR DESLIZAMIENTO DEL ACANTILADO DE LA COSTA VERDE, DISTRITO BARRANCO

Fecha: 9/02/2021

Distrito: Barranco **Sector:** 007 **Elaborado por:** LVH ; BSR

Progresiva Inicial: 0+290 **Progresiva Final:** 0+340 **Pag.:** 2/2

Zona de talud:

Talud en el sector: Min Elev.: 5 msnm H promd.: 47 m
Max Elev.: 52 msnm

Forma: El sector en perfil, de manera general, tiene un forma convexa iniciando con una pendiente muy empinada al pie del talud, luego la pendiente se va suavizando hacia la plaforma superior.

Descripción Estratigrafía: De los trabajos de campo, partiendo desde la base del talud, se observó una potencia aproximada de 13m de material conglomerado, una potencia de material fino de 4m, una potencia entre 15m y 20m de material conglomerado, un potencia entre 1m y 2m de material fino y terminando con un material conglomerado en la parte superior.

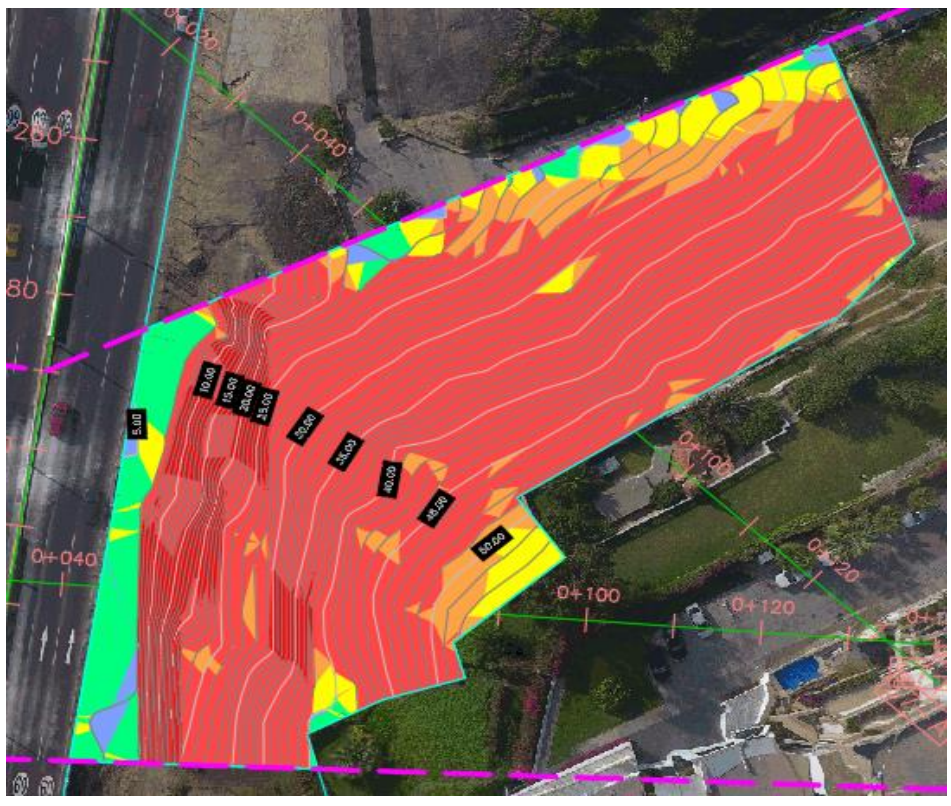
Tipo de Intervención: La superficie del talud tiene poca cubierta de vegetación. Además tiene una malla para el control preventivo de caída de rocas. Así como, un cerco con malla al borde de la vía vehicular rápida.

Acceso: El sector está continuo a un Mirador. Esta ruta se deriva del acceso peatonal "Bajada de Baños" de un ancho promedio de 3m, que conecta en 200m con el centro turístico del distrito de Barranco.

Resumen Área mapa de calor:

Valoración	Min	Max	Area (m^2)	Area (%)	Pendiente Promedio
	0°	5°	64.70	1.5%	34.69°
	5°	15°	289.65	6.7%	
	15°	25°	282.09	6.5%	
	25°	32°	383.28	8.8%	
	32°	40°	2,942.34	67.6%	
	40°	90°	392.92	9.0%	

Diagrama en planta del Sector:



Anexo B. Sectorización

FICHA POR SECTOR DE COSTA VERDE

Proyecto: ANÁLISIS DE ESTABILIDAD PARA LA DETERMINACIÓN DEL RIESGO POR DESLIZAMIENTO DEL ACANTILADO DE LA COSTA VERDE, DISTRITO BARRANCO

Fecha: 9/02/2021

Distrito: Barranco **Sector:** 008 **Elaborado por:** LVH ; BSR

Progresiva Inicial: 0+340 **Progresiva Final:** 0+470 **Pag.:** 1/2

Entorno del Sector:

Descripción de Zona Alta (Eficicaciones/ Espacios Públicos):

- Existe un conjunto de edificaciones de 11 pisos. Llegan a una altura aproximada de hasta 33m. Su uso es de vivienda y visualmente consta de contrucciones de concreto armado en buenas condiciones. Se ubican aproximadamente a 8m del talud en promedio en el sector.

Descripción de Zona Baja (Eficicaciones/ Espacios Públicos):

- Existe una vía rápida vehicular, que está a 3 metros del pie del talud. Abarca un ancho de 19m, con un total de 6 carriles.
- Continuamente existe una ciclovía de 1.8m de ancho.
- Luego se tiene la vereda peatonal de 5m de ancho.
- Finalmente se tiene un tramo de la "Playa Barranco" de un ancho aproximado de 4 m y un tramo de la "Playa Los Yuyos" con un ancho aproximado de 62m.

Ubicación:

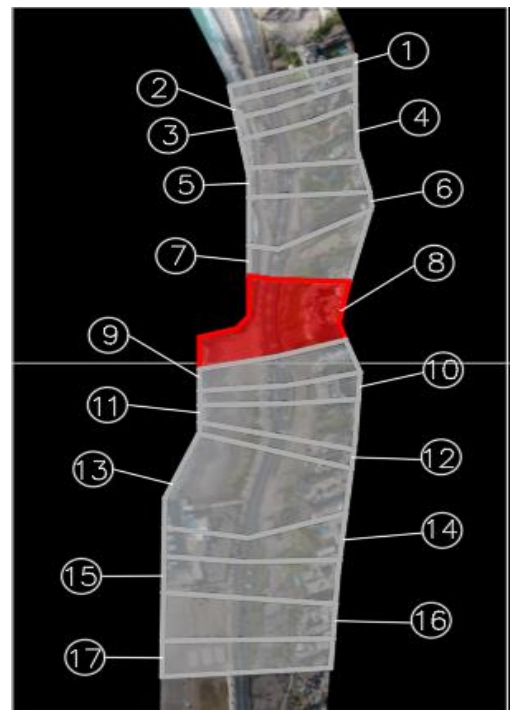
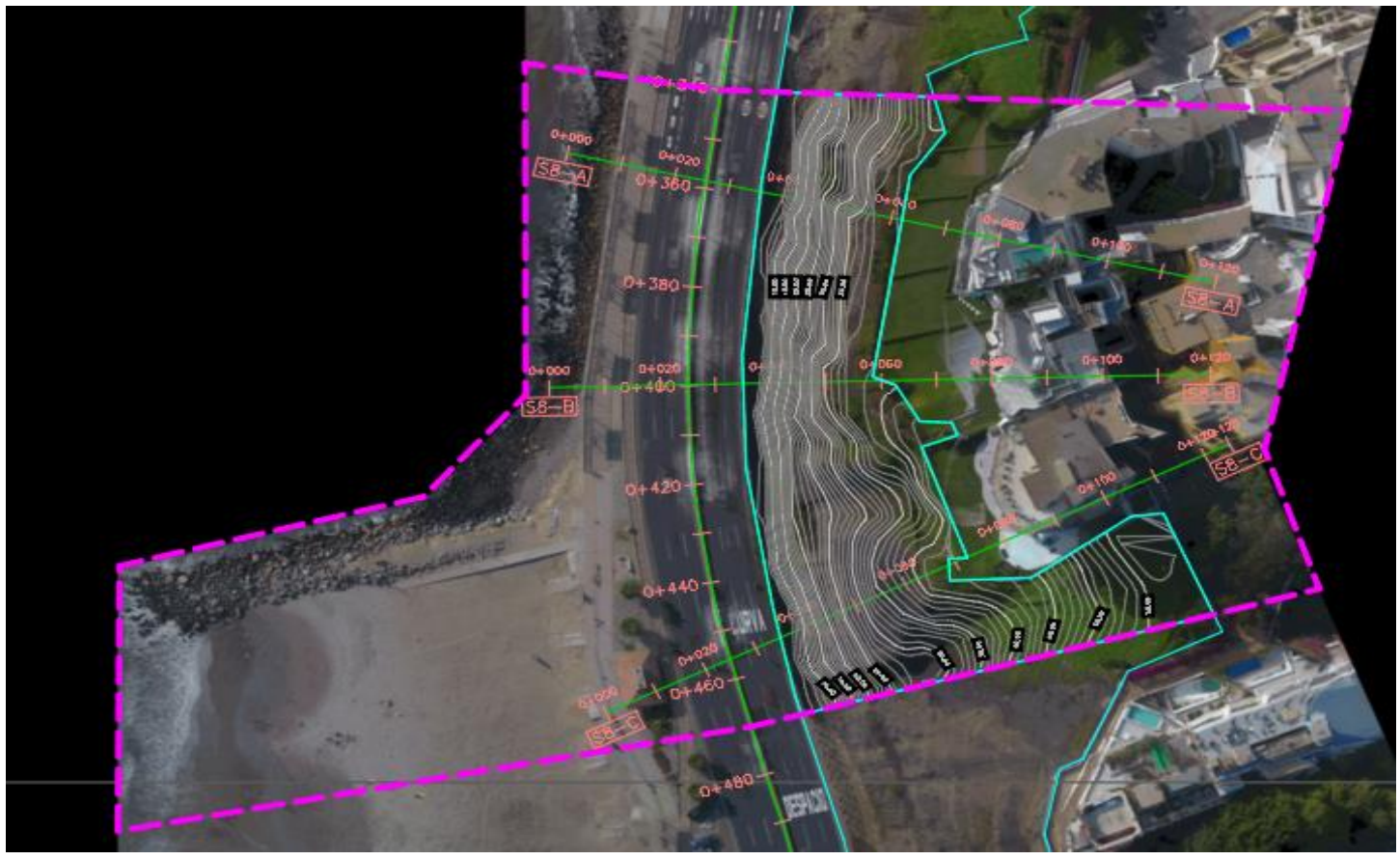


Diagrama en planta del Sector:



Anexo B. Sectorización

FICHA POR SECTOR DE COSTA VERDE

Proyecto: ANÁLISIS DE ESTABILIDAD PARA LA DETERMINACIÓN DEL RIESGO POR DESLIZAMIENTO DEL ACANTILADO DE LA COSTA VERDE, DISTRITO BARRANCO

Fecha: 9/02/2021

Distrito: Barranco **Sector:** 008 **Elaborado por:** LVH ; BSR

Progresiva Inicial: 0+340 **Progresiva Final:** 0+470 **Pag.:** 2/2

Zona de talud:

Talud en el sector: Min Elev.: 5 msnm H promd.: 37 m
Max Elev.: 42 msnm

Forma: El sector en perfil, de manera general, tiene un forma convexa iniciando con una pendiente muy empinada al pie del talud, luego la pendiente se va suavizando hacia la plaforma superior.

Descripción Estratigrafía: De los trabajos de campo, partiendo desde la base del talud, se observó una potencia aproximada de 13m de material conglomerado, una potencia de material fino entre 2 a 4m, con intercalaciones hacia el lado sur del sector de material fino en 0.5m y 1m, así como, material conglomerado en 3m, luego un material conglomerado entre 15m y 17m, una potencia de 1m de material fino y terminando con un material conglomerado en la parte superior.

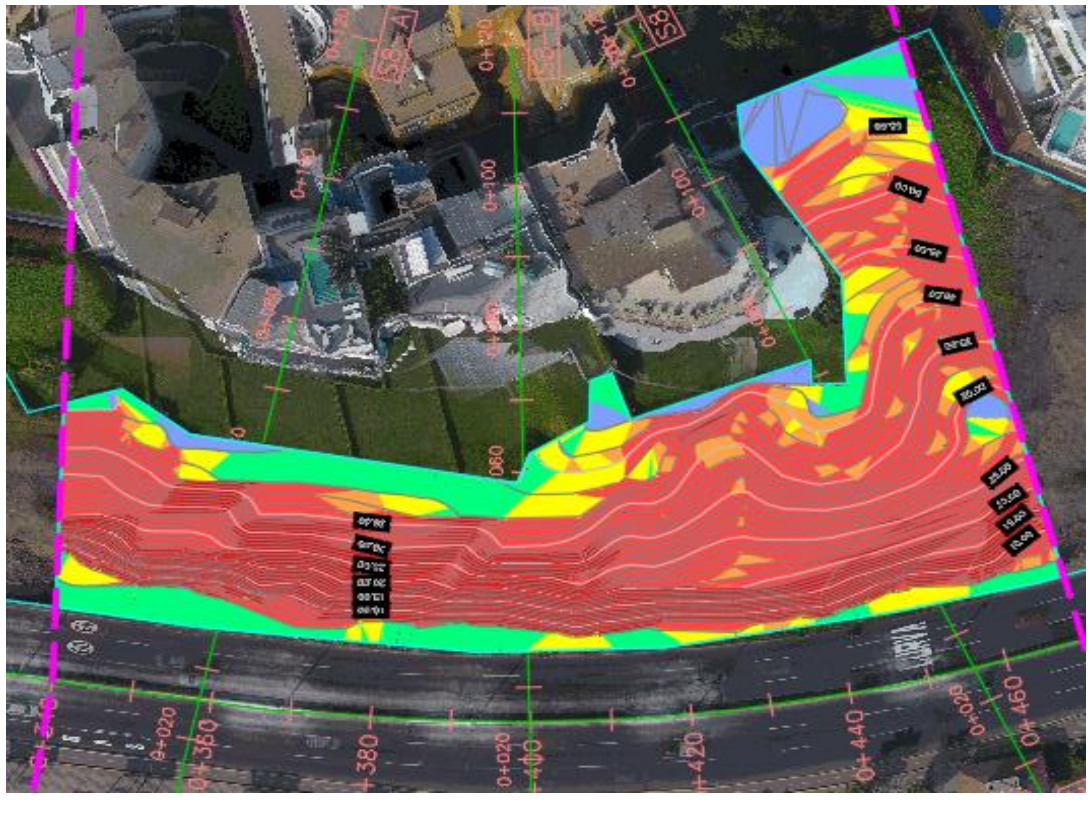
Tipo de Intervención: La superficie del talud tiene poca cobertura de vegetación, en los niveles medios. Además tiene una malla para el control preventivo de caída de rocas. Así como, un cerco de madera al borde de la vía vehicular rápida en la zona baja.

Acceso: No existen accesos que através del talud.

Resumen Área mapa de calor:

Valoración	Min	Max	Area (m^2)	Area (%)	Pendiente Promedio
	0°	5°	231.91	5.2%	35.57°
	5°	15°	553.90	12.4%	
	15°	25°	397.46	8.9%	
	25°	32°	317.67	7.1%	
	32°	40°	1,970.01	44.1%	
	40°	90°	999.74	22.4%	

Diagrama en planta del Sector:



Anexo B. Sectorización

FICHA POR SECTOR DE COSTA VERDE

Proyecto: ANÁLISIS DE ESTABILIDAD PARA LA DETERMINACIÓN DEL RIESGO POR DESLIZAMIENTO DEL ACANTILADO DE LA COSTA VERDE, DISTRITO BARRANCO

Fecha: 9/02/2021

Distrito: Barranco **Sector:** 009 **Elaborado por:** LVH ; BSR

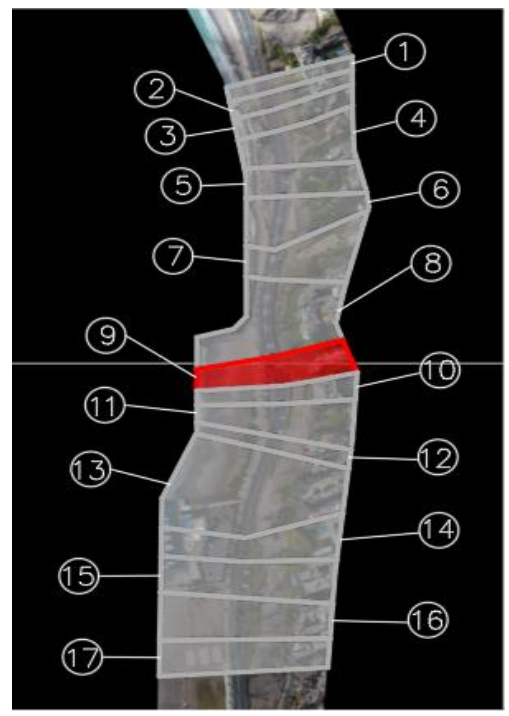
Progresiva Inicial: 0+470 **Progresiva Final:** 0+520 **Pag.:** 1/2

Entorno del Sector:

Descripción de Zona Alta (Eficicaciones/ Espacios Públicos):

- Existe un conjunto de edificaciones de 3 pisos. Llegan a una altura aproximada de hasta 9m. Su uso es de vivienda y visualmente consta de contrucciones de concreto armado en buenas condiciones. Se ubican aproximadamente a 3.5m del talud en promedio en el sector.

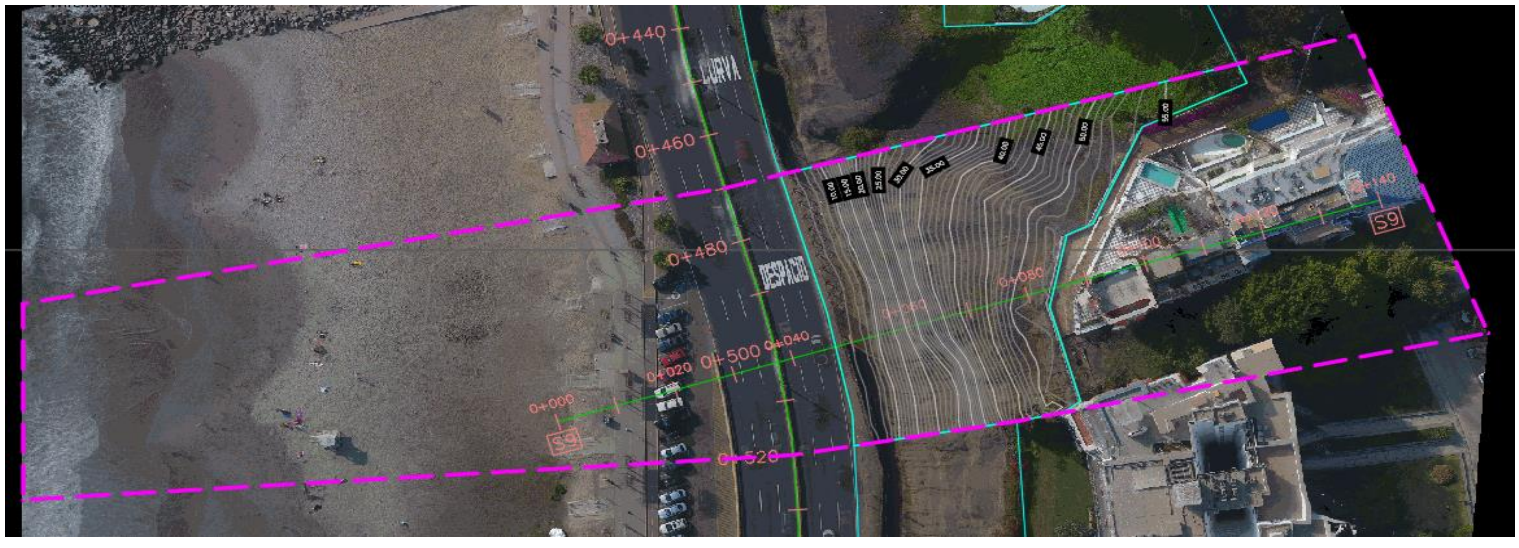
Ubicación:



Descripción de Zona Baja (Eficicaciones/ Espacios Públicos):

- Existe una vía rápida vehicular, que está a 4 metros del pie del talud. Abarca un ancho de 19m, con un total de 6 carriles.
- Seguido esta un estacionamiento de 10 m de ancho.
- Continuamente existe una ciclovía de 1.8m de ancho.
- Luego se tiene la vereda peatonal de 5m de ancho.
- Finalmente se tiene la "Playa Los Yuyos" con un ancho aproximado de 62m.

Diagrama en planta del Sector:



Anexo B. Sectorización

FICHA POR SECTOR DE COSTA VERDE

Proyecto: ANÁLISIS DE ESTABILIDAD PARA LA DETERMINACIÓN DEL RIESGO POR DESLIZAMIENTO DEL ACANTILADO DE LA COSTA VERDE, DISTRITO BARRANCO

Fecha: 9/02/2021

Distrito: Barranco **Sector:** 009 **Elaborado por:** LVH ; BSR

Progresiva Inicial: 0+470 **Progresiva Final:** 0+520 **Pag.:** 2/2

Zona de talud:

Talud en el sector: Min Elev.: 6 msnm H promd.: 49 m
Max Elev.: 55 msnm

Forma: El sector en perfil, de manera general, tiene un forma convexa iniciando con una pendiente muy empinada al pie del talud, luego la pendiente se va suavizando hacia la plaforma superior.

Descripción Estratigrafía: De los trabajos de campo, partiendo desde la base del talud, se observó una potencia aproximada de 16m de material conglomerado, una potencia de material fino de 0.5m, un material conglomerado de 2m, un material fino de 2m, un material conglomerado de 5.5m, un material fino de 1m, un material conglomerado de 5m, un material fino de 1m, luego un material conglomerado de 1m, una potencia de material fino de 2m, un potencia de material conglomerado de 2m y terminando con un material conglomerado en la parte superior.

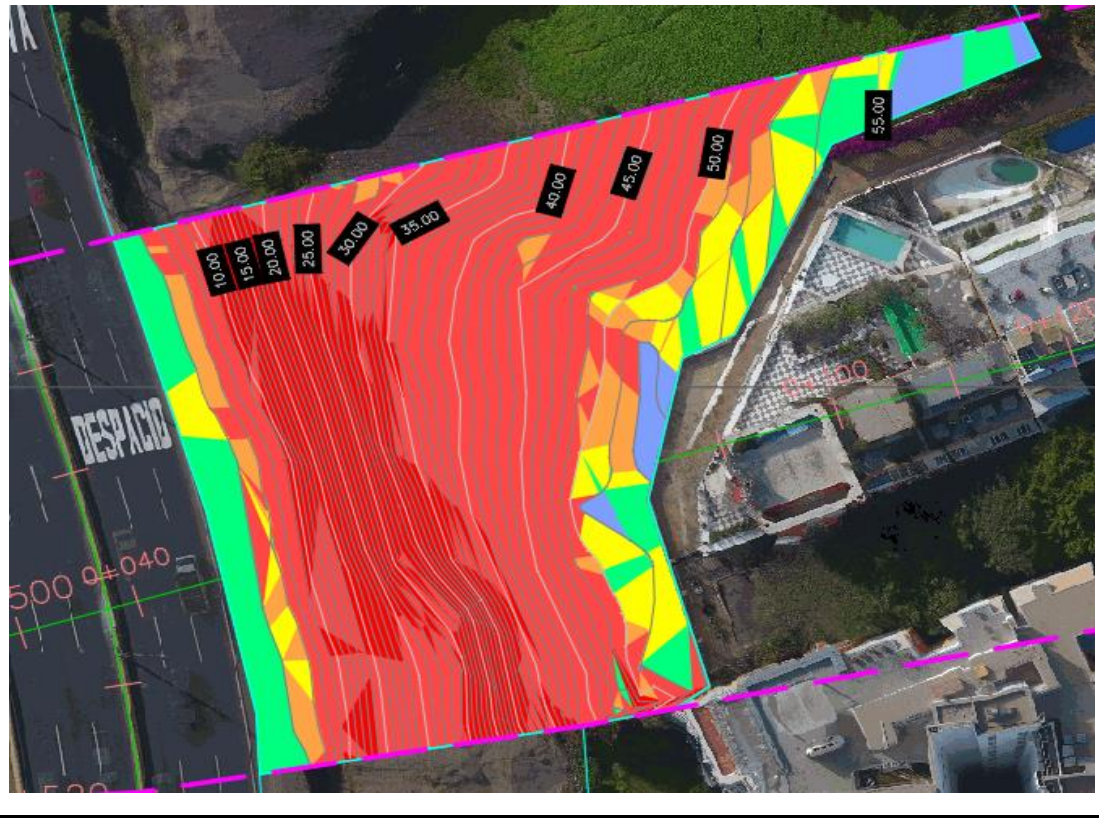
Tipo de Intervención: La superficie del talud tiene muy poca presencia de vegetación. Por otro lado tiene una malla para el control preventivo de caída de rocas. Así como, un cerco de madera y otro tramo de malla al borde de la vía vehicular rápida en la zona baja.

Acceso: No existen accesos que através del talud.

Resumen Área mapa de calor:

Valoración	Min	Max	Area (m^2)	Area (%)	Pendiente Promedio
	0°	5°	74.30	3.0%	36.26°
	5°	15°	254.34	10.4%	
	15°	25°	208.73	8.5%	
	25°	32°	155.84	6.4%	
	32°	40°	1,262.47	51.6%	
	40°	90°	491.12	20.1%	

Diagrama en planta del Sector:



Anexo B. Sectorización

FICHA POR SECTOR DE COSTA VERDE

Proyecto: ANÁLISIS DE ESTABILIDAD PARA LA DETERMINACIÓN DEL RIESGO POR DESLIZAMIENTO DEL ACANTILADO DE LA COSTA VERDE, DISTRITO BARRANCO

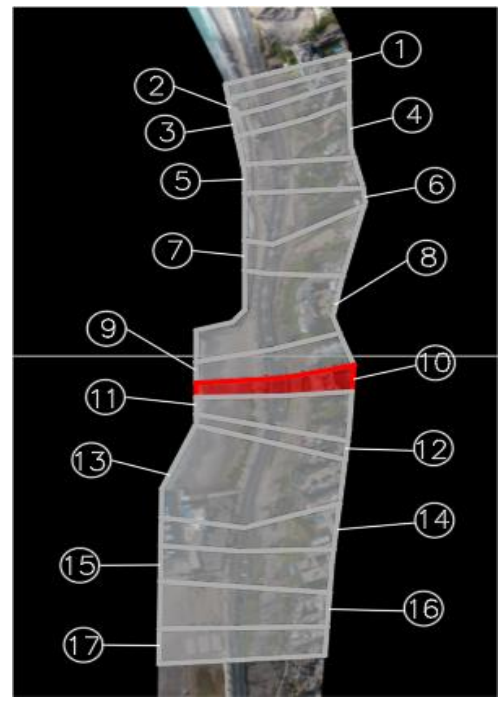
Fecha: 9/02/2021

Distrito: Barranco **Sector:** 010 **Elaborado por:** LVH ; BSR

Progresiva Inicial: 0+520 **Progresiva Final:** 0+550 **Pag.:** 1/2

Entorno del Sector:

Ubicación:



Descripción de Zona Alta (Eficicaciones/ Espacios Públicos):

- Existe un conjunto de edificaciones de 12 pisos. Llegan a una altura aproximada de hasta 36m. Su uso es de vivienda y visualmente consta de contrucciones de concreto armado en buenas condiciones. Se ubican aproximadamente a 12.5m del talud.

Descripción de Zona Baja (Eficicaciones/ Espacios Públicos):

- Existe una vía rápida vehicular, que está a 5.7 metros del pie del talud. Abarca un ancho de 19m, con un total de 6 carriles.
- Seguido esta un estacionamiento de 12 m de ancho.
- Continuamente existe una ciclovía de 1.8m de ancho.
- Luego se tiene la vereda peatonal de 5m de ancho.
- Finalmente se tiene la "Playa Los Yuyos" con un ancho aproximado de 60m.

Diagrama en planta del Sector:

Anexo B. Sectorización

FICHA POR SECTOR DE COSTA VERDE

Proyecto: ANÁLISIS DE ESTABILIDAD PARA LA DETERMINACIÓN DEL RIESGO POR DESLIZAMIENTO DEL ACANTILADO DE LA COSTA VERDE, DISTRITO BARRANCO

Fecha: 9/02/2021

Distrito: Barranco **Sector:** 010 **Elaborado por:** LVH ; BSR

Progresiva Inicial: 0+520 **Progresiva Final:** 0+550 **Pag.:** 2/2

Zona de talud:

Talud en el sector: Min Elev.: 5 msnm H promd.: 39 m
Max Elev.: 44 msnm

Forma: El sector en perfil, de manera general, tiene un forma convexa iniciando con una pendiente muy empinada al pie del talud, luego la pendiente se va suavizando hacia la plaforma superior.

Descripción Estratigrafía: De los trabajos de campo, partiendo desde la base del talud, se observó una potencia aproximada de 15.5m de material conglomerado, una potencia de material fino de 0.5m, un material conglomerado de 1.5m, un material fino de 2m, un material conglomerado de 3m, un material fino de 0.5m, un material conglomerado de 3m, un material fino de 1m, luego un material conglomerado de 5m, una potencia de material fino de 1m y terminando con un material conglomerado en la parte superior.

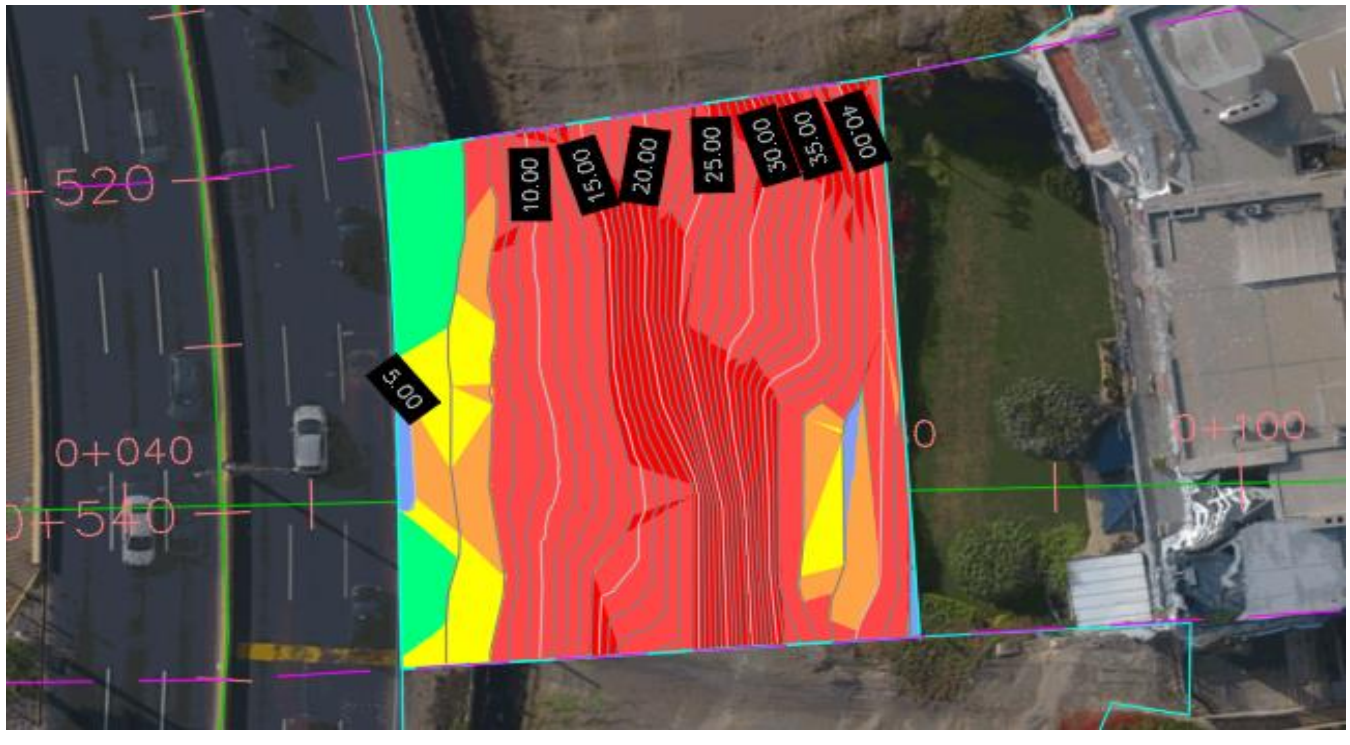
Tipo de Intervención: La superficie del talud no presenta vegetación. Por otro lado tiene una malla para el control preventivo de caída de rocas. Así como, un cerco de madera al borde de la vía vehicular rápida en la zona baja.

Acceso: No existen accesos que através del talud.

Resumen Área mapa de calor:

Valoración	Min	Max	Area (m^2)	Area (%)	Pendiente Promedio
	0°	5°	12.02	1.4%	38.57°
	5°	15°	62.50	7.1%	
	15°	25°	68.10	7.8%	
	25°	32°	67.03	7.6%	
	32°	40°	466.08	53.1%	
	40°	90°	202.67	23.1%	

Diagrama en planta del Sector:



Anexo B. Sectorización

FICHA POR SECTOR DE COSTA VERDE

Proyecto: ANÁLISIS DE ESTABILIDAD PARA LA DETERMINACIÓN DEL RIESGO POR DESLIZAMIENTO DEL ACANTILADO DE LA COSTA VERDE, DISTRITO BARRANCO

Fecha: 9/02/2021

Distrito: Barranco **Sector:** 011 **Elaborado por:** LVH ; BSR

Progresiva Inicial: 0+550 **Progresiva Final:** 0+605 **Pag.:** 1/2

Entorno del Sector:

Descripción de Zona Alta (Eficicaciones/ Espacios Públicos):

- Existe un conjunto de edificaciones de 2 pisos. Llegan a una altura aproximada de hasta 6m. Su uso es de vivienda y visualmente consta de contrucciones de concreto armado en buenas condiciones. Se ubican aproximadamente a 17 m del talud.

Descripción de Zona Baja (Eficicaciones/ Espacios Públicos):

- Existe una vía rápida vehicular, que está a 5 metros del pie del talud. Abarca un ancho de 19m, con un total de 6 carriles.
- Seguido esta un estacionamiento de 10 m de ancho.
- Continuamente existe una ciclovía de 1.8m de ancho.
- Luego se tiene la vereda peatonal de 5m de ancho.
- Finalmente se tiene la "Playa Los Yuyos" con un ancho aproximado de 60m.

Ubicación:

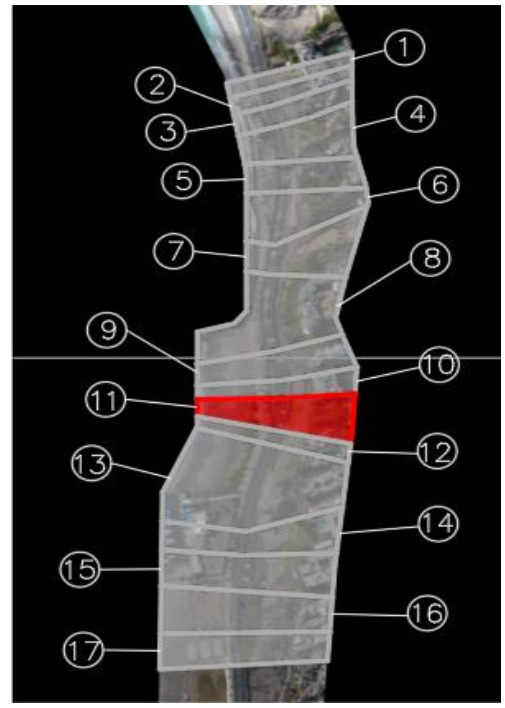
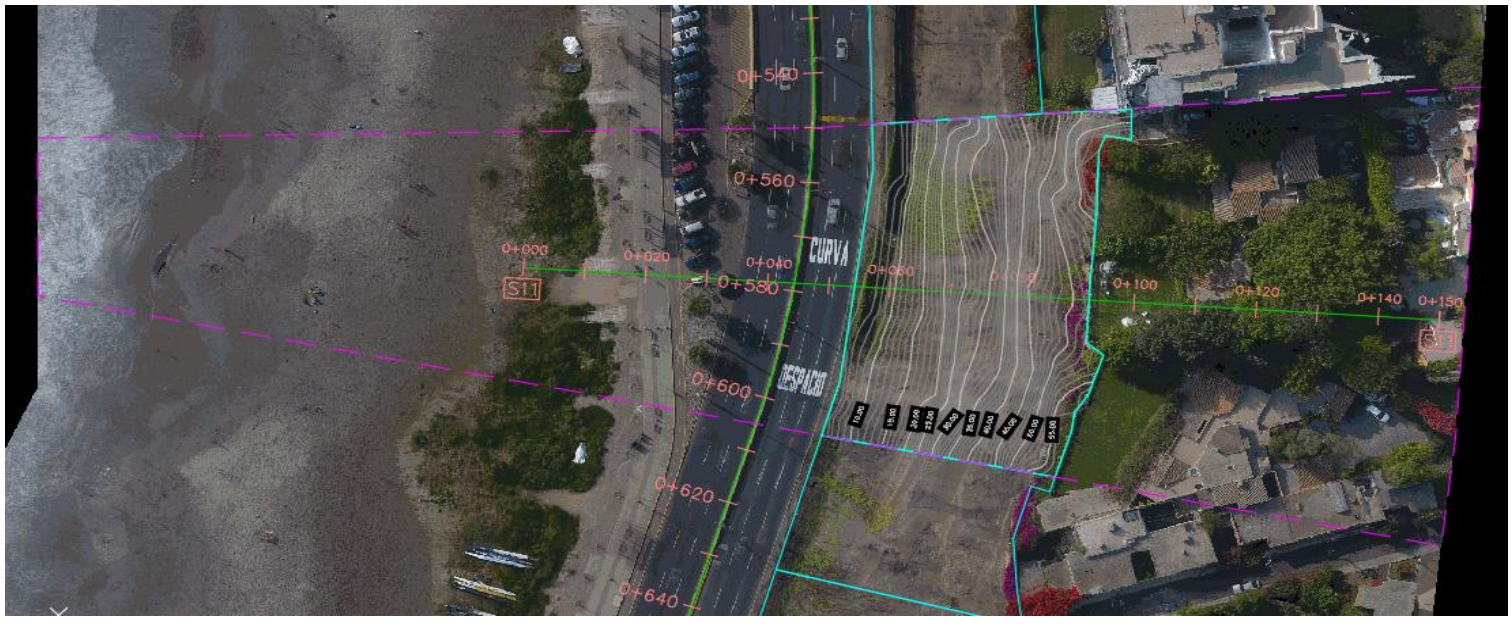


Diagrama en planta del Sector:



Anexo B. Sectorización

FICHA POR SECTOR DE COSTA VERDE

Proyecto: ANÁLISIS DE ESTABILIDAD PARA LA DETERMINACIÓN DEL RIESGO POR DESLIZAMIENTO DEL ACANTILADO DE LA COSTA VERDE, DISTRITO BARRANCO

Fecha: 9/02/2021

Distrito: Barranco **Sector:** 011 **Elaborado por:** LVH ; BSR

Progresiva Inicial: 0+550 **Progresiva Final:** 0+605 **Pag.:** 2/2

Zona de talud:

Talud en el sector: Min Elev.: 5.7 msnm H promd.: 50.3 m
Max Elev.: 56 msnm

Forma: El sector en perfil, de manera general, tiene un forma convexa iniciando con una pendiente muy empinada al pie del talud, luego la pendiente se va suavizando hacia la plaforma superior.

Descripción Estratigrafía: De los trabajos de campo, partiendo desde la base del talud, se observó una potencia aproximada de 16.5m de material conglomerado, una potencia de material fino de 1.5m, un material conglomerado de 5m, un material fino de 1m, un material conglomerado de 3m, un material fino de 2m, un material conglomerado de 1.5m, un material fino de 0.5m, luego un material conglomerado de 3m y terminando con un material fino en la parte superior.

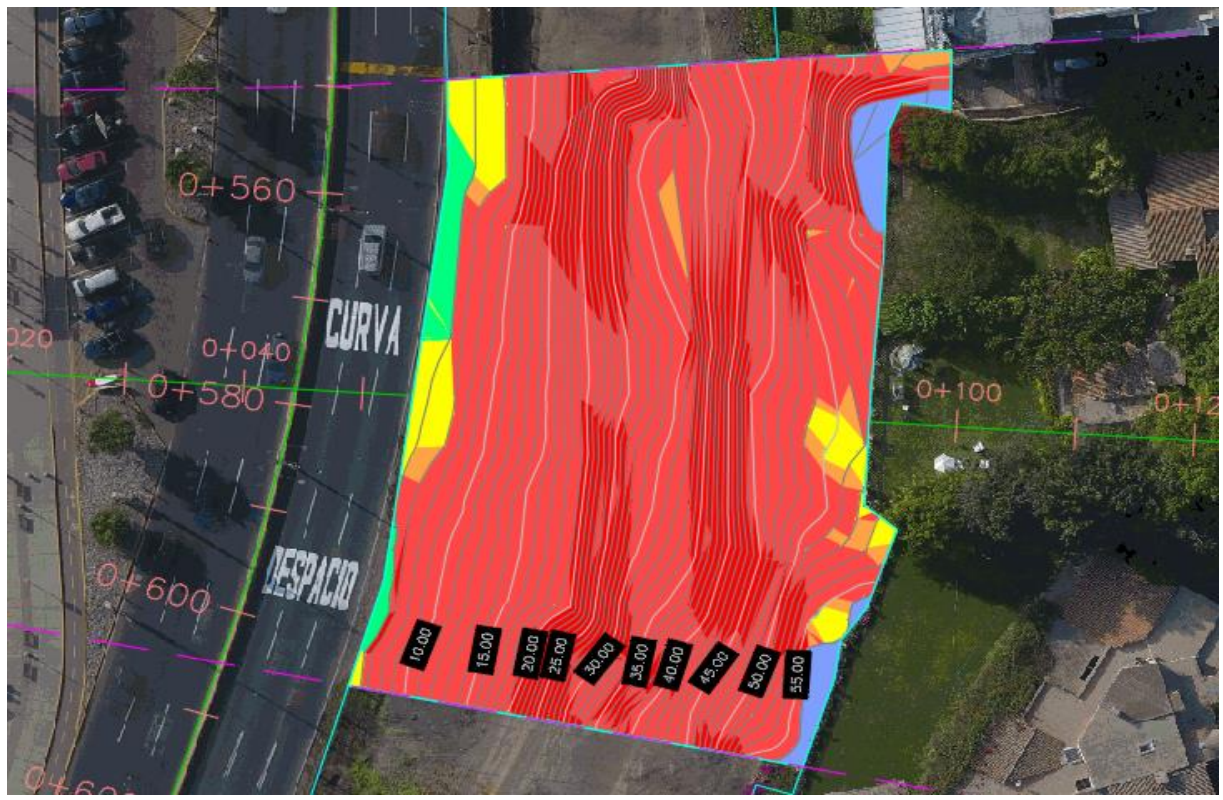
Tipo de Intervención: La superficie del talud presenta poca vegetación. Por otro lado tiene una malla para el control preventivo de caída de rocas. Así como, un cerco de madera y otro tramo de malla al borde de la vía vehicular rápida en la zona baja.

Acceso: No existen accesos que através del talud.

Resumen Área mapa de calor:

Valoración	Min	Max	Area (m^2)	Area (%)	Pendiente Promedio
	0°	5°	62.34	2.6%	41.41°
	5°	15°	47.99	2.0%	
	15°	25°	107.09	4.4%	
	25°	32°	56.65	2.3%	
	32°	40°	1,517.80	62.3%	
	40°	90°	642.84	26.4%	

Diagrama en planta del Sector:



Anexo B. Sectorización

FICHA POR SECTOR DE COSTA VERDE

Proyecto: ANÁLISIS DE ESTABILIDAD PARA LA DETERMINACIÓN DEL RIESGO POR DESLIZAMIENTO DEL ACANTILADO DE LA COSTA VERDE, DISTRITO BARRANCO

Fecha: 9/02/2021

Distrito: Barranco **Sector:** 012 **Elaborado por:** LVH ; BSR

Progresiva Inicial: 0+605 **Progresiva Final:** 0+630 **Pag.:** 1/2

Entorno del Sector:

Descripción de Zona Alta (Eficicaciones/ Espacios Públicos):

- Existe un conjunto de edificaciones de 2 pisos. Llegan a una altura aproximada de hasta 6m. Su uso es de vivienda y visualmente consta de contrucciones de concreto armado en buenas condiciones. Se ubican próximos al borde del talud.

Descripción de Zona Baja (Eficicaciones/ Espacios Públicos):

- Existe una vía rápida vehicular, que está a 3 metros del pie del talud. Abarca un ancho de 19m, con un total de 6 carriles.
- Continuamente existe una ciclovía de 1.8m de ancho.
- Luego se tiene la vereda peatonal de 5m de ancho.
- Finalmente se tiene la "Playa Los Yuyos" con un ancho aproximado de 60m.

Ubicación:

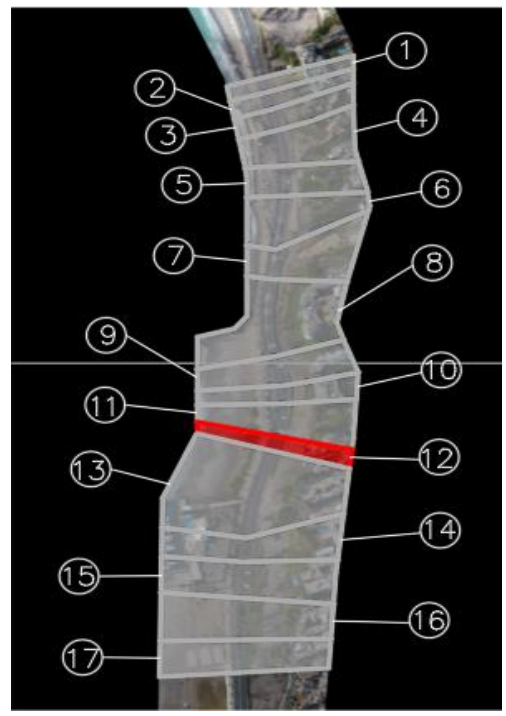
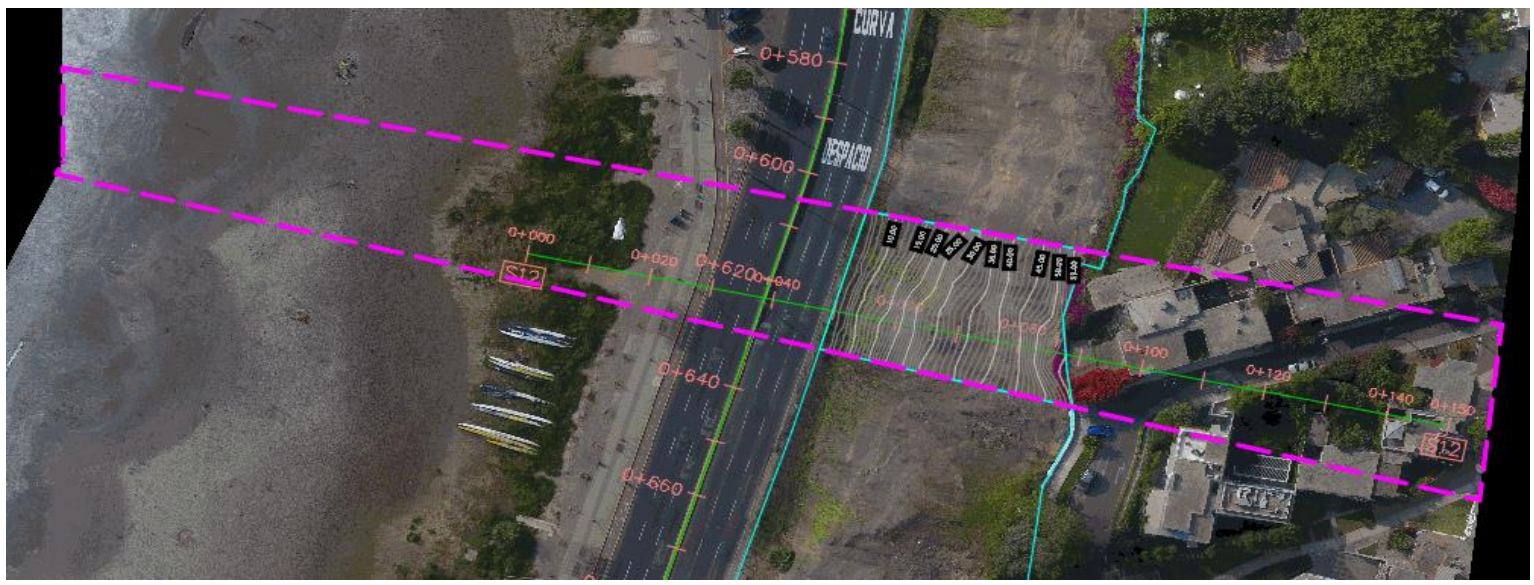


Diagrama en planta del Sector:



Anexo B. Sectorización

FICHA POR SECTOR DE COSTA VERDE

Proyecto: ANÁLISIS DE ESTABILIDAD PARA LA DETERMINACIÓN DEL RIESGO POR DESLIZAMIENTO DEL ACANTILADO DE LA COSTA VERDE, DISTRITO BARRANCO

Fecha: 9/02/2021

Distrito: Barranco **Sector:** 012 **Elaborado por:** LVH ; BSR

Progresiva Inicial: 0+605 **Progresiva Final:** 0+630 **Pag.:** 2/2

Zona de talud:

Talud en el sector: Min Elev.: 5.8 msnm H promd.: 50.2 m
Max Elev.: 56 msnm

Forma: El sector en perfil, de manera general, tiene un forma convexa iniciando con una pendiente empinada al pie del talud, luego la pendiente se va suavizando hacia la plaforma superior.

Descripción Estratigrafía: De los trabajos de campo, partiendo desde la base del talud, se observó una potencia aproximada de 24m de material conglomerado, una potencia de material fino de 3m, un material conglomerado de 2m, un material fino de 2m, un material conglomerado con una potencia de 4m, un material fino de 1m, un material conglomerado de 1m y terminando con un material fino en la parte superior.

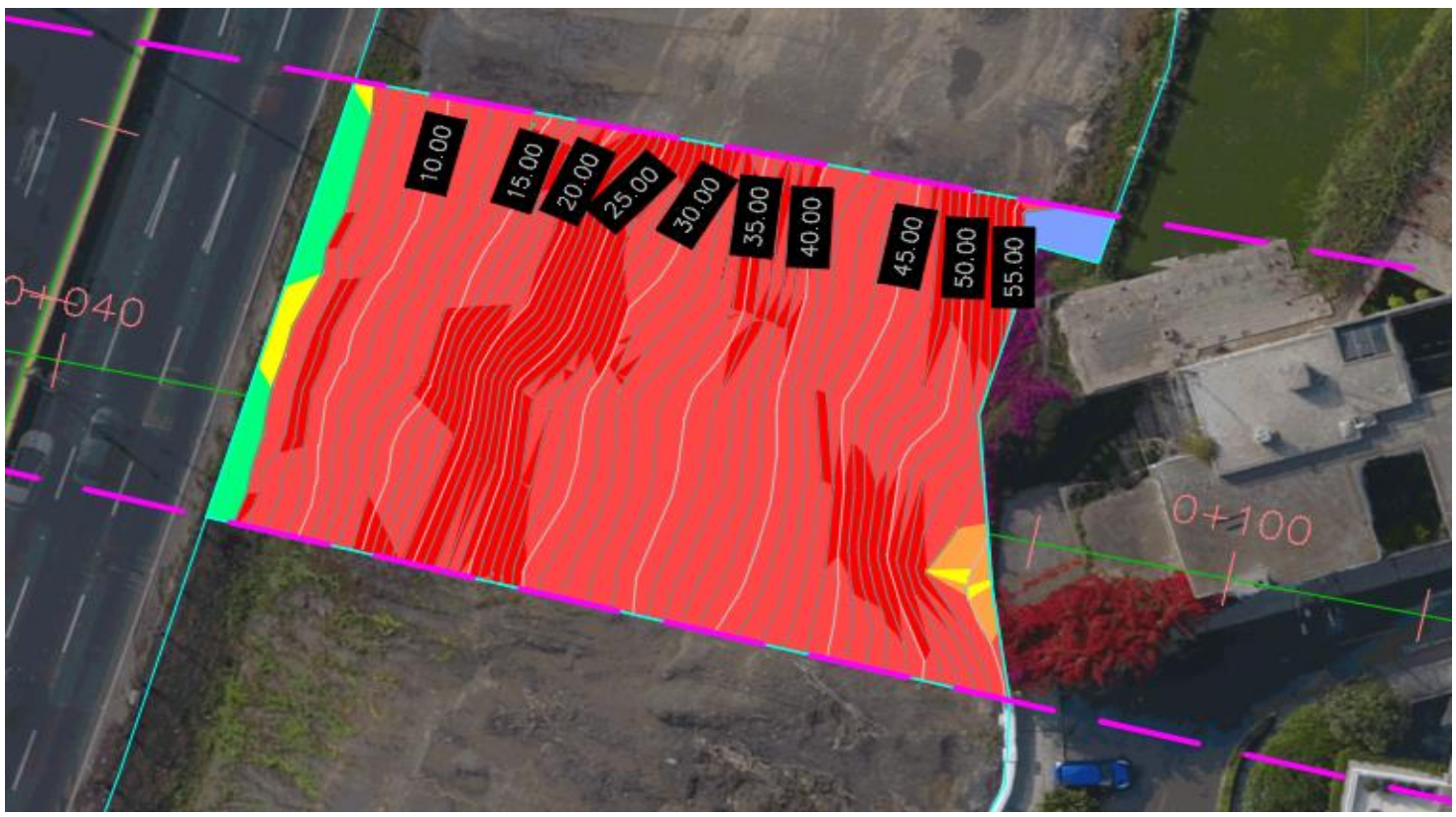
Tipo de Intervención: La superficie del talud presenta poca vegetación. Por otro lado tiene una malla para el control preventivo de caída de rocas. Así como, un cerco de malla al borde de la vía vehicular rápida en la zona baja.

Acceso: No existen accesos que através del talud.

Resumen Área mapa de calor:

Valoración	Min	Max	Area (m^2)	Area (%)	Pendiente Promedio
	0°	5°	11.40	1.1%	42.37°
	5°	15°	26.86	2.7%	
	15°	25°	9.38	0.9%	
	25°	32°	9.96	1.0%	
	32°	40°	672.66	67.7%	
	40°	90°	263.04	26.5%	

Diagrama en planta del Sector:



Anexo B. Sectorización

FICHA POR SECTOR DE COSTA VERDE

Proyecto: ANÁLISIS DE ESTABILIDAD PARA LA DETERMINACIÓN DEL RIESGO POR DESLIZAMIENTO DEL ACANTILADO DE LA COSTA VERDE, DISTRITO BARRANCO

Fecha: 9/02/2021

Distrito: Barranco **Sector:** 013 **Elaborado por:** LVH ; BSR

Progresiva Inicial: 0+630 **Progresiva Final:** 0+780 **Pag.:** 1/2

Entorno del Sector:

Descripción de Zona Alta (Eficicaciones/ Espacios Públicos):

- Existe un conjunto de edificaciones de hasta 3 pisos. Llegan a una altura aproximada de hasta 9m. Su uso es de vivienda y visualmente consta de construcciones de concreto armado en buenas condiciones. Se ubican aproximadamente a 15 m del talud.
- Existen una vía vehicular de bajo tránsito de un ancho de 7m, está a 4.5m del talud.

Descripción de Zona Baja (Eficicaciones/ Espacios Públicos):

- Existe una vía rápida vehicular, que está de 2 a 7 metros del pie del talud. Abarca un ancho de 19m, con un total de 6 carriles.
- Continuamente existe una ciclovía de 1.8m de ancho.
- Luego se tiene la vereda peatonal de 5m de ancho.
- Finalmente se tiene un tramo de la "Playa Los Yuyos" con un ancho aproximado de 60m y un club privado y puerto de embarcaciones pequeñas.

Ubicación:

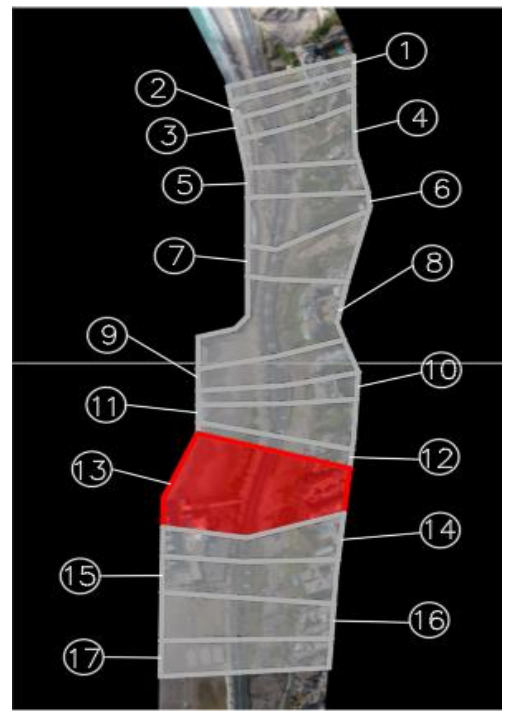
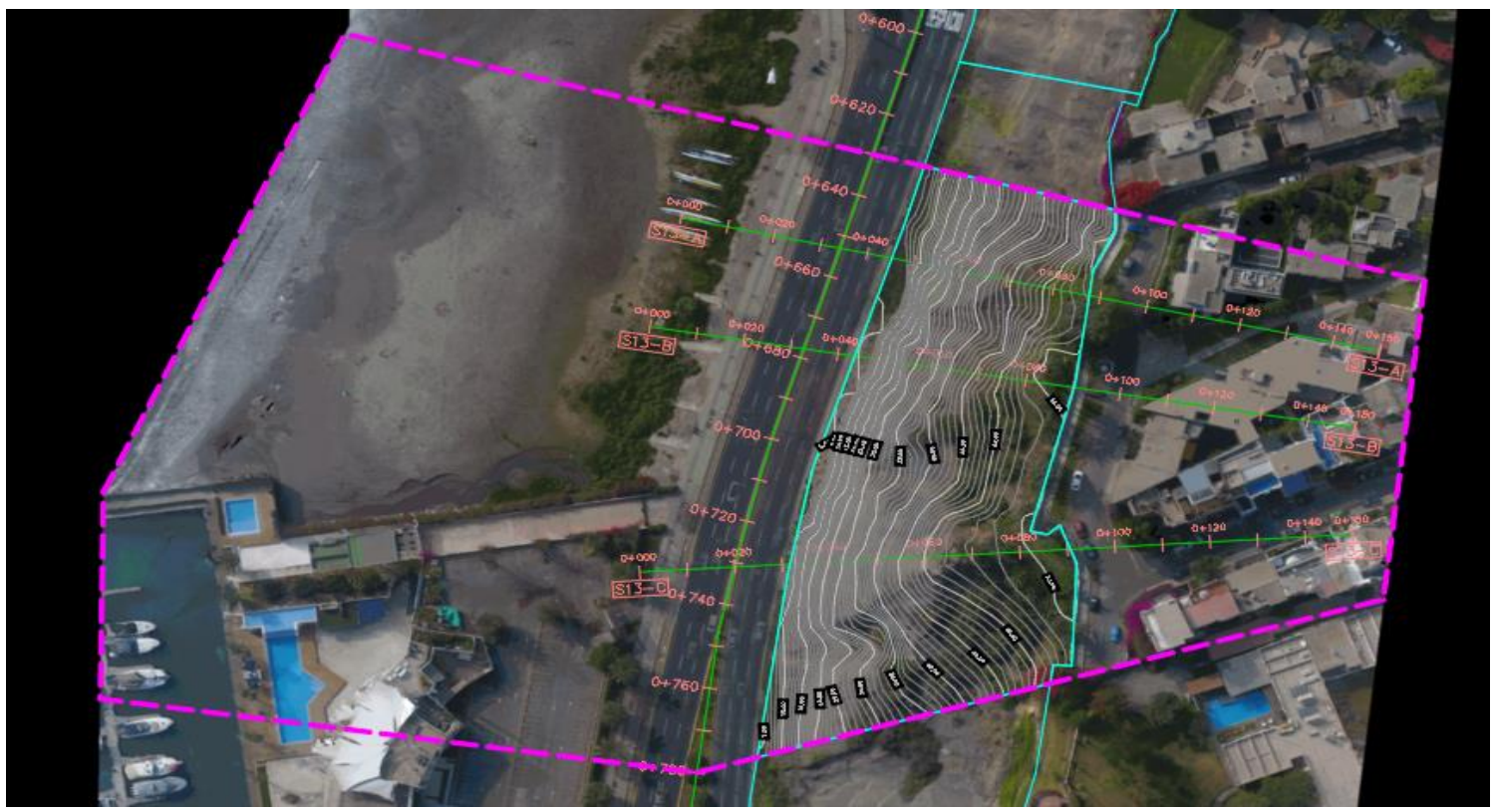


Diagrama en planta del Sector:



Anexo B. Sectorización

FICHA POR SECTOR DE COSTA VERDE

Proyecto: ANÁLISIS DE ESTABILIDAD PARA LA DETERMINACIÓN DEL RIESGO POR DESLIZAMIENTO DEL ACANTILADO DE LA COSTA VERDE, DISTRITO BARRANCO

Fecha: 9/02/2021

Distrito: Barranco **Sector:** 013 **Elaborado por:** LVH ; BSR

Progresiva Inicial: 0+630 **Progresiva Final:** 0+780 **Pag.:** 2/2

Zona de talud:

Talud en el sector: Min Elev.: 5 msnm H promd.: 50 m
Max Elev.: 55 msnm

Forma: El sector en perfil, de manera general, tiene un forma convexa iniciando con una pendiente empinada al pie del talud, luego la pendiente se va suavizando hacia la plaforma superior.

Descripción Estratigrafía: De los trabajos de campo, partiendo desde la base del talud, se observó una potencia aproximada entre 17.5m a 19m de material conglomerado. Hacia el lado norte del sector se observó una continuidad con una potencia de material fino de 0.5m, un material conglomerado de 6m, un material fino de 3m, un material conglomerado con una potencia de 3m, un material fino de 0.5m y terminando con un material conglomerado en la parte superior. Hacía el lado sur del sector se observó mas bien una continuidad con una potencia de material fino de 4m, un material conglomerado de 17m y terminando con un material fino.

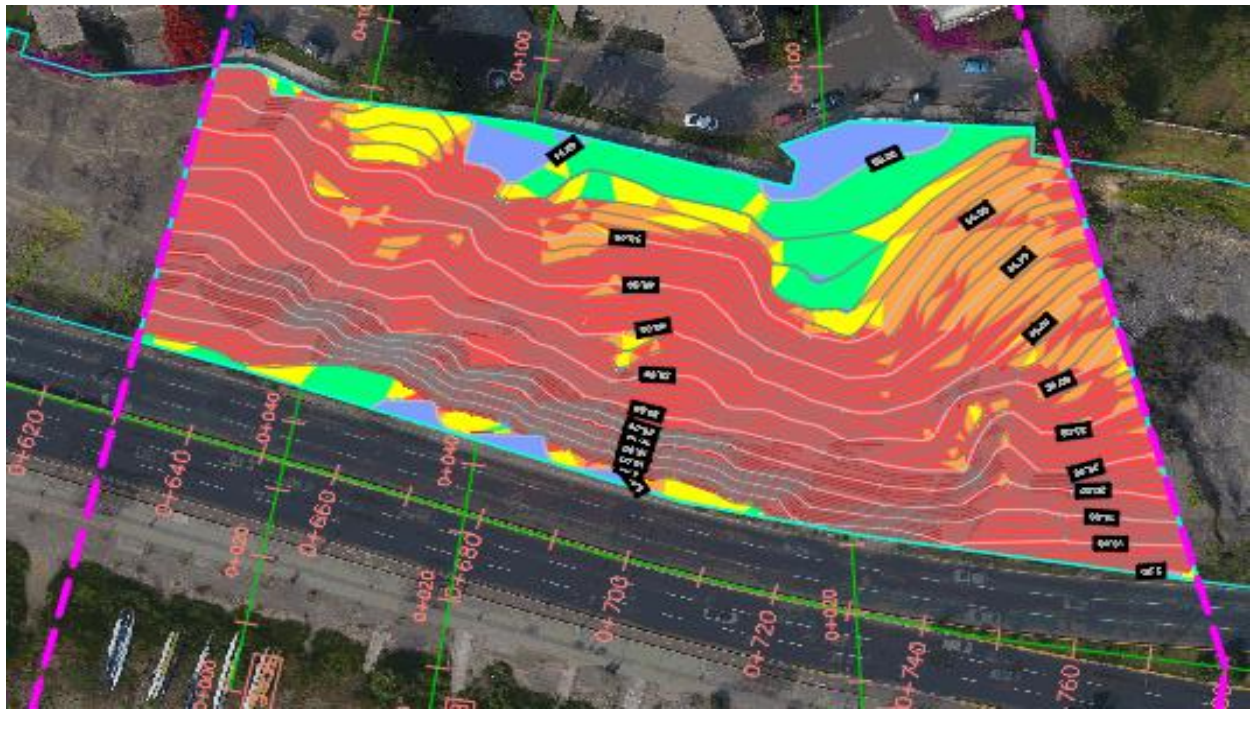
Tipo de Intervención: La superficie del talud tiene poca cubierta de vegetación, distribuidos en niveles medios. Por otro lado tiene una malla para el control preventivo de caída de rocas. Así como, un cerco de malla al borde de la vía vehicular rápida en la zona baja.

Acceso: No existen accesos que através del talud.

Resumen Área mapa de calor:

Valoración	Min	Max	Area (m^2)	Area (%)	Pendiente Promedio
	0°	5°	268.07	4.2%	34.80°
	5°	15°	564.90	8.8%	
	15°	25°	411.09	6.4%	
	25°	32°	809.95	12.6%	
	32°	40°	3,399.01	52.8%	
	40°	90°	985.52	15.3%	

Diagrama en planta del Sector:



Anexo B. Sectorización

FICHA POR SECTOR DE COSTA VERDE

Proyecto: ANÁLISIS DE ESTABILIDAD PARA LA DETERMINACIÓN DEL RIESGO POR DESLIZAMIENTO DEL ACANTILADO DE LA COSTA VERDE, DISTRITO BARRANCO

Fecha: 9/02/2021

Distrito: Barranco **Sector:** 014 **Elaborado por:** LVH ; BSR

Progresiva Inicial: 0+780 **Progresiva Final:** 0+820 **Pag.:** 1/2

Entorno del Sector:

Descripción de Zona Alta (Eficicaciones/ Espacios Públicos):

- Existe una edificaciones de hasta 3 pisos. Llegan a una altura aproximada de hasta 9m. Es un centro religioso y visualmente consta de contrucciones de concreto armado en buenas condiciones. Se ubican aproximadamente a 45 m del talud.

Descripción de Zona Baja (Eficicaciones/ Espacios Públicos):

- Existe una vía rápida vehicular, que está a 3 metros del pie del talud. Abarca un ancho de 25m, con un total de 6 carriles y una berma central de 6m.
- Continuamente existe una ciclovía de 1.8m de ancho.
- Luego se tiene la vereda peatonal de 5m de ancho.
- Finalmente se tiene un club privado y puerto de embarcaciones pequeñas.

Ubicación:

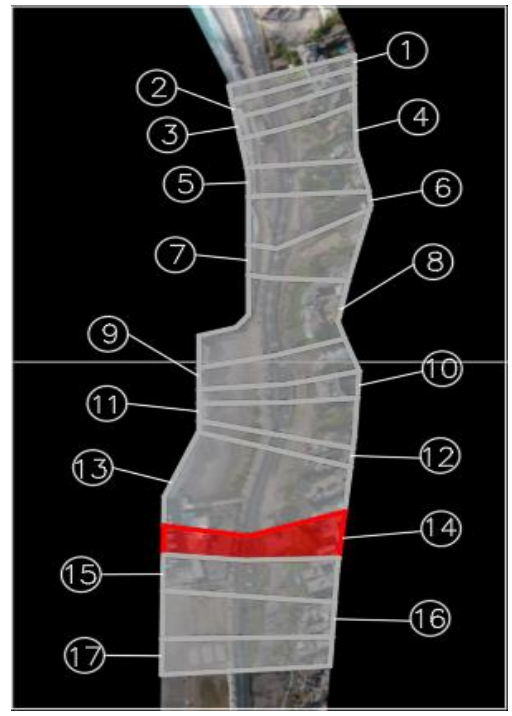
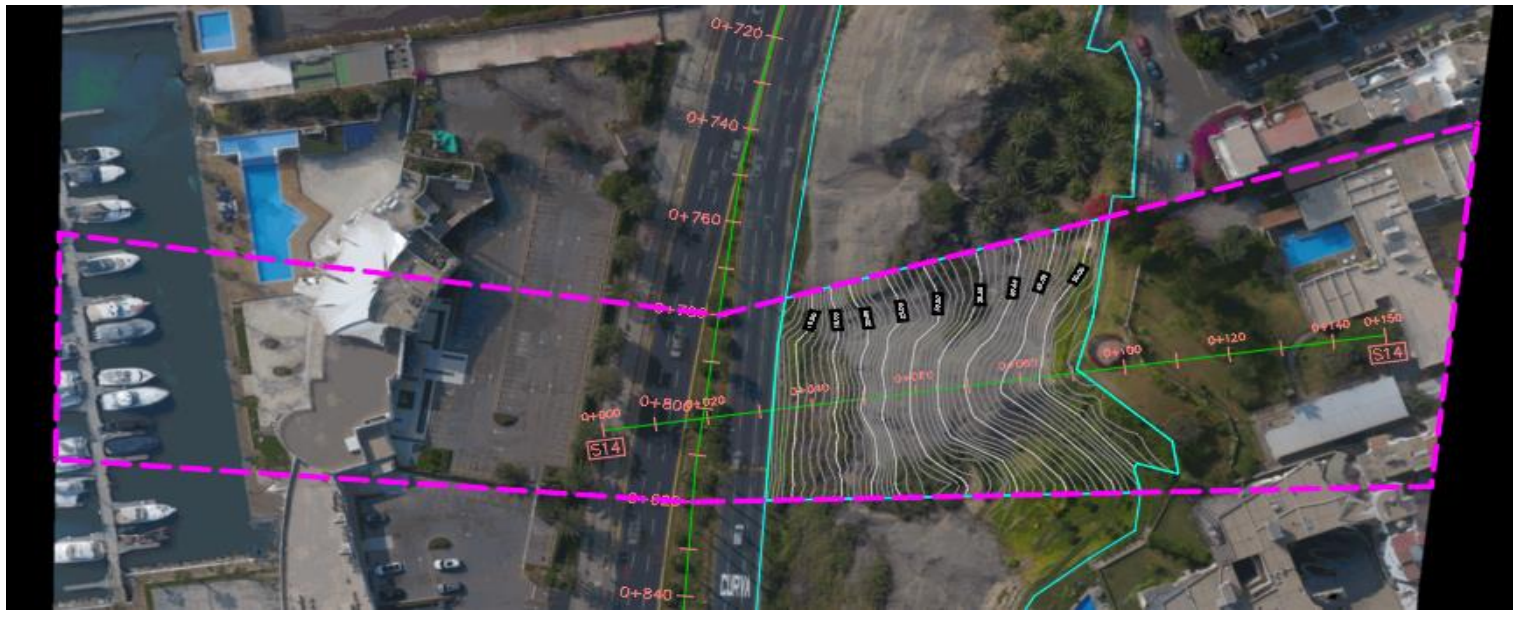


Diagrama en planta del Sector:



Anexo B. Sectorización

FICHA POR SECTOR DE COSTA VERDE

Proyecto: ANÁLISIS DE ESTABILIDAD PARA LA DETERMINACIÓN DEL RIESGO POR DESLIZAMIENTO DEL ACANTILADO DE LA COSTA VERDE, DISTRITO BARRANCO

Fecha: 9/02/2021

Distrito: Barranco **Sector:** 014 **Elaborado por:** LVH ; BSR

Progresiva Inicial: 0+780 **Progresiva Final:** 0+820 **Pag.:** 2/2

Zona de talud:

Talud en el sector: Min Elev.: 5.6 msnm H promd.: 48.4 m
Max Elev.: 54 msnm

Forma: El sector en perfil, de manera general, tiene un forma convexa iniciando con una pendiente medianamente empinada al pie del talud, luego la pendiente se va suavizando hacia la plaforma superior.

Descripción Estratigrafía: De los trabajos de campo, partiendo desde la base del talud, se observó una potencia aproximada de 19m de material conglomerado, una potencia de material fino de 2m, un material conglomerado de 7m, un material fino de 1m y terminando con un material conglomerado en la parte superior.

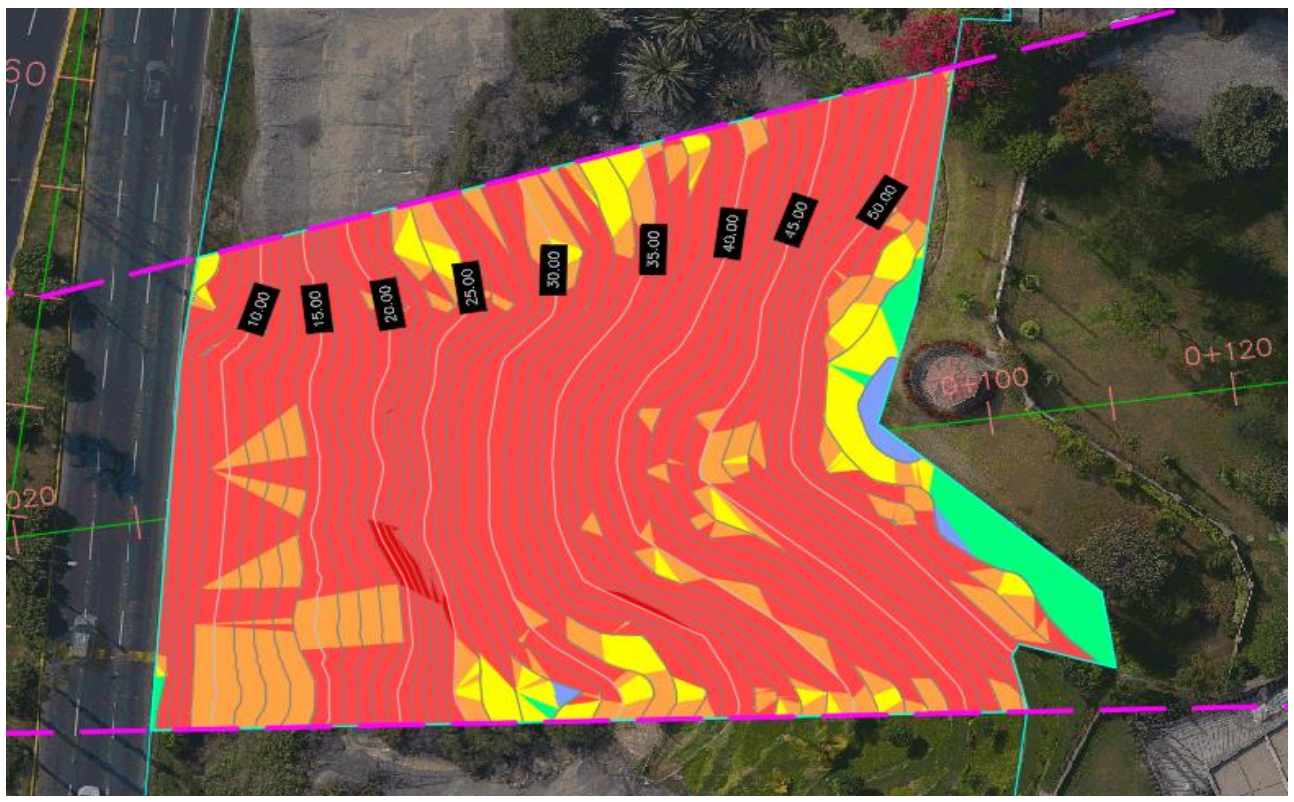
Tipo de Intervención: La superficie del talud tiene una cubierta moderada de vegetación, concentrándose al pie del talud. Por otro lado tiene una malla para el control preventivo de caída de rocas. Así como, un cerco de malla al borde de la vía vehicular rápida en la zona baja.

Acceso: No existen accesos através del talud.

Resumen Área mapa de calor:

Valoración	Min	Max	Area (m^2)	Area (%)	Pendiente Promedio
	0°	5°	24.29	0.7%	33.06°
	5°	15°	98.08	3.0%	
	15°	25°	199.16	6.1%	
	25°	32°	486.26	14.8%	
	32°	40°	2,449.45	74.7%	
	40°	90°	19.73	0.6%	

Diagrama en planta del Sector:



Anexo B. Sectorización

FICHA POR SECTOR DE COSTA VERDE

Proyecto: ANÁLISIS DE ESTABILIDAD PARA LA DETERMINACIÓN DEL RIESGO POR DESLIZAMIENTO DEL ACANTILADO DE LA COSTA VERDE, DISTRITO BARRANCO

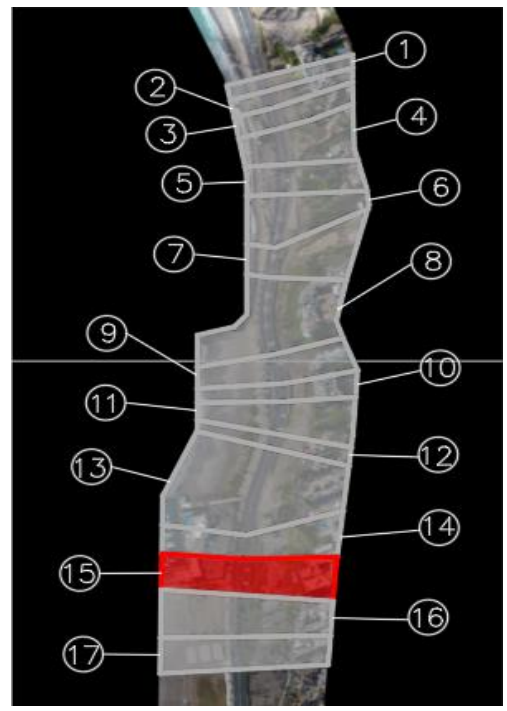
Fecha: 9/02/2021

Distrito: Barranco **Sector:** 015 **Elaborado por:** LVH ; BSR

Progresiva Inicial: 0+820 **Progresiva Final:** 0+880 **Pag.:** 1/2

Entorno del Sector:

Ubicación:



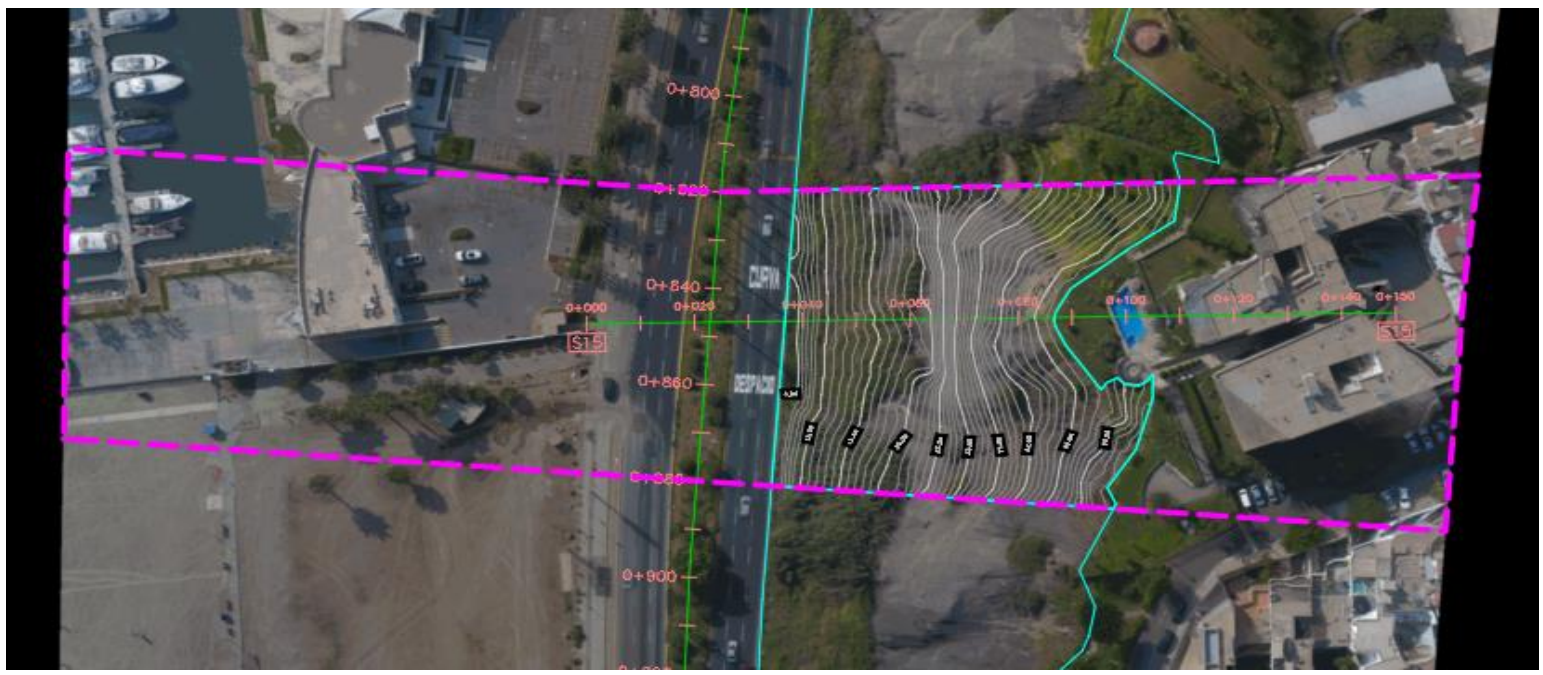
Descripción de Zona Alta (Eficicaciones/ Espacios Públicos):

- Existen unas edificaciones de hasta 5 pisos. Llegan a una altura aproximada de hasta 15m. Su uso es de vivienda y visualmente consta de contrucciones de concreto armado en buenas condiciones. La infraestrucura se desarrolla aproximadamente a partir de los 9.5m del borde del talud.

Descripción de Zona Baja (Eficicaciones/ Espacios Públicos):

- Existe una vía rápida vehicular, que está a 3 metros del pie del talud. Abarca un ancho de 28m, con un total de 6 carriles y una berma central de 9m.
- Continuamente existe una ciclovía de 1.8m de ancho.
- Luego se tiene la vereda peatonal de 5m de ancho.
- Finalmente se tiene un club privado y puerto de embarcaciones pequeñas.

Diagrama en planta del Sector:



Anexo B. Sectorización

FICHA POR SECTOR DE COSTA VERDE

Proyecto: ANÁLISIS DE ESTABILIDAD PARA LA DETERMINACIÓN DEL RIESGO POR DESLIZAMIENTO DEL ACANTILADO DE LA COSTA VERDE, DISTRITO BARRANCO

Fecha: 9/02/2021

Distrito: Barranco **Sector:** 015 **Elaborado por:** LVH ; BSR

Progresiva Inicial: 0+820 **Progresiva Final:** 0+880 **Pag.:** 2/2

Zona de talud:

Talud en el sector: Min Elev.: 5 msnm H promd.: 48 m
Max Elev.: 53 msnm

Forma: El sector en perfil, de manera general, tiene un forma convexa iniciando con una pendiente medianamente empinada al pie del talud, luego la pendiente se va suavizando hacia la plaforma superior.

Descripción Estratigrafía: De los trabajos de campo, partiendo desde la base del talud, se observó una potencia aproximada de 22m de material conglomerado, una potencia de material fino de 2m, un material conglomerado de 2m, un material fino de 1m y terminando con un material conglomerado en la parte superior.

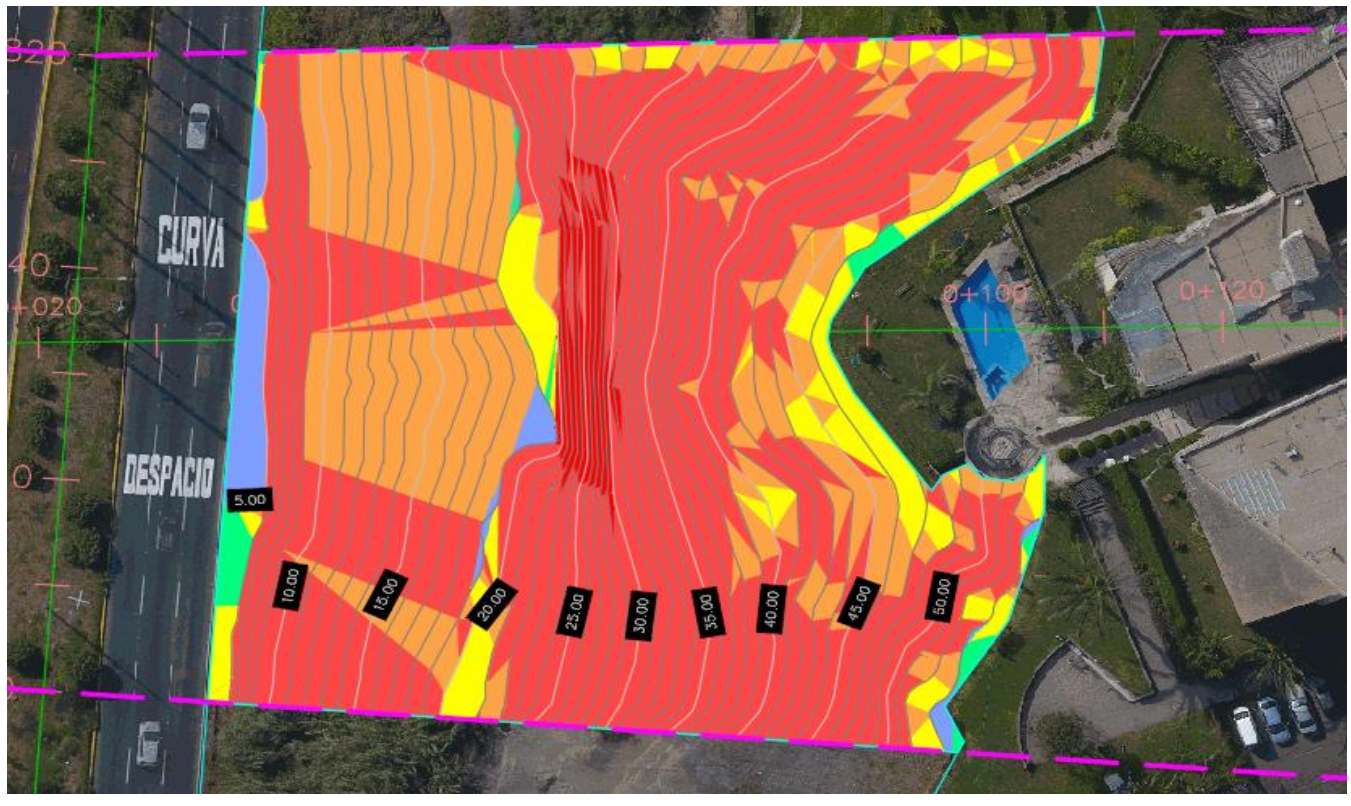
Tipo de Intervención: La superficie del talud esta parcialmente cubierta por vegetación, con una mayor concentración al pie del talud. Por otro lado tiene una malla para el control preventivo de caída de rocas. Así como, un cerco de malla al borde de la vía vehicular rápida en la zona baja.

Acceso: No existen accesos através del talud.

Resumen Área mapa de calor:

Valoración	Min	Max	Area (m^2)	Area (%)	Pendiente Promedio
	0°	5°	102.95	2.6%	32.47°
	5°	15°	45.61	1.1%	
	15°	25°	298.53	7.5%	
	25°	32°	1,083.97	27.2%	
	32°	40°	2,329.46	58.5%	
	40°	90°	120.05	3.0%	

Diagrama en planta del Sector:



Anexo B. Sectorización

FICHA POR SECTOR DE COSTA VERDE

Proyecto: ANÁLISIS DE ESTABILIDAD PARA LA DETERMINACIÓN DEL RIESGO POR DESLIZAMIENTO DEL ACANTILADO DE LA COSTA VERDE, DISTRITO BARRANCO

Fecha: 9/02/2021

Distrito: Barranco **Sector:** 016 **Elaborado por:** LVH ; BSR

Progresiva Inicial: 0+880 **Progresiva Final:** 0+950 **Pag.:** 1/2

Entorno del Sector:

Descripción de Zona Alta (Eficicaciones/ Espacios Públicos):

- Existen unas edificaciones de 2 hasta 4 pisos. Llegan a una altura aproximada de hasta 12m. Su uso es de vivienda y visualmente consta de contrucciones de concreto armado en buenas condiciones. Se ubican aproximadamente a 17m del borde del talud.
- Existen una vía vehicular de bajo tránsito de un ancho de 5.5m, está a 10m del talud.
- Hay un malecón continuo al borde del talud.

Descripción de Zona Baja (Eficicaciones/ Espacios Públicos):

- Existe una vía rápida vehicular, que está a 3 metros del pie del talud. Abarca un ancho de 27m, con un total de 6 carriles y una berma central de 8m.
- Continuamente existe una ciclovía de 1.8m de ancho.
- Luego se tiene la vereda peatonal de 5m de ancho.
- Finalmente se tiene la "Playa Las Sombrillas" de un ancho aproximado de 100m.

Ubicación:

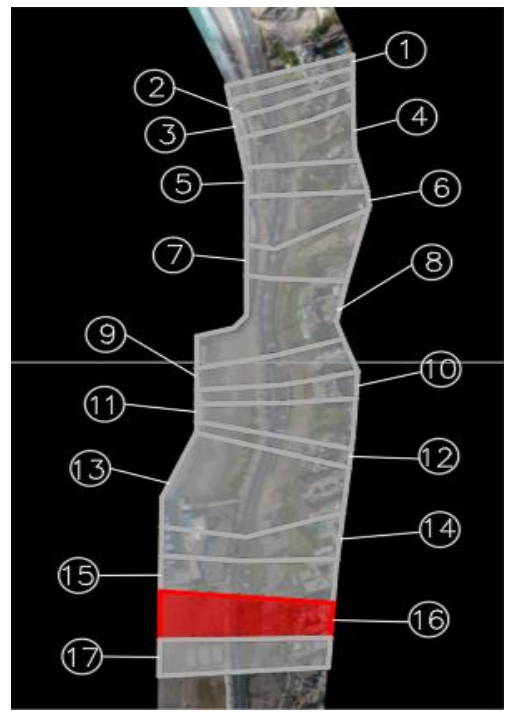
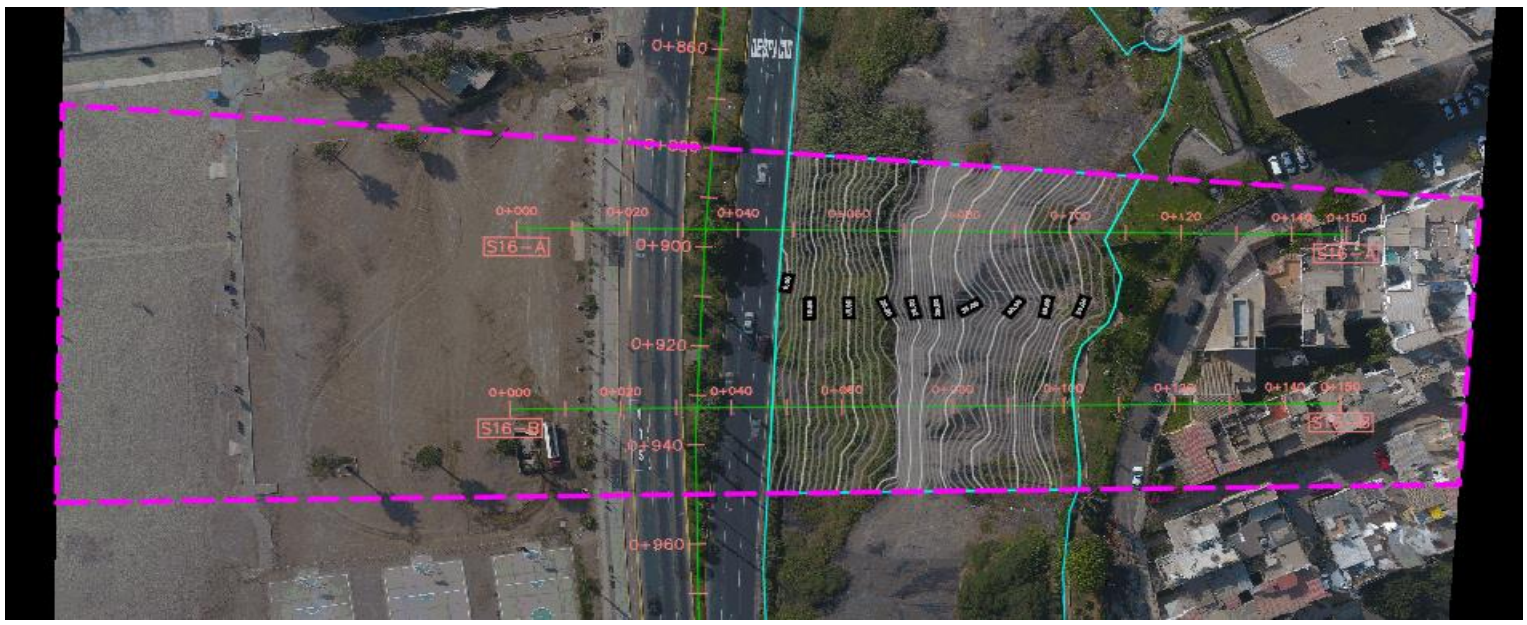


Diagrama en planta del Sector:



Anexo B. Sectorización

FICHA POR SECTOR DE COSTA VERDE

Proyecto: ANÁLISIS DE ESTABILIDAD PARA LA DETERMINACIÓN DEL RIESGO POR DESLIZAMIENTO DEL ACANTILADO DE LA COSTA VERDE, DISTRITO BARRANCO

Fecha: 9/02/2021

Distrito: Barranco **Sector:** 016 **Elaborado por:** LVH ; BSR

Progresiva Inicial: 0+880 **Progresiva Final:** 0+950 **Pag.:** 2/2

Zona de talud:

Talud en el sector: Min Elev.: 5 msnm H promd.: 48 m
Max Elev.: 53 msnm

Forma: El sector en perfil, de manera general, tiene un forma convexa iniciando con una pendiente medianamente empinada al pie del talud, luego la pendiente se va suavizando hacia la plaforma superior.

Descripción Estratigrafía: De los trabajos de campo, partiendo desde la base del talud, se observó una potencia aproximada de 22m de material conglomerado, una potencia de material fino de 2m, un material conglomerado entre 2m a 4m, un material fino entre 0.5m y 1m, terminando con un material conglomerado hasta la parte superior.

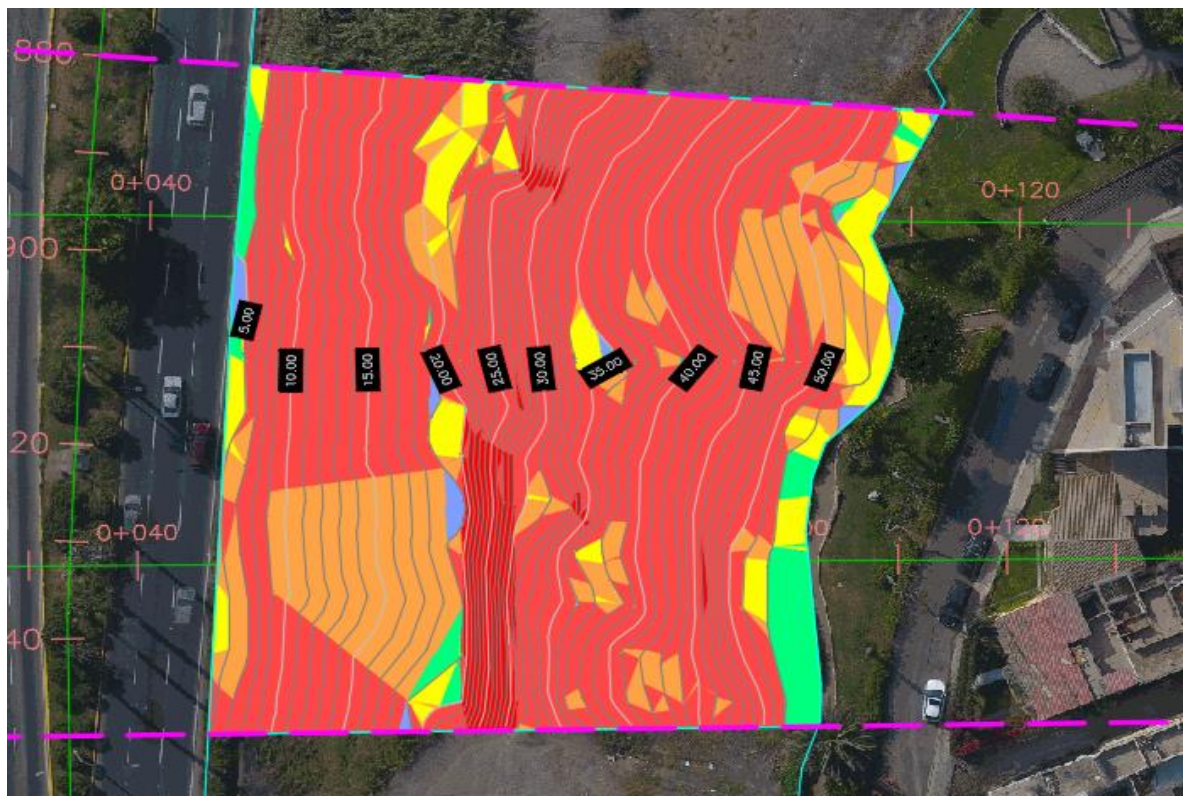
Tipo de Intervención: La superficie del talud esta parcialmente cubierta por vegetación, con una concentración al pie del talud. Por otro lado tiene una malla para el control preventivo de caída de rocas. Así como, un cerco de malla al borde de la vía vehicular rápida en la zona baja.

Acceso: No existen accesos através del talud.

Resumen Área mapa de calor:

Valoración	Min	Max	Area (m^2)	Area (%)	Pendiente Promedio
	0°	5°	38.25	1.0%	33.60°
	5°	15°	132.30	3.5%	
	15°	25°	234.45	6.1%	
	25°	32°	685.03	17.9%	
	32°	40°	2,586.32	67.6%	
	40°	90°	152.18	4.0%	

Diagrama en planta del Sector:



Anexo B. Sectorización

FICHA POR SECTOR DE COSTA VERDE

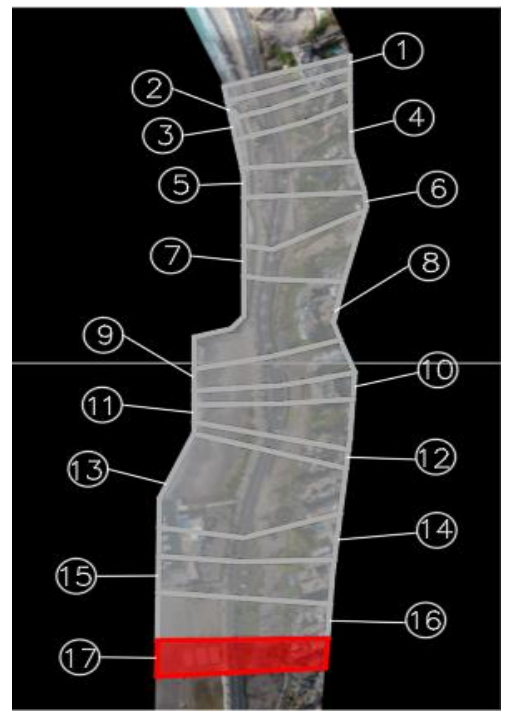
Proyecto: ANÁLISIS DE ESTABILIDAD PARA LA DETERMINACIÓN DEL RIESGO POR DESLIZAMIENTO DEL ACANTILADO DE LA COSTA VERDE, DISTRITO BARRANCO

Fecha: 9/02/2021

Distrito:	**Barranco**	**Sector:**	**017**	**Elaborado por:**	**LVH ; BSR**
Progresiva Inicial:	**0+950**	**Progresiva Final:**	**1+004**	**Pag.:**	**1/2**

Entorno del Sector:

Ubicación:



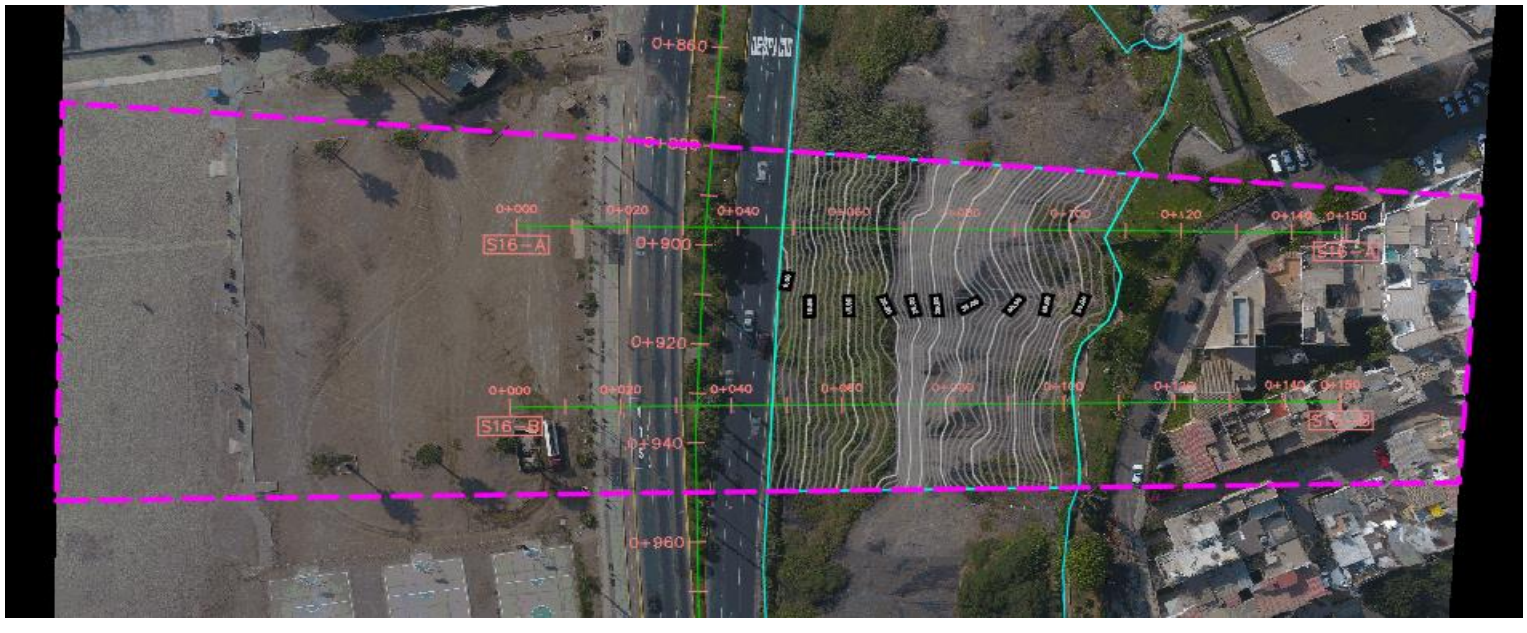
Descripción de Zona Alta (Eficicaciones/ Espacios Públicos):

- Existen unas edificaciones de 3 pisos. Llegan a una altura aproximada de hasta 9m. Su uso es de vivienda y visualmente consta de contrucciones de concreto armado en buenas condiciones. Se ubican aproximadamente a 14.5m del borde del talud.
- Existen una vía vehicular de bajo tránsito de un ancho de 5.5m, está a 6m del talud.

Descripción de Zona Baja (Eficicaciones/ Espacios Públicos):

- Existe una vía rápida vehicular, que está a 3 metros del pie del talud. Abarca un ancho de 20m, con un total de 6 carriles y una berma central de 1m.
- Continuamente existe una ciclovía de 1.8m de ancho.
- Luego se tiene la vereda peatonal de 5m de ancho.
- Finalmente se tiene la "Playa Las Sombrillas" de un ancho aproximado de 100m.

Diagrama en planta del Sector:



Anexo B. Sectorización

FICHA POR SECTOR DE COSTA VERDE

Proyecto: ANÁLISIS DE ESTABILIDAD PARA LA DETERMINACIÓN DEL RIESGO POR DESLIZAMIENTO DEL ACANTILADO DE LA COSTA VERDE, DISTRITO BARRANCO

Fecha: 9/02/2021

Distrito: Barranco **Sector:** 017 **Elaborado por:** LVH ; BSR

Progresiva Inicial: 0+950 **Progresiva Final:** 1+004 **Pag.:** 2/2

Zona de talud:

Talud en el sector: Min Elev.: 6 msnm H promd.: 46 m
Max Elev.: 52 msnm

Forma: El sector en perfil, de manera general, tiene un forma convexa iniciando con una pendiente medianamente empinada al pie del talud, luego la pendiente se va suavizando hacia la plaforma superior.

Descripción Estratigrafía: De los trabajos de campo, partiendo desde la base del talud, se observó una potencia aproximada entre 19.5m a 22m de material conglomerado, hacia el lado norte del sector se intercalan potencia de material conglomerado de 2m y pontencias de material fino de 0.5m y 2m, hacia el lado sur con una potencia de material fino 2m y en general terminando con un material conglomerado hasta la parte superior.

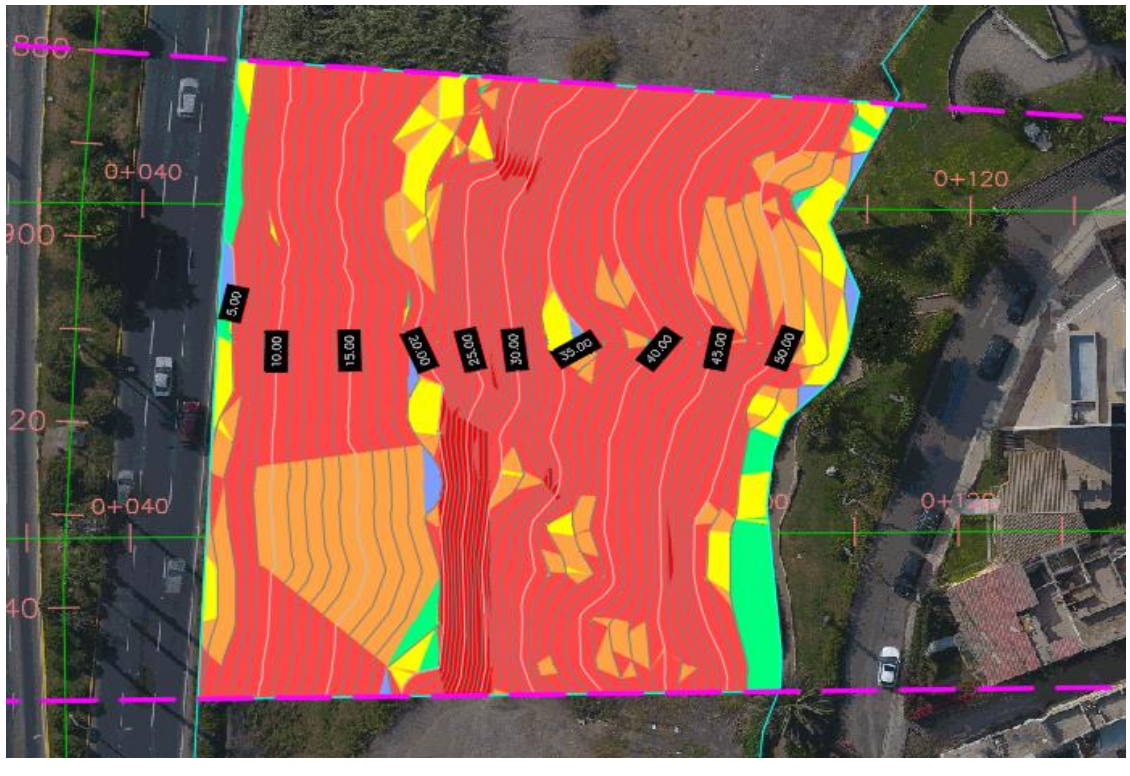
Tipo de Intervención: La superficie del talud esta parcialmente cubierta por vegetación, con concentración al pie del talud. Por otro lado tiene una malla para el control preventivo de caída de rocas. Así como, un cerco de malla al borde de la vía vehicular rápida en la zona baja.

Acceso: No existen accesos através del talud.

Resumen Área mapa de calor:

Valoración	Min	Max	Area (m^2)	Area (%)	Pendiente Promedio
	0°	5°	118.96	4.1%	34.35°
	5°	15°	18.60	0.6%	
	15°	25°	227.75	7.8%	
	25°	32°	294.61	10.1%	
	32°	40°	2,066.77	70.9%	
	40°	90°	189.71	6.5%	

Diagrama en planta del Sector:



Anexo B. Sectorización

Anexo C Evaluación de riesgo

Anexo C.1. Matriz de Peligro

Anexo C.1 Matriz de Peligro

La matriz de Peligro se elaboró de acuerdo a los lineamientos propuestos por Hawley M. & Cunning J. (2017) y adaptado a lineamientos generales para la evaluación del peligro de la estabilidad de taludes naturales. Se subdivide en el Índice Geológico y el Índice de Desempeño.

1.1. Índice Geológico.

1.1.1. Escenario Regional.

Los factores están sujetos al lugar geográfico y clima del lugar. La máxima puntuación que pueden alcanzar los factores del escenario regional es de 10 puntos, es decir un 10% de la máxima puntuación de la matriz de peligro.

Sismicidad. -

La determinación del peligro sísmico debe tener dentro de sus consideraciones el potencial impacto por sismo. Sobre todo, en la zona geográfica del Perú. El criterio de evaluación será sobre la aceleración pico esperada para un periodo de retorno de 475 años, con 10% de probabilidad de excedencia en 50 años. El factor de Sismicidad representa un 2% de la máxima puntuación de la matriz de peligro. La valoración se realizará de acuerdo con la *Tabla 1*.

Tabla 1. Valoración del factor de Sismicidad

Factor	Calificación				
Sismicidad	Muy Alto	Alto	Moderado	Bajo	Muy Bajo
Aceleración Pico esperada (g); basada en un periodo de retorno de 475 años/ probabilidad de excedencia del 10% en 50 años	> 0.4	0.2 – 0.4	0.1 – 0.2	0.05 – 0.1	< 0.05
Valoración	0	0.5	1.0	1.5	2

Nota: Adaptado de Guidelines for Mine Waste Dump and Stockpile Design (Hawley M. & Cunning J., 2017).

El valor de aceleración pico empleado para todos los sectores del estudio corresponde al estudio de peligro sísmico de SENCICO (2016), equivalente a 0.4697 g, siendo la valoración de cero (Categoría Muy Alto).

Precipitación. –

Este factor considera la incidencia de un ambiente húmedo a uno árido en el desempeño de la estabilidad. La evaluación se basa en la precipitación anual. Altos niveles de precipitación pueden influir indirectamente en el nivel freático natural. Para zonas geográficas sujetas a cambios bruscos de clima, se debe considerar reducir en un nivel de calificación en una condición más desfavorable al resultado en base a la precipitación anual promedio, dado que se considera que la estabilidad será más susceptible a los cambios bruscos del clima. El factor de precipitación representa un 8% de la máxima puntuación de la matriz de peligro. La valoración se realizará de acuerdo a la *Tabla 2*.

Tabla 2. Valoración del factor de precipitación.

Factor	Calificación				
Precipitación	Muy Alto	Alto	Moderado	Bajo	Muy Bajo
Precipitación promedio anual (mm)	> 2000	1000 – 2000	350 – 1000	100 – 350	< 100
Valoración	0	2	4	6	8

Nota: Adaptado de Guidelines for Mine Waste Dump and Stockpile Design (Hawley M. & Cunning J., 2017).

El valor empleado para todos los sectores se hace en referencia el estudio de Ciudades Sostenibles (2014), correspondiente a menos de 8 mm promedio anual, dada las escasas precipitaciones de la zona. La valoración corresponde a 8 puntos (Categoría Muy Bajo).

1.1.2. Condiciones de Fundación

Las condiciones de fundación relacionan atributos físicos relacionados a la topografía, la competencia del material de fundación y las condiciones del nivel freático. Los factores de las condiciones de fundación alcanzan una máxima puntuación de 20 puntos, representando una incidencia del 20% en la matriz de peligro.

Forma de Fundación. -

La valoración de la forma de fundación se realizará en base al perfil vertical de la sección del talud. Las formas idealizadas son: convexa, planar y cóncavo; además se referencia a la pendiente general del talud. Para pendientes similares, tendrán un mejor desempeño de estabilidad los perfiles con forma cóncava donde la pendiente se aplane progresivamente de la

cresta al pie del talud. El factor de forma de fundación representa un 4% de la máxima puntuación de la matriz de peligro. La valoración se realizará de acuerdo a la *Tabla 3*.

Tabla 3. Valoración del Factor de Forma de Fundación.

Factor	Calificación				
Forma de Fundación	Muy Alto	Alto	Moderado	Bajo	Muy Bajo
Forma de la sección	Convexo o pendiente empinada o muy empinada	Convexo o pendiente moderada; Concavo o Planar de pendiente empinada a muy empinada	Convexo o pendiente suave; Planar o concavo en pendiente moderada	Planar o Concavo en pendiente suave	Planar o Concavo en pendiente irregular o plano
Valoración	0	1	2	3	4

Nota: Adaptado de Guidelines for Mine Waste Dump and Stockpile Design (Hawley M. & Cunning J., 2017).

La valoración de este parámetro se generalizó para todos los sectores, de acuerdo a la topografía presentada en el Anexo B. Corresponde un valore de cero (Nivel muy Alto).

Material de Fundación. -

La competencia del material de fundación, su resistencia y sus condiciones estructurales influyen en la estabilidad. Se han considerado cinco tipos de material. El tipo A considera arcilla alterada muy débil y/o altamente débil, roca altamente fracturada, calidad de roca pobre con un GSI menor a 20, un RMR menor a 20 o un valor Q menor a 1. Además, considera orientaciones de fallas o juntas de estratigrafía adversas. El tipo B considera rocas sedimentarias de grano fino más competente que el tipo A, roca moderadamente deteriorada o fracturada de moderado a intensamente, calidad pobre de roca con un GSI/RMR entre 20 y 40 y un valor Q en el rango de 1 a 4. Incluye una estructura orientada adversamente como un lecho discontinuo, juntas de foliación o un potencial desarrollo de fallas controlados por la anisotropía. Además, se debe considerar tipo B cuando se conoce pobremente las condiciones de fundación. El tipo C considera un material de competencia moderada, rocas fracturadas moderadamente y/o levemente deterioradas, calidad media de roca con un GSI/RMR entre 40 y 60 y un valor Q entre 4 y 10. Además se debe considera tipo C cuando la estratigrafía y la estructura de fundación se conoce mejor con un mapeo de perforación y reconocimiento de

expropiación, así como el potencial de inestabilidad es limitado. El tipo D considera un material competente, masa rocosa inalterada, con una calidad de roca de GSI/RMR entre 60 y 80 o un valor Q entre 10 y 40. Tiene un potencial de falla despreciable en la estructura principal o una estructura anisotrópica. El tipo E es un material muy competente, muy duro, inalterado, masivo, con una calidad GSI/RMR mayor a 80 o un valor Q mayor que 40. Considera orientaciones no adversas. El factor de material de fundación representa un 9% de la máxima puntuación de la matriz de peligro. La valoración se realizará de acuerdo a la *Tabla 4*.

Tabla 4. Valoración del Factor de Material de Fundación

Factor	Calificación				
Material de Fundación	Tipo A	Tipo B	Tipo C	Tipo D	Tipo E
Competencia	Arcilla alterada muy débil y/o altamente débil, roca muy fracturada; laminado, medidas de carbón altamente carbonatadas; flysch; GSI/RMR < 20; Q < 1	Rocas sedimentarias fino-granular; rocas alteradas o moderadamente degradada; moderada a muy fracturada; GSI/RMR 20-40; Q 1-4	Competencia moderada; moderadamente fracturado; levemente degradada/alterada; GSI/RMR 40-60; Q 4-10	Competente, duro, sin degradación/ no alterado, bloque; GSI/RMR 60-80; Q 10-40	Muy competente, sin degradación, no alterado, duro, masivo; GSI/RMR >80; Q>40
Valoración	0	2.25	4.5	6.75	9

Nota: Adaptado de Guidelines for Mine Waste Dump and Stockpile Design (Hawley M. & Cunning J., 2017).

La valoración de este parámetro se generalizó para todos los sectores, dado que, en el sector de Barranco, los acantilados se componen de material de suelo conglomerado con lentes de materiales finos, por tal motivo se consideró el mínimo puntaje de cero para esta categoría.

Nivel Freático. -

El nivel freático, la gradiente hidráulica, la dirección de flujo y la conductividad hidráulica del material tienen una influencia sobre la presión de poros y afectar adversamente a la estabilidad estática. La calificación de alto corresponde cuando el nivel freático natural está cercano a la superficie o hay una fuerte gradiente en la base. El nivel moderado corresponde

cuando la elevación estacional máxima del nivel freático está por debajo de los 5 metros de la superficie natural. El flujo de agua subterránea es paralelo al talud o un gradiente hacia abajo. Además de haber un potencial limitado de generar presión de poros adversa. El nivel bajo es cuando el nivel freático está a gran profundidad, debajo de la base de la superficie de falla potencial más profunda. El factor de nivel freático representa un 7% de la máxima puntuación de la matriz de peligro. La valoración se realizará de acuerdo a la *Tabla 5*.

Tabla 5. Valoración del Factor de Nivel Freático.

Factor	Calificación		
Nivel Freático	Alto	Moderado	Bajo
Condiciones esperadas	Nivel Freático superficial; descarga activa o filtración; fuerte gradiente en la parte superior; potencial generación de alta presión de poros en la fundación debido a las cargas del terraplén	Nivel freático > 5m por debajo del nivel superficial; limitado potencial de generar presión de poros adversos en la fundación debido a cargas del terraplén	Nivel freático a gran profundidad; despreciable potencial de generar presión de poros adversos en la fundación
Valoración	0	3.5	7

Nota: Adaptado de Guidelines for Mine Waste Dump and Stockpile Design (Hawley M. & Cunning J., 2017).

La valoración de este parámetro se generalizó para todos los sectores, dado que, en el sector de Barranco, se considera el nivel freático aún más por debajo del pie del talud (Ciudades Sostenibles, 2014), entrando a la categoría de gran profundidad y de influencia adversa despreciable sobre el material de fundación. Por lo tanto, se califica para todos los sectores con 7 puntos.

1.1.3. Calidad del Material

Los factores de la calidad del material relacionan al material que determina la resistencia al cortante el comportamiento de deformación y características hidrológicas. Estos factores representan 20 puntos de la máxima puntuación de la matriz de peligro, es decir el 20%.

Gradación. -

El tamaño de las partículas influye en la fricción de la resistencia al corte. El factor de Gradación tiene la siguiente valoración. En general, un material bien graduado con un alto porcentaje de partículas gruesas, angulares y bajo contenido de finos tendrá un mejor desempeño. La gradación se califica bajo el índice de contenido de finos, para un tamaño de partículas menores a 75mm o el índice de contenido grueso, superiores a 75mm. Otro factor es la composición mineral de los finos. Hay finos con un comportamiento plástico y no plástico el cual va de un peor a mejor comportamiento de resistencia al corte, según corresponde. Se empleará el límite líquido (LL) y el límite plástico (LP), donde su diferencia resulta en el índice de plasticidad (IP). El factor de gradación representa un 10% de la máxima puntuación de la matriz de peligro. La valoración se realizará de acuerdo a la *Tabla 6*.

Tabla 6. Valoración del Factor de Gradación.

Factor	Calificación				
Gradación	De grano fino		Grano mixto		Grano muy grueso
% Finos (pasa malla #200; <0.075 mm)	> 50%	25 – 50%	10 – 25%	5 – 10%	< 5%
% mayor que 75 mm	< 10%	10 – 25%	25 – 50%	50 – 75%	> 75%
Plasticidad	Finos de alta plasticidad; LL > 50; IP > 20	Finos de plasticidad moderada; LL 35 – 50; IP 10 – 20	Finos de baja plasticidad; LL < 35; IP < 10	N/A	N/A
Valoración	0	2.5	5	7.5	10

Nota: Adaptado de Guidelines for Mine Waste Dump and Stockpile Design (Hawley M. & Cunning J., 2017).

La valoración de este parámetro tomo un punto medio de clasificación de “Grano mixto” y “Grano muy grueso” entre el material conglomerado y el material fino observados en la cara del talud. Con lo cual se obtiene una puntuación de 7.5. Para los sectores donde no se observe lentes de material fino se calificarán como un material “Grano muy grueso”, obteniendo un puntaje de 10. Este último caso se observa particularmente en el sector 5.

Resistencia Intacta. -

Este factor está influenciado por la resistencia intacta y durabilidad de las partículas individuales. Las partículas de baja resistencia pueden conducir a la rotura de las mismas influyendo en la variación de la gradación. Se definen cinco tipos. El tipo 1 se define de extremadamente débil a muy débil, que son pobremente endurecidos con una baja resistencia intacta menor o igual a 5 MPa, o son susceptibles a la rotura bajo cargas estáticas. Además de material derivado del Tipo A. El tipo 2 es un material débil de degradable, con una resistencia intacta de 5 a 25 MPa. Incluye material derivado del Tipo B o la mayoría de suelos de grano mixto y aluvión de grano medio, a excepción de aluviones de grano muy grueso. El tipo 3 corresponde a una resistencia moderada y durabilidad moderada, con una resistencia intacta de 25 a 50 MPa. Además, cuando existe un potencial limitado de rotura bajo cargas estáticas. Incluye material derivado del Tipo C y aluvión de grano muy grueso derivado de rocas duraderas. El tipo 4 corresponde a una resistencia fuerte y roca duradera, incluye material proveniente del Tipo D, partículas angulares gruesas, duradero y compuesto de rocas fuertes. El tipo 5 corresponde a un material de muy fuerte a extremadamente fuerte, con una resistencia intacta mayor a 100 MPa, rocas extremadamente duraderas, no es susceptible a rotura bajo cargas estáticas. Incluye mayormente al material derivado del Tipo E. El factor de resistencia intacta representa un 10% de la máxima puntuación de la matriz de peligro. La valoración se realizará de acuerdo a la *Tabla 7*.

Tabla 7. Valoración del Factor de Resistencia Intacta.

Factor	Calificación				
Resistencia Intacta	Tipo 1	Tipo 2	Tipo 3	Tipo 4	Tipo 5
Resistencia Intacta	Roca extremadamente débil a débil, R0-1 (UCS < 5Mpa); Tipo A lecho rocoso;	Roca débil, R2 (UCS 5-25 Mpa); Tipo B lecho rocoso	Roca medianamente fuerte, R3 (UCS 25-50 Mpa); en su mayoría del Tipo C de lecho rocoso; aluvión de grano grueso y "Talus" derivado	Roca fuerte a muy fuerte, R4 (UCS 50 – 100 Mpa); en su mayoría Tipo D lecho rocoso	Roca muy fuerte a extremadamente fuerte R5-6 (UCS>100 Mpa); en su mayoría Tipo E lecho rocoso

Factor	Calificación				
			de roca dura		
Valoración	0	2.5	5	7.5	10

Nota: Adaptado de Guidelines for Mine Waste Dump and Stockpile Design (Hawley M. & Cunning J., 2017).

La calificación de esta categoría se generalizó a todos los sectores, considerando que en el distrito de Barranco los acantilados se componen de material de suelo conglomerado con lentes de materiales finos, por tal motivo se brinda el mínimo puntaje de cero para esta categoría.

1.2. Índice de Desempeño

1.2.1. Geometría y Masa

El grupo de factores está relacionado al tamaño y forma del talud. Entre más alto y empinado sea el talud, será más susceptible a la inestabilidad. Esas inestabilidades conducen a mayores y grandes deslizamientos. La máxima puntuación que pueden alcanzar los factores de geometría y masa son de 10 puntos, es decir un 10% de la máxima puntuación de la matriz de peligro.

Para la valoración de los parámetros de este grupo se puntuó cada sector de acuerdo a las características descritas en el Anexo B.

Altura. -

Para la valoración del factor de la altura se adaptaron los niveles de valoración de acuerdo al rango de variación máximo de alturas en la Costa Verde. El factor de altura representa un 4% de la máxima puntuación de la matriz de peligro. La valoración se realizará de acuerdo a la *Tabla 8*.

Tabla 8. Valoración del Factor de Altura.

Factor	Calificación				
Altura					
Altura (m)	Altura mayor a 60 m	Altura entre 46 y 60 m	Altura entre 31 a 45 m	Altura entre 16 a 30 m	Altura de 0 a 15 m
Valoración	0	1	2	3	4

Nota: Adaptado de Guidelines for Mine Waste Dump and Stockpile Design (Hawley M. & Cunning J., 2017).

Ángulo del Talud. -

El factor de ángulo del talud se adaptó a los fines de la investigación, que busca valorar el sector de análisis. Es medido en función a la pendiente promedio del sector de análisis derivado de la topografía. El factor de ángulo de talud representa un 4% de la máxima puntuación de la matriz de peligro. La valoración se realizará de acuerdo a la *Tabla 9.*

Tabla 9. Valoración del Factor de Ángulo del Talud.

Factor	Calificación				
Ángulo del Talud	Muy empinado	Empinado	Moderado	Llano	Muy llano
Ángulo de la pendiente (°)	> 35°	30 – 35°	25 – 30°	15 – 25°	< 15
Valoración	0	1	2	3	4

Nota: Adaptado de Guidelines for Mine Waste Dump and Stockpile Design (Hawley M. & Cunning J., 2017).

Superficie Susceptible a Derrumbe. -

Se ha establecido el factor de superficie susceptible a derrumbe, el cual no es original de la adaptación de la estimación del nivel de peligro. De acuerdo a los fines de investigación se establece un mínimo de ángulo de fricción interna de 40°, el cual se asume como el límite de inflexión en el cual el material denominado como conglomerado de Lima puede mantenerse estable y en reposo a pesar de un decaimiento de su propiedad cohesiva. Entonces, se debe evaluar la superficie topográfica del talud dentro del sector correspondiente y determinar el porcentaje del área que supera una pendiente de 40°. El factor de superficie susceptible a derrumbe representa un 2% de la máxima puntuación de la matriz de peligro. La valoración se realizará de acuerdo a la *Tabla 10.*

Tabla 10. Valoración del Factor Superficie Susceptible a Derrumbe.

Factor	Calificación				
Superficie Susceptible a Derrumbe					
Porcentaje de la superficie total de un sector que supere la pendiente de 40° (%)	> 20%	16 – 20%	11 – 15%	6 – 10%	0 – 5%

Factor	Calificación				
Valoración	0	0.5	1	1.5	2

Nota: Adaptado de Guidelines for Mine Waste Dump and Stockpile Design (Hawley M. & Cunning J., 2017).

1.2.2. Análisis de Estabilidad

Los factores de estabilidad están relacionados a un análisis de estabilidad objetivo y criterios aceptables. Para los fines de investigación se delimitará a técnicas determinísticas y al cálculo del factor de seguridad en base a técnicas de equilibrio límite. Se tomará en consideración la estabilidad estática y pseudoestática. La máxima puntuación que pueden alcanzar los factores del análisis de estabilidad es de 20 puntos, es decir un 20% de la máxima puntuación de la matriz de peligro.

Para la valoración de los parámetros de este grupo se puntuó cada sector de acuerdo a las características descritas en el Anexo C.1.1.

Estabilidad Estática. -

El factor de estabilidad estática será determinado en base a los resultados de análisis en 2D. Las valoraciones dadas asumen un nivel moderado de confianza en los parámetros de resistencia empleados en el análisis. Si la confiabilidad de los parámetros de entrada es bajos o no creíbles se podrá asignar una valoración más baja. El factor de estabilidad estática representa un 14% de la máxima puntuación de la matriz de peligro. La valoración se realizará de acuerdo a la *Tabla 11*.

Tabla 11. Valoración del Factor de Estabilidad Estática.

Factor	Calificación				
Estabilidad Estática					
Factor de Seguridad (FS)	< 1.1	1.1 – 1.2	1.2 – 1.3	1.3 – 1.5	> 1.5
Valoración	0	3.5	7	10.5	14

Nota: Adaptado de Guidelines for Mine Waste Dump and Stockpile Design (Hawley M. & Cunning J., 2017).

Estabilidad Pseudoestática. -

Para los fines de la investigación se adaptó el factor a una evaluación pseudoestática. Se empleará una reducción de la aceleración pico horizontal para el análisis de estabilidad en 2D. Las valoraciones dadas asumen un nivel moderado de confianza en los parámetros de resistencia empleados en el análisis. Si la confiabilidad de los parámetros de entrada es bajos o no creíbles se podrá asignar una valoración más baja. El factor de estabilidad pseudoestática representa un 6% de la máxima puntuación de la matriz de peligro. La valoración se realizará de acuerdo a la *Tabla 12*.

Tabla 12. Valoración del Factor de Estabilidad Pseudoestática.

Factor	Calificación				
Estabilidad Pseudoestática					
Factor de Seguridad (FS) o Factor de Reducción de Resistencia	< 1.0	1.0 – 1.05	1.05 – 1.10	1.10 – 1.15	> 1.15
Valoración	0	1.5	3	4.5	6

Nota: Adaptado de Guidelines for Mine Waste Dump and Stockpile Design (Hawley M. & Cunning J., 2017).

1.2.3. Intervención

Grado de Intervención. -

Para los fines de la investigación se determinó el factor de grado de intervención existente en el contexto del desarrollo de los análisis. A partir de la sectorización de la superficie del talud se evaluará el grado de elementos de prevención, control y estabilización dispuestos sobre

el talud natural. Se determinarán bajo el criterio del investigador. Se podrá considerar una valoración intermedia dentro de los rangos dados para cada nivel de calificación. El factor de grado de intervención representa un 10% de la máxima puntuación de la matriz de peligro. La valoración se realizará de acuerdo a la *Tabla 13*.

Para la valoración de los parámetros de este grupo se puntuó cada sector de acuerdo a las características descritas en el Anexo B.

Tabla 13. Valoración del Factor de Grado de Intervención.

Factor	Calificación			
Grado de Intervención				
Nivel de intervención en el sector de análisis	Sin intervención	Sector intervenido con control de caída de rocas (Malla, vegetación, Barrera dinámica)	Sector intervenido con la estabilización total o parcial del talud	Sector intervenido con control de caída de rocas y talud estabilizado
Valoración	0	1 – 4	5 – 7	8 - 10

Nota: Adaptado de Guidelines for Mine Waste Dump and Stockpile Design (Hawley M. & Cunning J., 2017).

1.2.4. Run Out

Distancia de Derrumbe Promedio. -

Para los fines de la investigación se determinó el factor de distancia de derrumbe promedio. Se basa en un análisis de Run Out, sobre el cual se determinará una distancia máxima y mínima considerando un rango de parámetros máximos y mínimos estimados para el material sujeto a evaluación. Del resultado de estas distancias se determinará un promedio. Para la valoración se tendrá que calcular la razón entre la altura del talud y la distancia promedio de derrumbe calculada. El factor de distancia de derrumbe promedio representa un 10% de la máxima puntuación de la matriz de peligro. La valoración se realizará de acuerdo a la *Tabla 14*.

Para la valoración de los parámetros de este grupo se puntuó cada sector de acuerdo a las características descritas en el Anexo C.1.2.

Tabla 14. Valoración del Factor de Distancia de Derrumbe Promedio.

Factor	Calificación				
Distancia de Derrumbe Promedio					
Razón entre la altura del talud (H) y la distancia de derrumbe promedio (Lprom)	H/Lprom <0.67	0.67 < H/Lprom < 0.80	0.80 < H/Lprom < 1.00	H/Lprom > 1.00	Cuando el FS pseudoestático > 1.00; Bajo potencial de derrumbe
Valoración	0	2.5	5	7.5	10

Nota: Adaptado de Guidelines for Mine Waste Dump and Stockpile Design (Hawley M. & Cunning J., 2017).

FORMATO DE EVALUACIÓN DE PELIGRO

Proyecto: ANÁLISIS DE ESTABILIDAD PARA LA DETERMINACIÓN DEL RIESGO POR DESLIZAMIENTO DEL ACANTILADO DE LA COSTA VERDE, DISTRITO BARRANCO

Distrito: Barranco

Fecha: 10/03/2021

Elaborado por: BSR ; LVH

Metodología	Índice	Grupo	Factor	Puntaje Mínimo	Puntaje Máximo	S001	S002	S003	S004	S005	S006	S007	S008	S009	S010	S011	S012	S013	S014	S015	S016	S017
Índice de estabilidad de Botaderos y Depósitos de reservas, y sistema de clasificación de riesgos (WSRHC system)	Índice Geológico (EGI)	Escenario Regional	Sismicidad	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
			Precipitación	0	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
		Condiciones de fundación	Forma de Fundación	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
			Material de fundación	0	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
			Nivel freático	0	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7
		Calidad del Material	Gradación	0	10	7.5	7.5	7.5	7.5	10	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5
			Resistencia intacta	0	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Índice de desempeño (DPI)	Geometría y masa	Altura	0	4	1	2	2	2	2	2	1	2	1	2	1	1	1	1	1	1	1
			Angulo de talud	0	4	1	1	1	1	1	2	1	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1
			Superficie susceptible a Derrumbe	0	2	1.5	1	2	1	0.5	2	1.5	0	0	0	0	0	0.5	2	2	2	1.5
		Análisis de estabilidad	Estabilidad estática	0	14	7	10.5	10.5	7	7	14	7	0	0	3.5	3.5	7	0	14	14	10.5	7
			Estabilidad Pseudo-estática	0	6	0	1.5	1.5	0	0	4.5	0	0	0	0	0	0	0	3	3	0	0
		Intervención	Grado de Intervención	0	10	2	2	2	2	1	5	2	2	1	2	2	2	1	2	3	3	2
		Run Out	Distancia de derrumbe promedio	0	10	7.5	10	10	7.5	7.5	10	7.5	5	5	5	5	5	5	10	10	7.5	7.5
Total (WSR = EGI + DPI)						42.5	50.5	51.5	43	44	62	42.5	31.5	29.5	35	34	37.5	31	55.5	56.5	47.5	42.5
Resultado:						Peligro moderado	Peligro moderado	Peligro moderado	Peligro moderado	Peligro moderado	Peligro bajo	Peligro moderado	Peligro alto	Peligro alto	Peligro alto	Peligro alto	Peligro alto	Peligro alto	Peligro moderado	Peligro moderado	Peligro moderado	Peligro moderado

WSR	WHC	Peligro de Inestabilidad
80-100	I	Peligro muy bajo
60-80	II	Peligro bajo
40-60	III	Peligro moderado
20-40	IV	Peligro alto
<20	V	Peligro muy alto

Abreviaturas:
WSRHC: Waste dump and stockpile stability rating and hazard classification system
EGI: Engineering Geology Index
DPI: Design and Performance Index
WHC: Waste Dump and Stockpile Hazard Clases

Anexo C.1.1. Análisis de Estabilidad Física

ANÁLISIS DE ESTABILIDAD

Proyecto: ANÁLISIS DE ESTABILIDAD PARA LA DETERMINACIÓN DEL RIESGO POR DESLIZAMIENTO DEL ACANTILADO DE LA COSTA VERDE, DISTRITO BARRANCO

Fecha: 28/03/2021

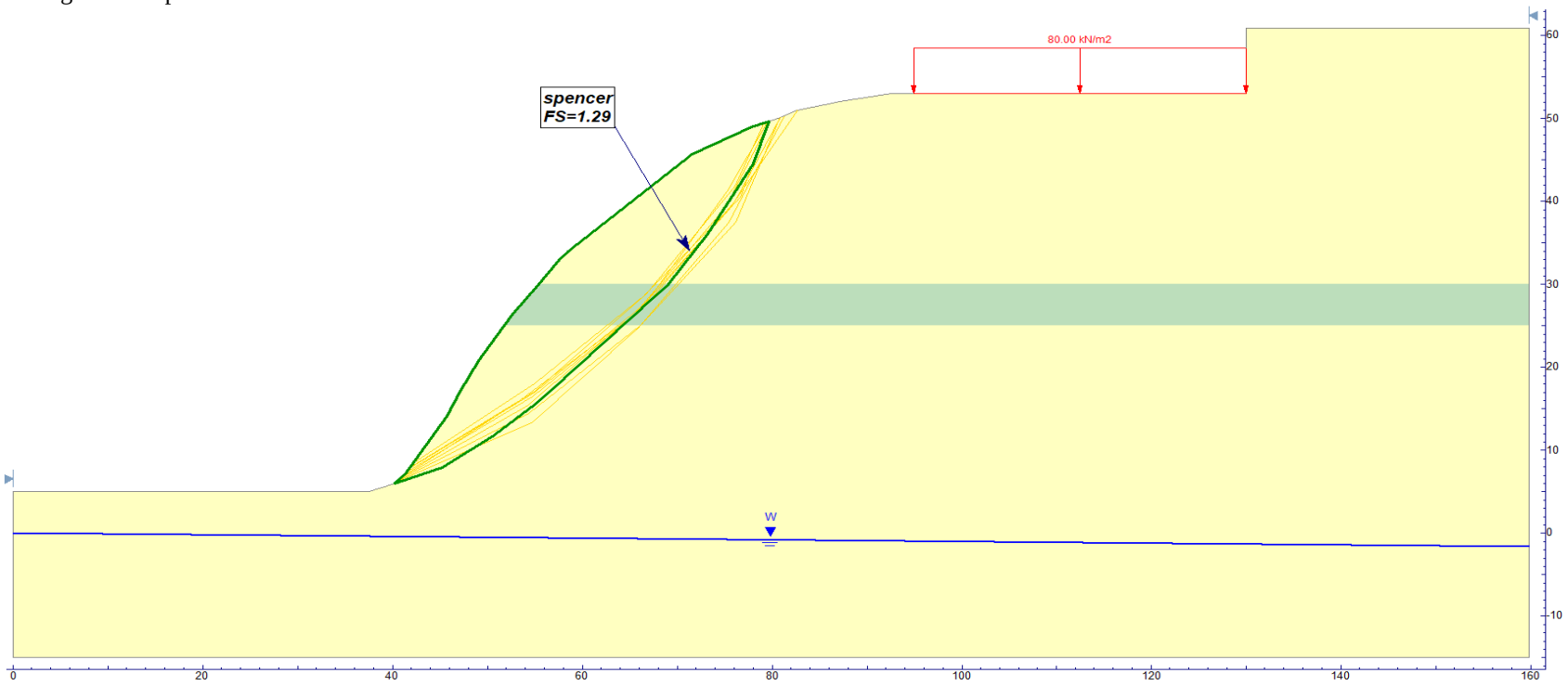
Distrito: Barranco

Sección: S001

Elaborado por: BSR ; LVH

Material	γ_{Nat} (kPa)	γ_{Sat} (kPa)	C (kPa)	ϕ (°)
Conglomerado	21.0	22.0	47.62	40.64
Finos	17.0	18.0	18.50	34.80

Falla global - Tipo no circular - Condición Estática



ANÁLISIS DE ESTABILIDAD

Proyecto: ANÁLISIS DE ESTABILIDAD PARA LA DETERMINACIÓN DEL RIESGO POR DESLIZAMIENTO DEL ACANTILADO DE LA COSTA VERDE, DISTRITO BARRANCO

Fecha: 28/03/2021

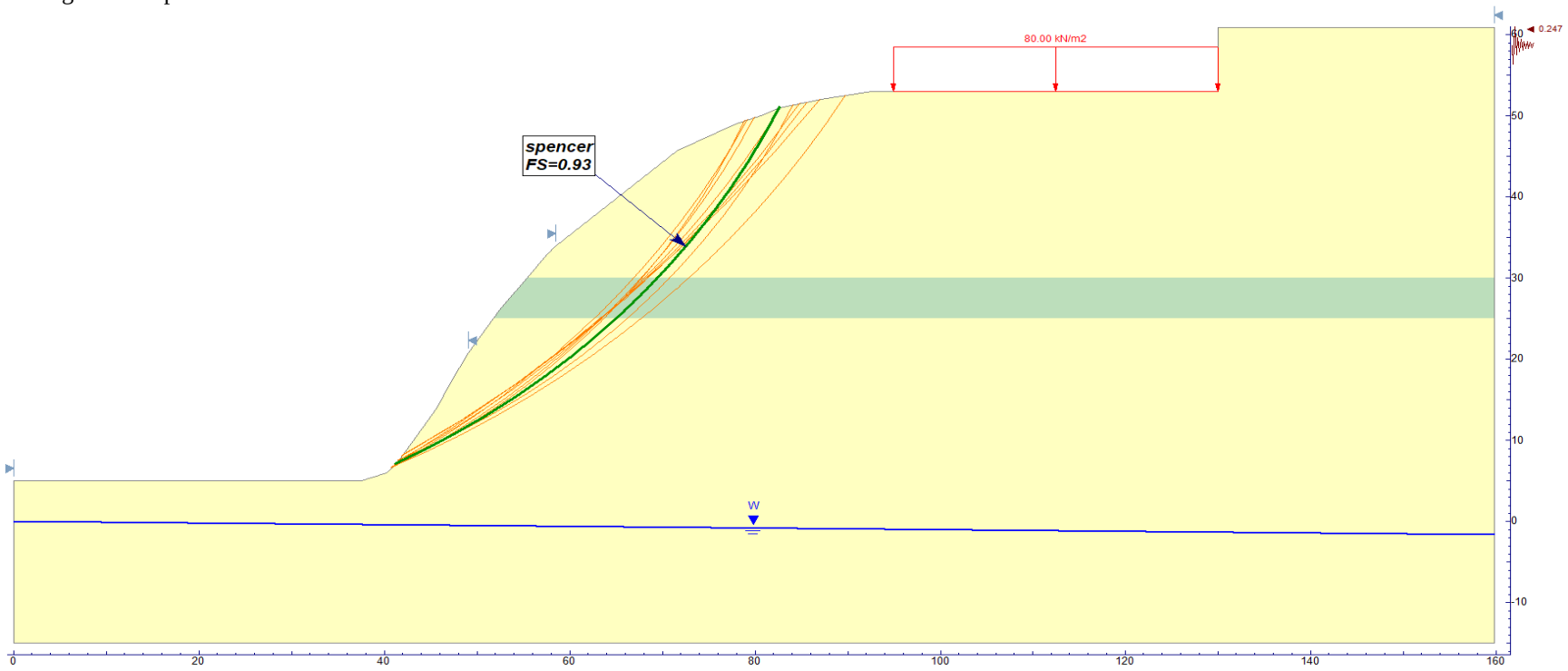
Distrito: Barranco

Sección: S001

Elaborado por: BSR ; LVH

Material	γ_{Nat} (kPa)	γ_{Sat} (kPa)	C (kPa)	ϕ (°)
Conglomerado	21.0	22.0	47.62	40.64
Finos	17.0	18.0	18.50	34.80

Falla global - Tipo circular - Condición Pseudo Estática



ANÁLISIS DE ESTABILIDAD

Proyecto: ANÁLISIS DE ESTABILIDAD PARA LA DETERMINACIÓN DEL RIESGO POR DESLIZAMIENTO DEL ACANTILADO DE LA COSTA VERDE, DISTRITO BARRANCO

Fecha: 28/03/2021

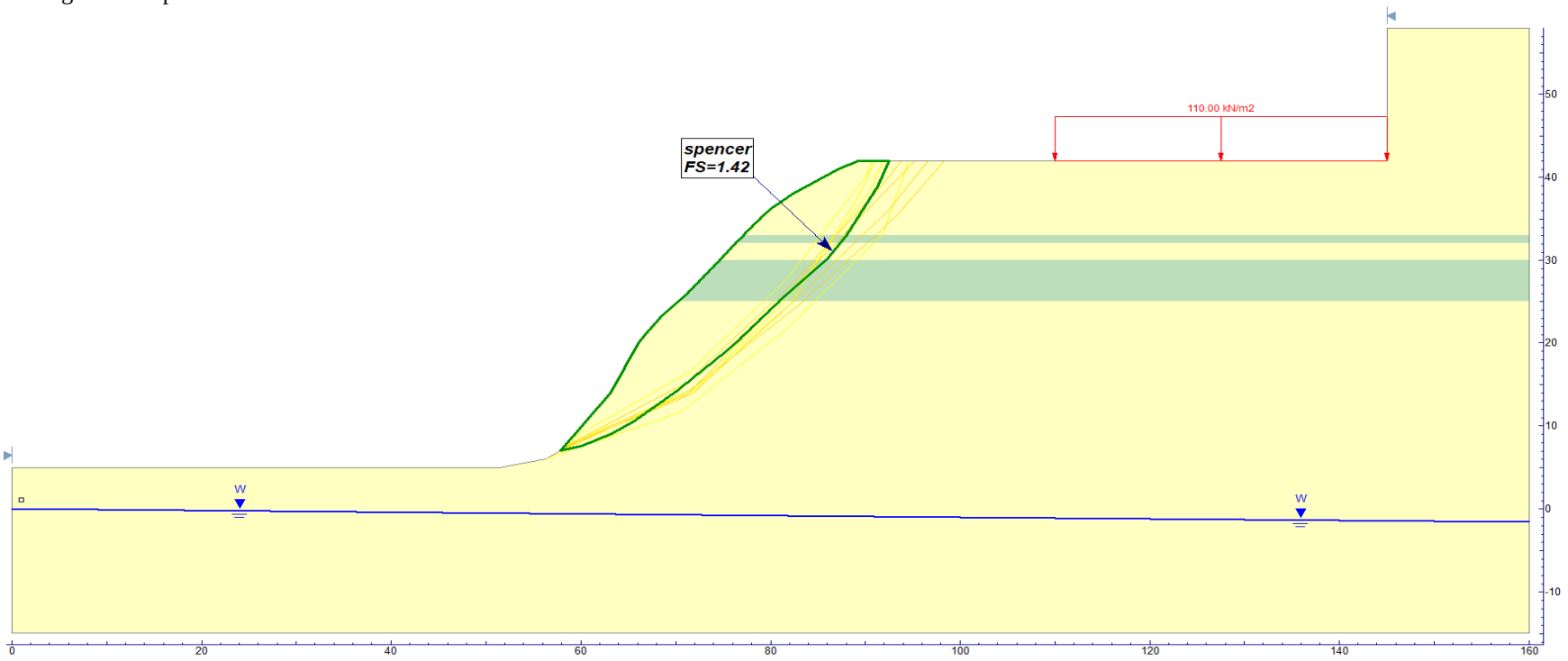
Distrito: Barranco

Sección: S002

Elaborado por: BSR ; LVH

Material	γ_{Nat} (kPa)	γ_{Sat} (kPa)	C (kPa)	ϕ (°)
Conglomerado	21.0	22.0	47.62	40.64
Finos	17.0	18.0	18.50	34.80

Falla global - Tipo no circular - Condición Estática



ANÁLISIS DE ESTABILIDAD

Proyecto: ANÁLISIS DE ESTABILIDAD PARA LA DETERMINACIÓN DEL RIESGO POR DESLIZAMIENTO DEL ACANTILADO DE LA COSTA VERDE, DISTRITO BARRANCO

Fecha: 28/03/2021

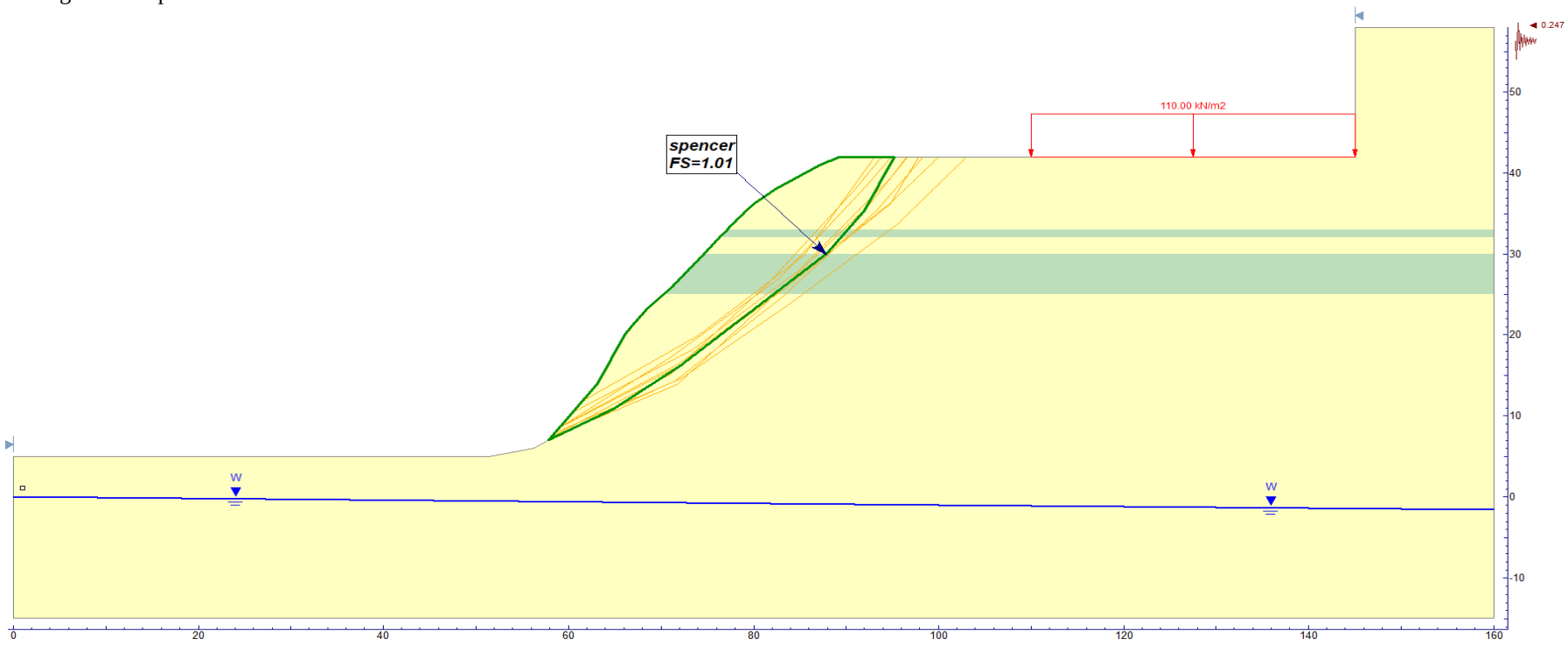
Distrito: Barranco

Sección: S002

Elaborado por: BSR ; LVH

Material	γ_{Nat} (kPa)	γ_{Sat} (kPa)	C (kPa)	ϕ (°)
Conglomerado	21.0	22.0	47.62	40.64
Finos	17.0	18.0	18.50	34.80

Falla global - Tipo no circular - Condición Pseudo Estática



ANÁLISIS DE ESTABILIDAD

Proyecto: ANÁLISIS DE ESTABILIDAD PARA LA DETERMINACIÓN DEL RIESGO POR DESLIZAMIENTO DEL ACANTILADO DE LA COSTA VERDE, DISTRITO BARRANCO

Fecha: 28/03/2021

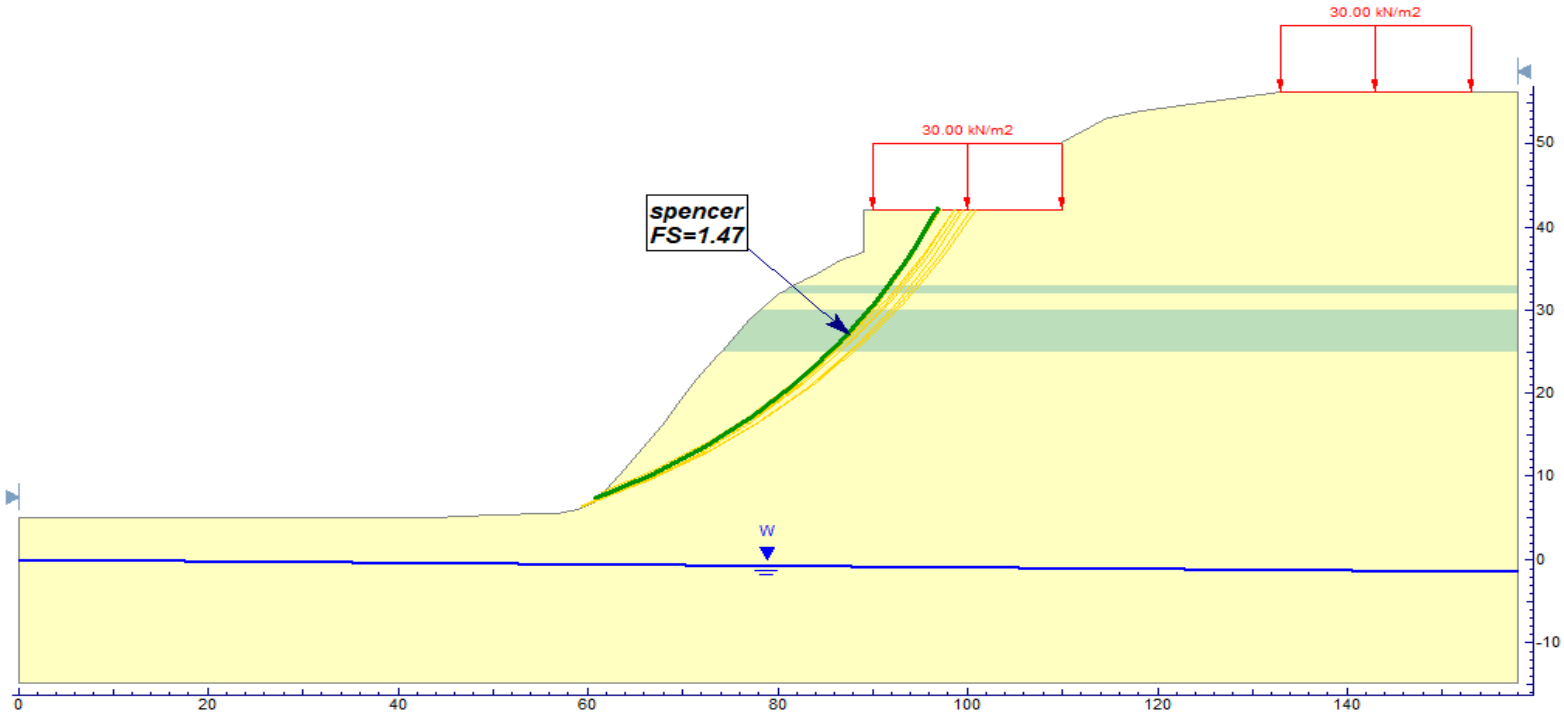
Distrito: Barranco

Sección: S003

Elaborado por: BSR ; LVH

Material	γ_{Nat} (kPa)	γ_{Sat} (kPa)	C (kPa)	ϕ (°)
Conglomerado	21.0	22.0	47.62	40.64
Finos	17.0	18.0	18.50	34.80

Falla global - Tipo circular - Condición Estática



ANÁLISIS DE ESTABILIDAD

Proyecto: ANÁLISIS DE ESTABILIDAD PARA LA DETERMINACIÓN DEL RIESGO POR DESLIZAMIENTO DEL ACANTILADO DE LA COSTA VERDE, DISTRITO BARRANCO

Fecha: 28/03/2021

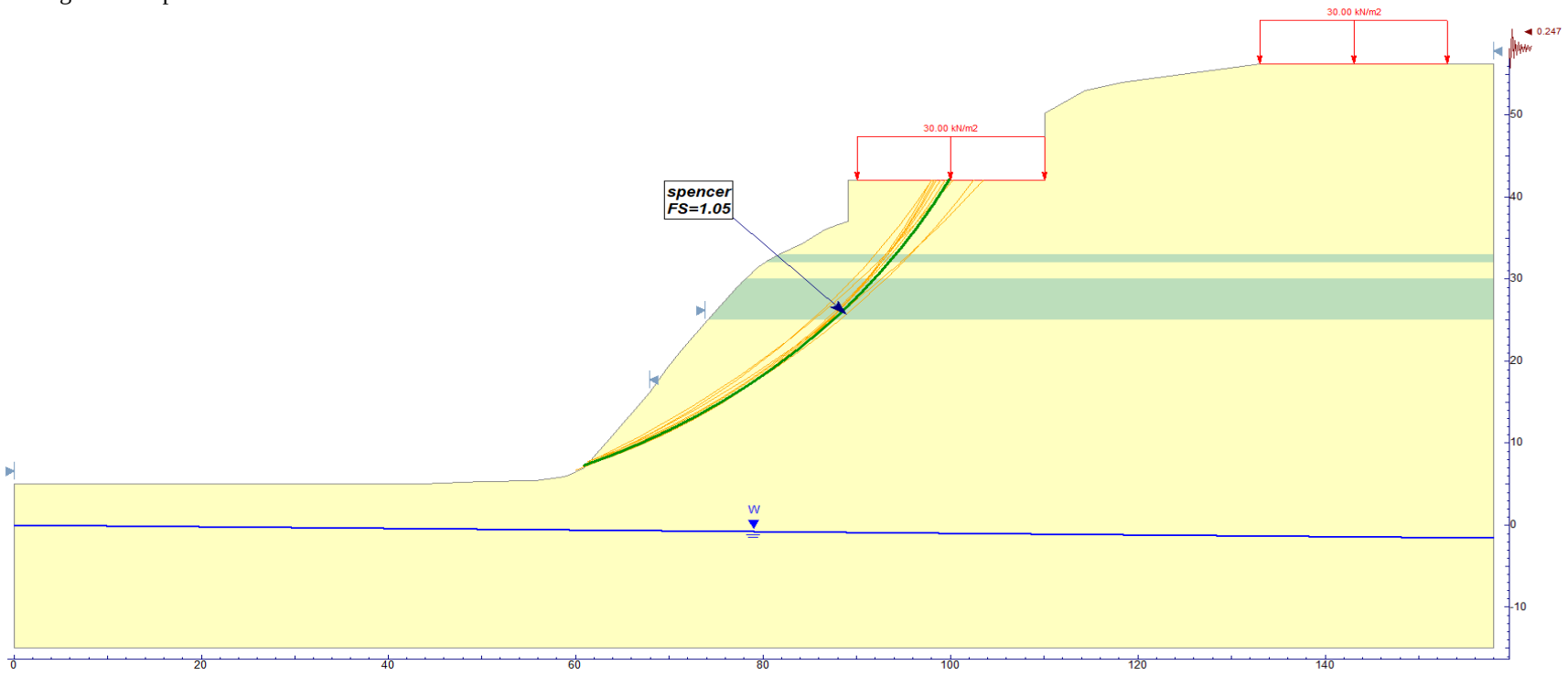
Distrito: Barranco

Sección: S003

Elaborado por: BSR ; LVH

Material	γ_{Nat} (kPa)	γ_{Sat} (kPa)	C (kPa)	ϕ (°)
Conglomerado	21.0	22.0	47.62	40.64
Finos	17.0	18.0	18.50	34.80

Falla global - Tipo circular - Condición Pseudo Estática



ANÁLISIS DE ESTABILIDAD

Proyecto: ANÁLISIS DE ESTABILIDAD PARA LA DETERMINACIÓN DEL RIESGO POR DESLIZAMIENTO DEL ACANTILADO DE LA COSTA VERDE, DISTRITO BARRANCO

Fecha: 28/03/2021

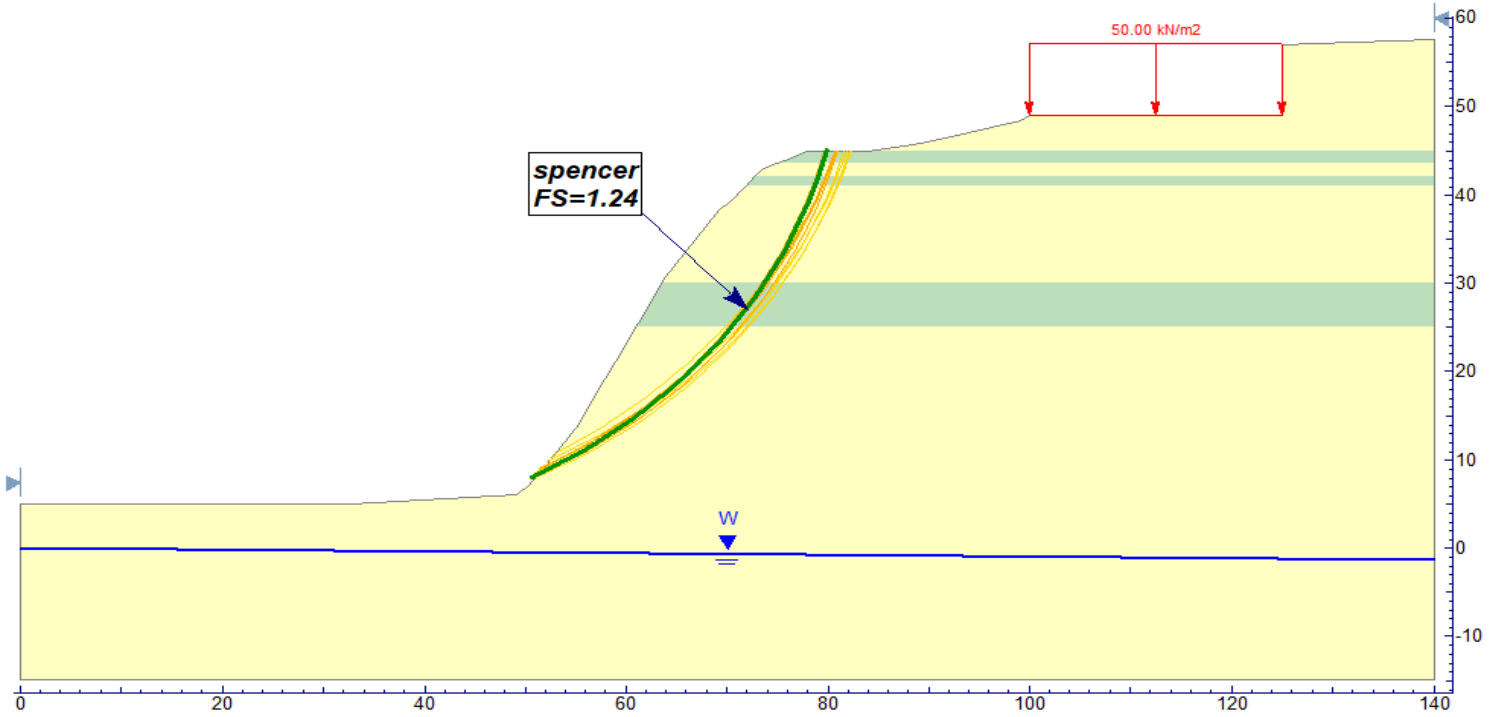
Distrito: Barranco

Sección: S004

Elaborado por: BSR ; LVH

Material	γ_{Nat} (kPa)	γ_{Sat} (kPa)	C (kPa)	ϕ (°)
Conglomerado	21.0	22.0	47.62	40.64
Finos	17.0	18.0	18.50	34.80

Falla global - Tipo circular - Condición Estática



ANÁLISIS DE ESTABILIDAD

Proyecto: ANÁLISIS DE ESTABILIDAD PARA LA DETERMINACIÓN DEL RIESGO POR DESLIZAMIENTO DEL ACANTILADO DE LA COSTA VERDE, DISTRITO BARRANCO

Fecha: 28/03/2021

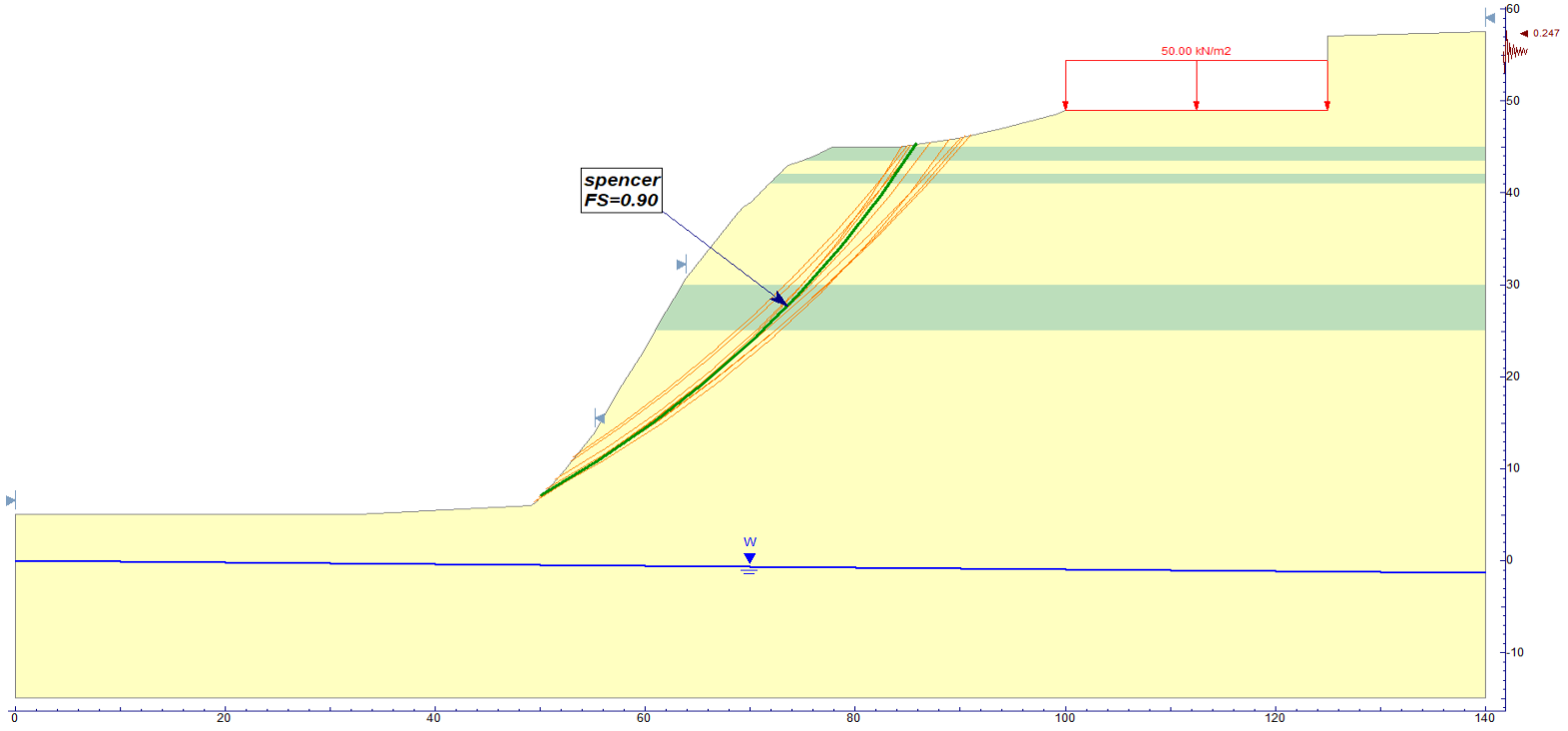
Distrito: Barranco

Sección: S004

Elaborado por: BSR ; LVH

Material	γ_{Nat} (kPa)	γ_{Sat} (kPa)	C (kPa)	ϕ (°)
Conglomerado	21.0	22.0	47.62	40.64
Finos	17.0	18.0	18.50	34.80

Falla global - Tipo circular - Condición Pseudo Estática



ANÁLISIS DE ESTABILIDAD

Proyecto: ANÁLISIS DE ESTABILIDAD PARA LA DETERMINACIÓN DEL RIESGO POR DESLIZAMIENTO DEL ACANTILADO DE LA COSTA VERDE, DISTRITO BARRANCO

Fecha: 28/03/2021

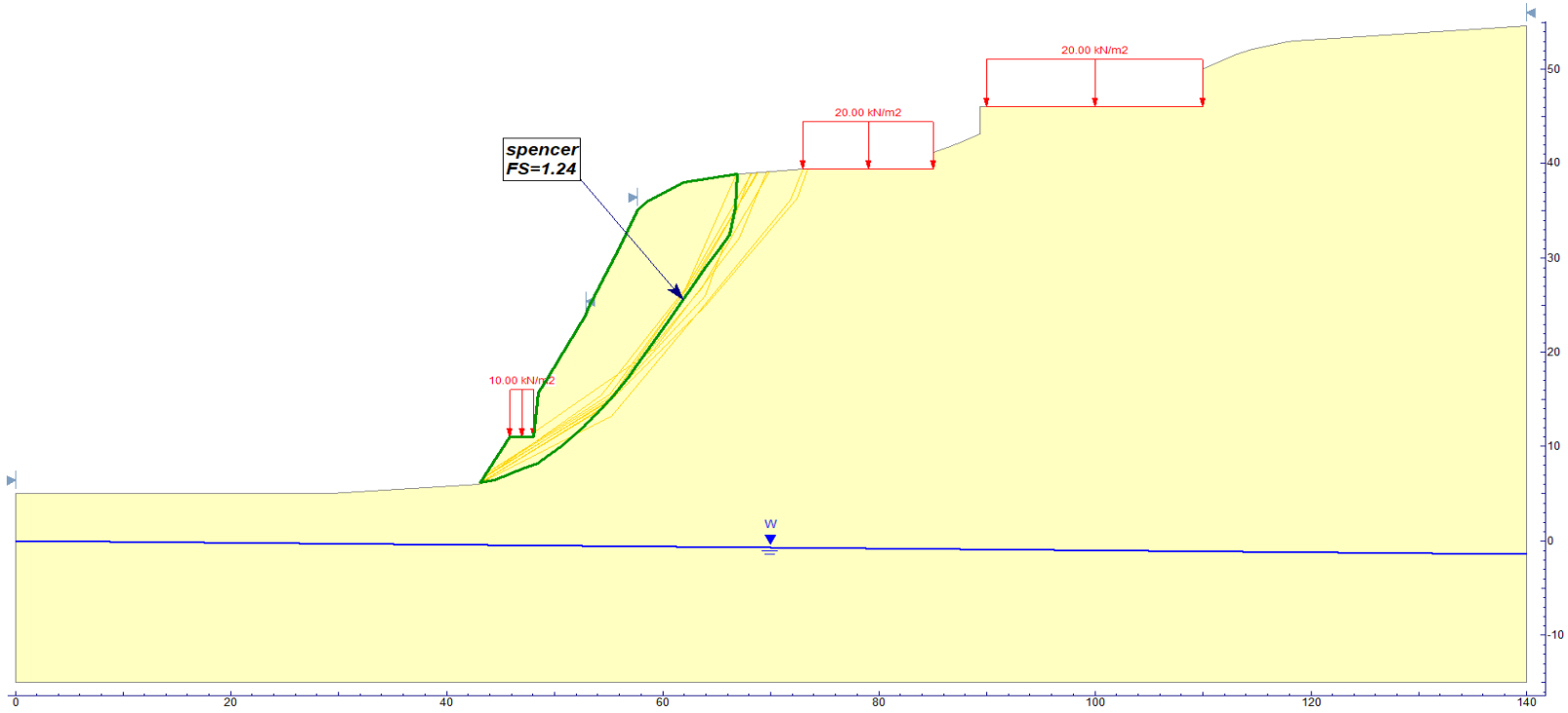
Distrito: Barranco

Sección: S005

Elaborado por: BSR ; LVH

Material	γ_{Nat} (kPa)	γ_{Sat} (kPa)	C (kPa)	ϕ (°)
Conglomerado	21.0	22.0	47.62	40.64
Finos	17.0	18.0	18.50	34.80

Falla global - Tipo no circular - Condición Estática



ANÁLISIS DE ESTABILIDAD

Proyecto: ANÁLISIS DE ESTABILIDAD PARA LA DETERMINACIÓN DEL RIESGO POR DESLIZAMIENTO DEL ACANTILADO DE LA COSTA VERDE, DISTRITO BARRANCO

Fecha: 28/03/2021

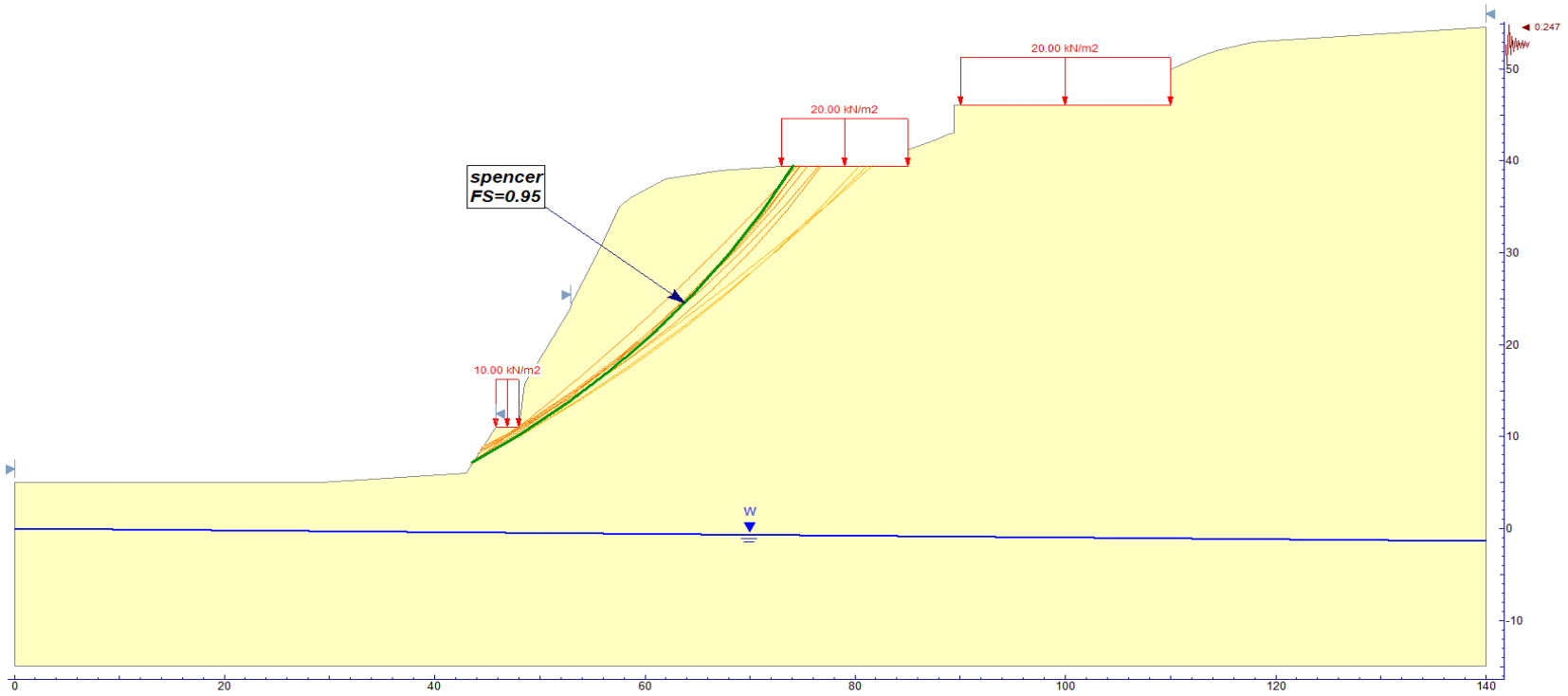
Distrito: Barranco

Sección: S005

Elaborado por: BSR ; LVH

Material	γ_{Nat} (kPa)	γ_{Sat} (kPa)	C (kPa)	ϕ (°)
Conglomerado	21.0	22.0	47.62	40.64
Finos	17.0	18.0	18.50	34.80

Falla global - Tipo circular - Condición Pseudo Estática



ANÁLISIS DE ESTABILIDAD

Proyecto: ANÁLISIS DE ESTABILIDAD PARA LA DETERMINACIÓN DEL RIESGO POR DESLIZAMIENTO DEL ACANTILADO DE LA COSTA VERDE, DISTRITO BARRANCO

Fecha: 28/03/2021

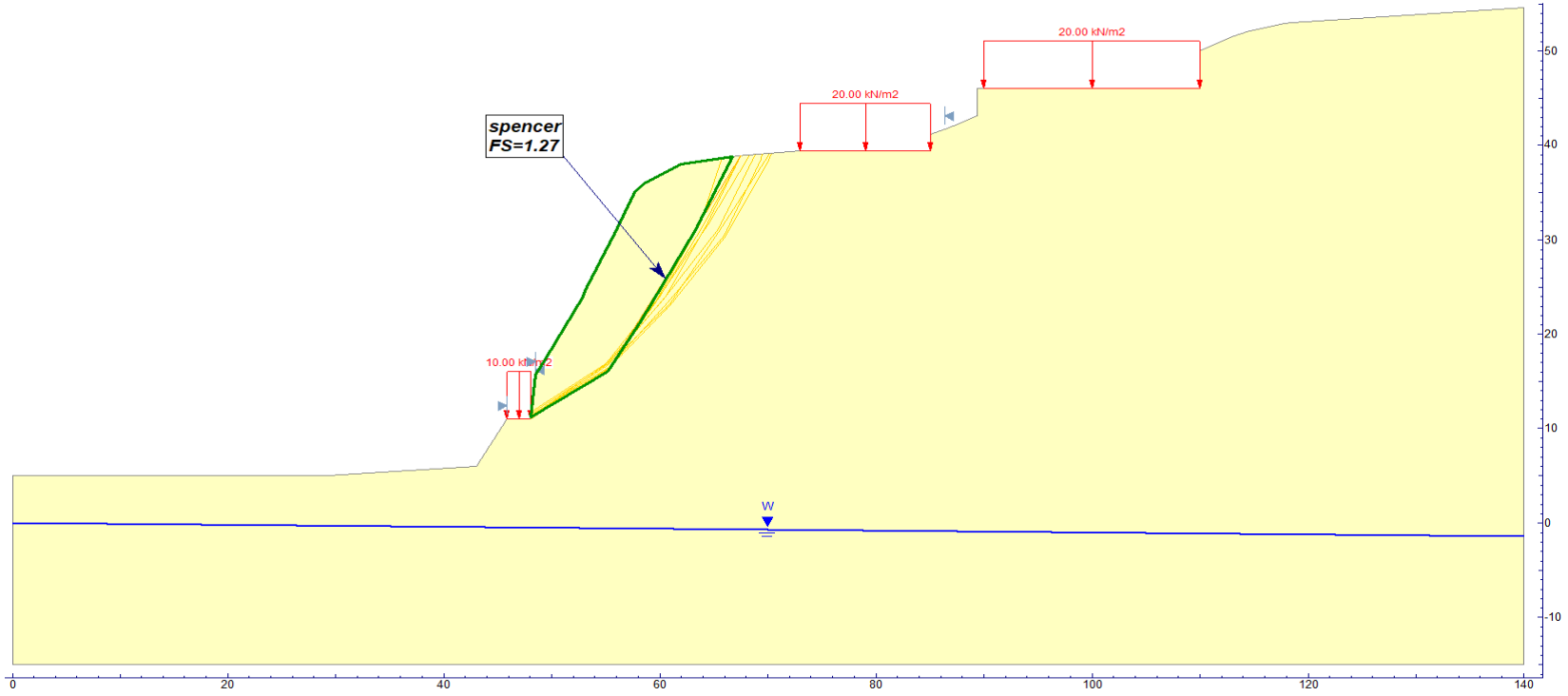
Distrito: Barranco

Sección: S005

Elaborado por: BSR ; LVH

Material	γ_{Nat} (kPa)	γ_{Sat} (kPa)	C (kPa)	ϕ (°)
Conglomerado	21.0	22.0	47.62	40.64
Finos	17.0	18.0	18.50	34.80

Falla Local - Tipo no circular - Condición Estática



ANÁLISIS DE ESTABILIDAD

Proyecto: ANÁLISIS DE ESTABILIDAD PARA LA DETERMINACIÓN DEL RIESGO POR DESLIZAMIENTO DEL ACANTILADO DE LA COSTA VERDE, DISTRITO BARRANCO

Fecha: 28/03/2021

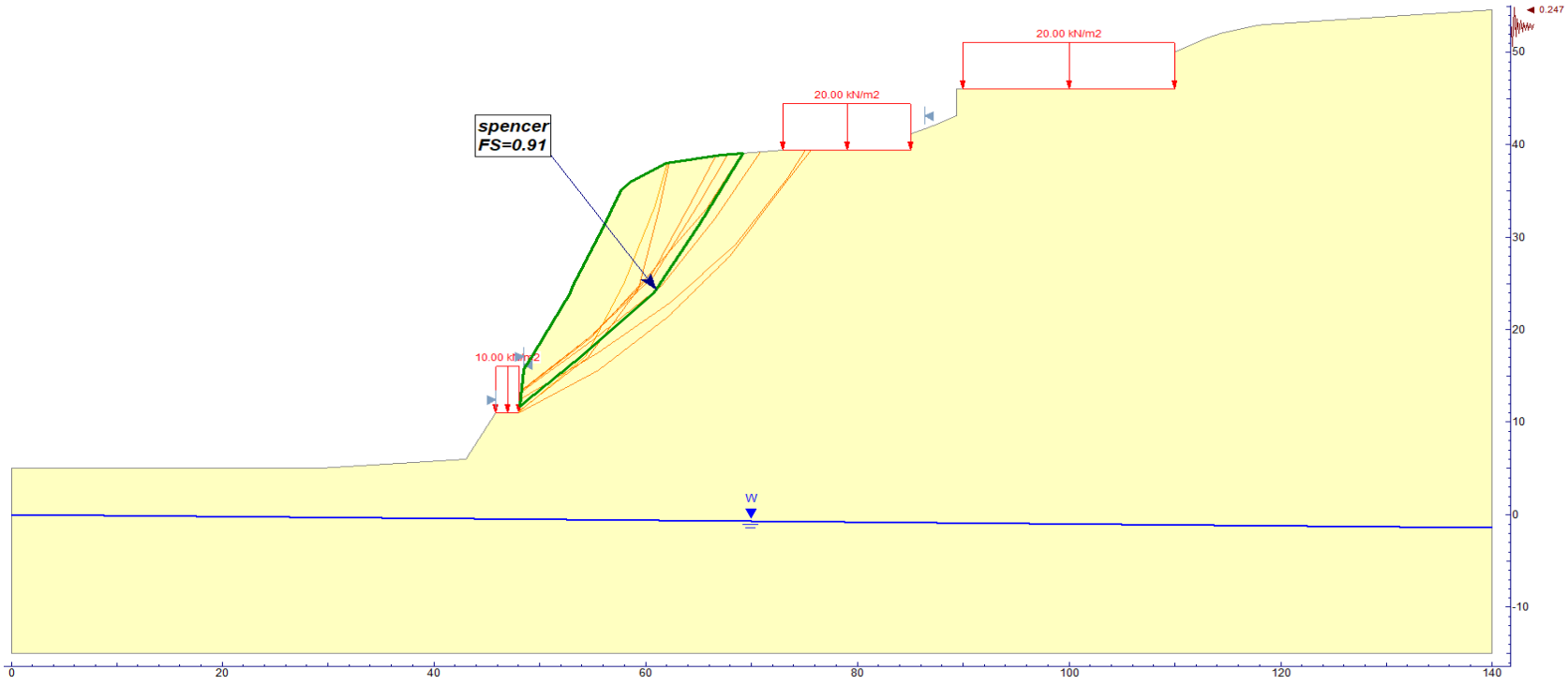
Distrito: Barranco

Sección: S005

Elaborado por: BSR ; LVH

Material	γ_{Nat} (kPa)	γ_{Sat} (kPa)	C (kPa)	ϕ (°)
Conglomerado	21.0	22.0	47.62	40.64
Finos	17.0	18.0	18.50	34.80

Falla Local - Tipo no circular - Condición Pseudo Estática



ANÁLISIS DE ESTABILIDAD

Proyecto: ANÁLISIS DE ESTABILIDAD PARA LA DETERMINACIÓN DEL RIESGO POR DESLIZAMIENTO DEL ACANTILADO DE LA COSTA VERDE, DISTRITO BARRANCO

Fecha: 28/03/2021

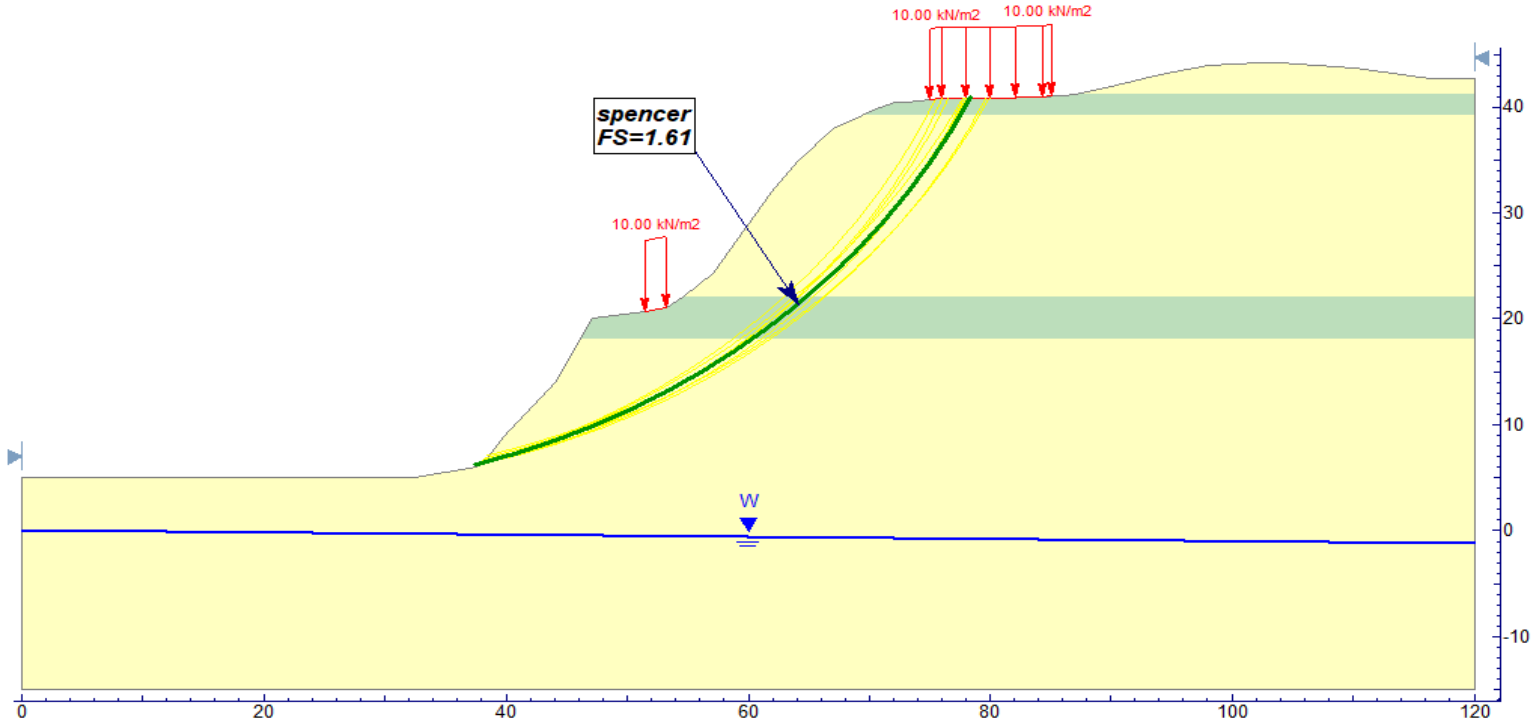
Distrito: Barranco

Sección: S006A

Elaborado por: BSR ; LVH

Material	γ_{Nat} (kPa)	γ_{Sat} (kPa)	C (kPa)	ϕ (°)
Conglomerado	21.0	22.0	47.62	40.64
Finos	17.0	18.0	18.50	34.80

Falla global - Tipo circular - Condición Estática



ANÁLISIS DE ESTABILIDAD

Proyecto: ANÁLISIS DE ESTABILIDAD PARA LA DETERMINACIÓN DEL RIESGO POR DESLIZAMIENTO DEL ACANTILADO DE LA COSTA VERDE, DISTRITO BARRANCO

Fecha: 28/03/2021

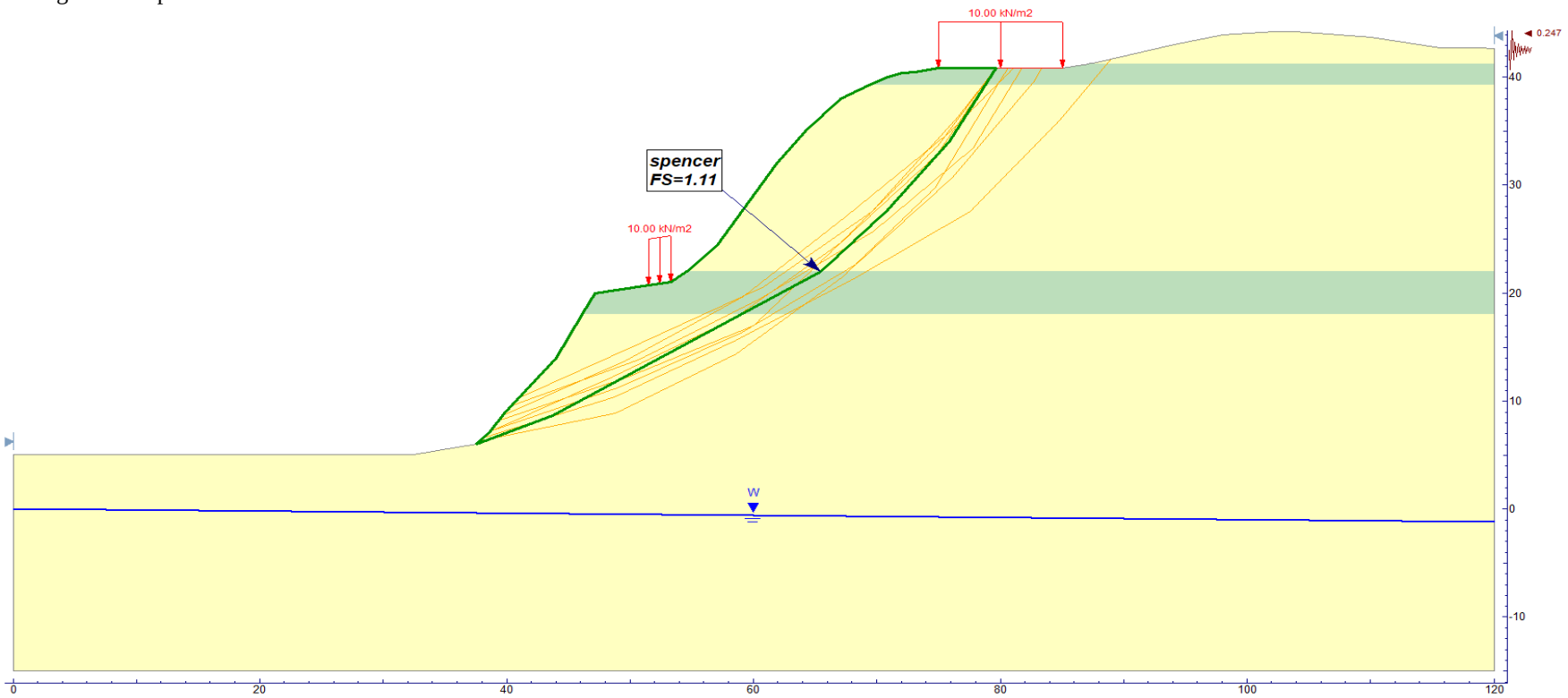
Distrito: Barranco

Sección: S006A

Elaborado por: BSR ; LVH

Material	γ_{Nat} (kPa)	γ_{Sat} (kPa)	C (kPa)	ϕ (°)
Conglomerado	21.0	22.0	47.62	40.64
Finos	17.0	18.0	18.50	34.80

Falla global - Tipo no circular - Condición Pseudo Estática



ANÁLISIS DE ESTABILIDAD

Proyecto: ANÁLISIS DE ESTABILIDAD PARA LA DETERMINACIÓN DEL RIESGO POR DESLIZAMIENTO DEL ACANTILADO DE LA COSTA VERDE, DISTRITO BARRANCO

Fecha: 28/03/2021

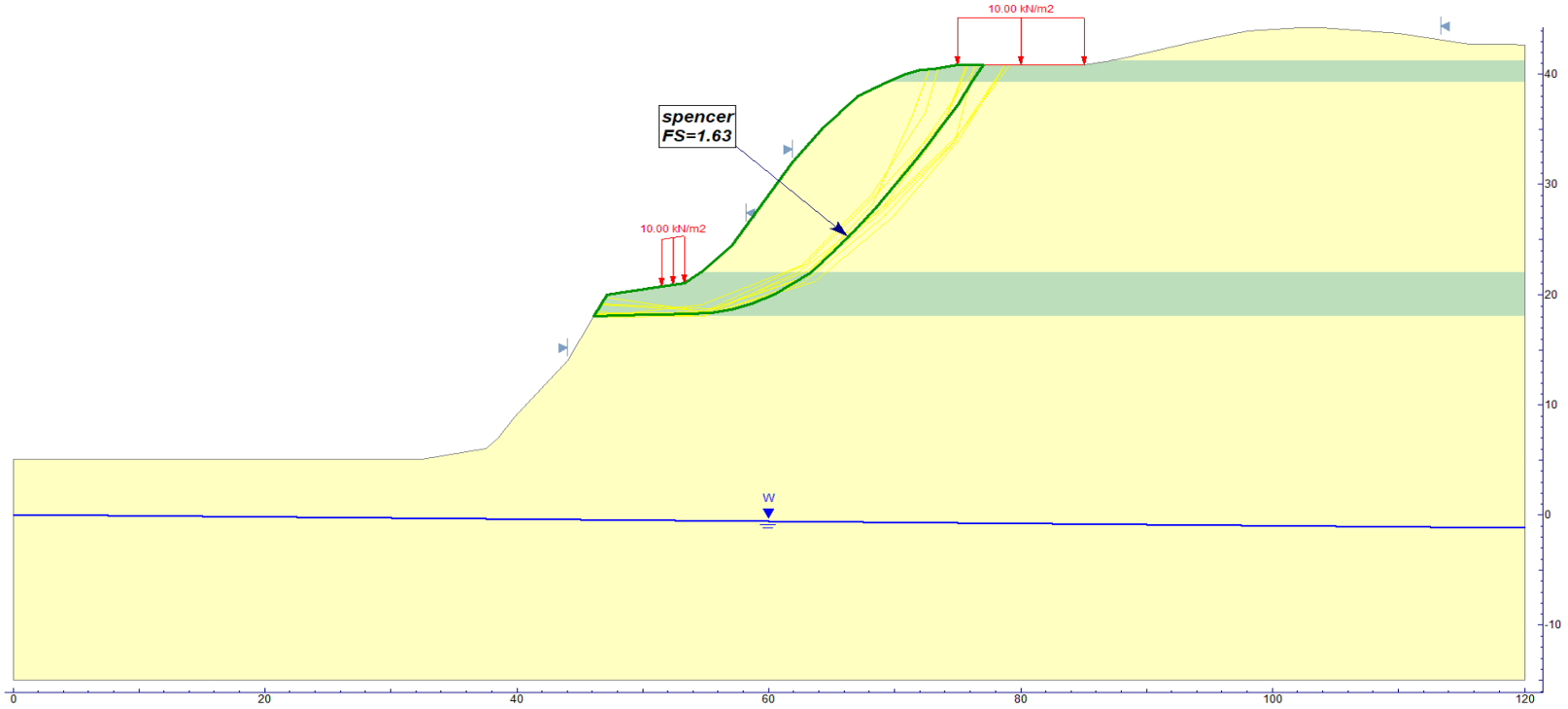
Distrito: Barranco

Sección: S006A

Elaborado por: BSR ; LVH

Material	γ_{Nat} (kPa)	γ_{Sat} (kPa)	C (kPa)	ϕ (°)
Conglomerado	21.0	22.0	47.62	40.64
Finos	17.0	18.0	18.50	34.80

Falla Local - Tipo no circular - Condición Estática



ANÁLISIS DE ESTABILIDAD

Proyecto: ANÁLISIS DE ESTABILIDAD PARA LA DETERMINACIÓN DEL RIESGO POR DESLIZAMIENTO DEL ACANTILADO DE LA COSTA VERDE, DISTRITO BARRANCO

Fecha: 28/03/2021

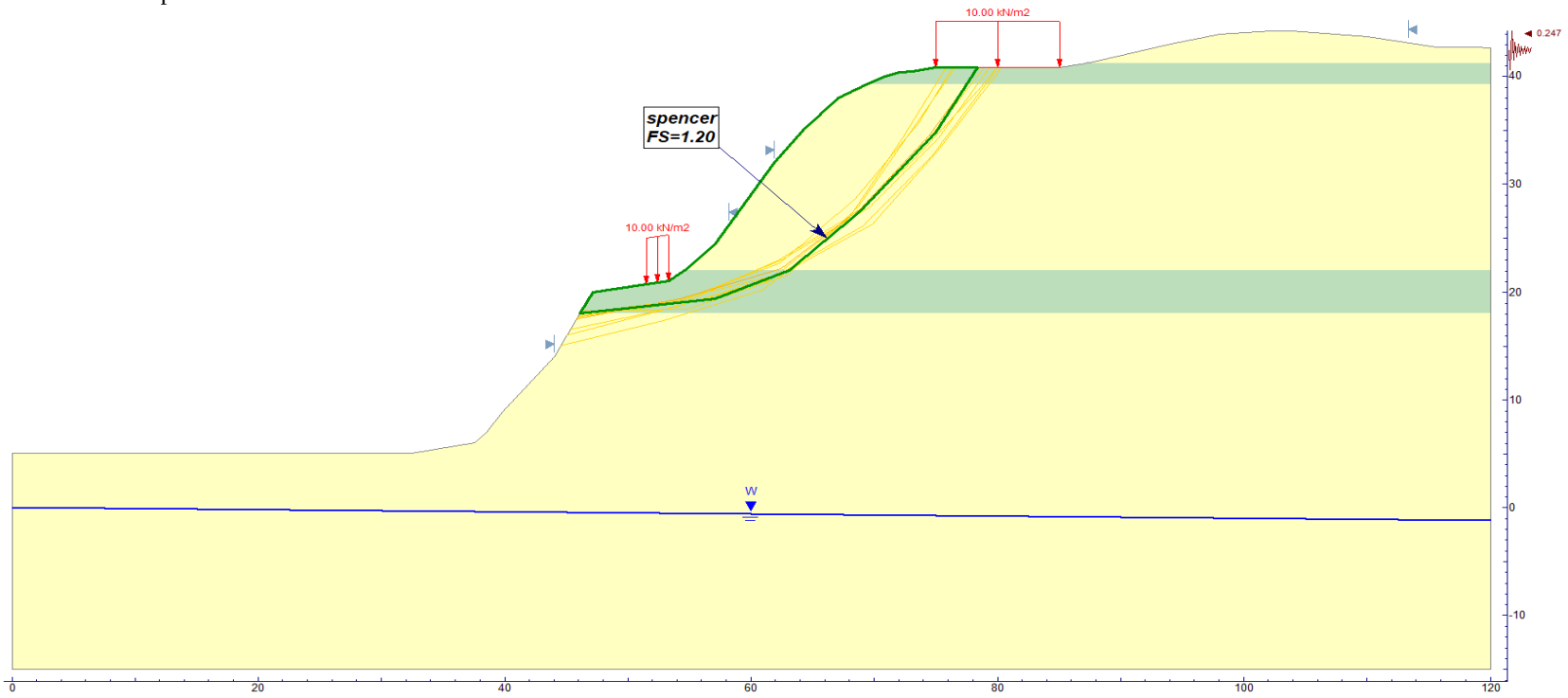
Distrito: Barranco

Sección: S006A

Elaborado por: BSR ; LVH

Material	γ_{Nat} (kPa)	γ_{Sat} (kPa)	C (kPa)	ϕ (°)
Conglomerado	21.0	22.0	47.62	40.64
Finos	17.0	18.0	18.50	34.80

Falla Local - Tipo no circular - Condición Pseudo Estática



ANÁLISIS DE ESTABILIDAD

Proyecto: ANÁLISIS DE ESTABILIDAD PARA LA DETERMINACIÓN DEL RIESGO POR DESLIZAMIENTO DEL ACANTILADO DE LA COSTA VERDE, DISTRITO BARRANCO

Fecha: 28/03/2021

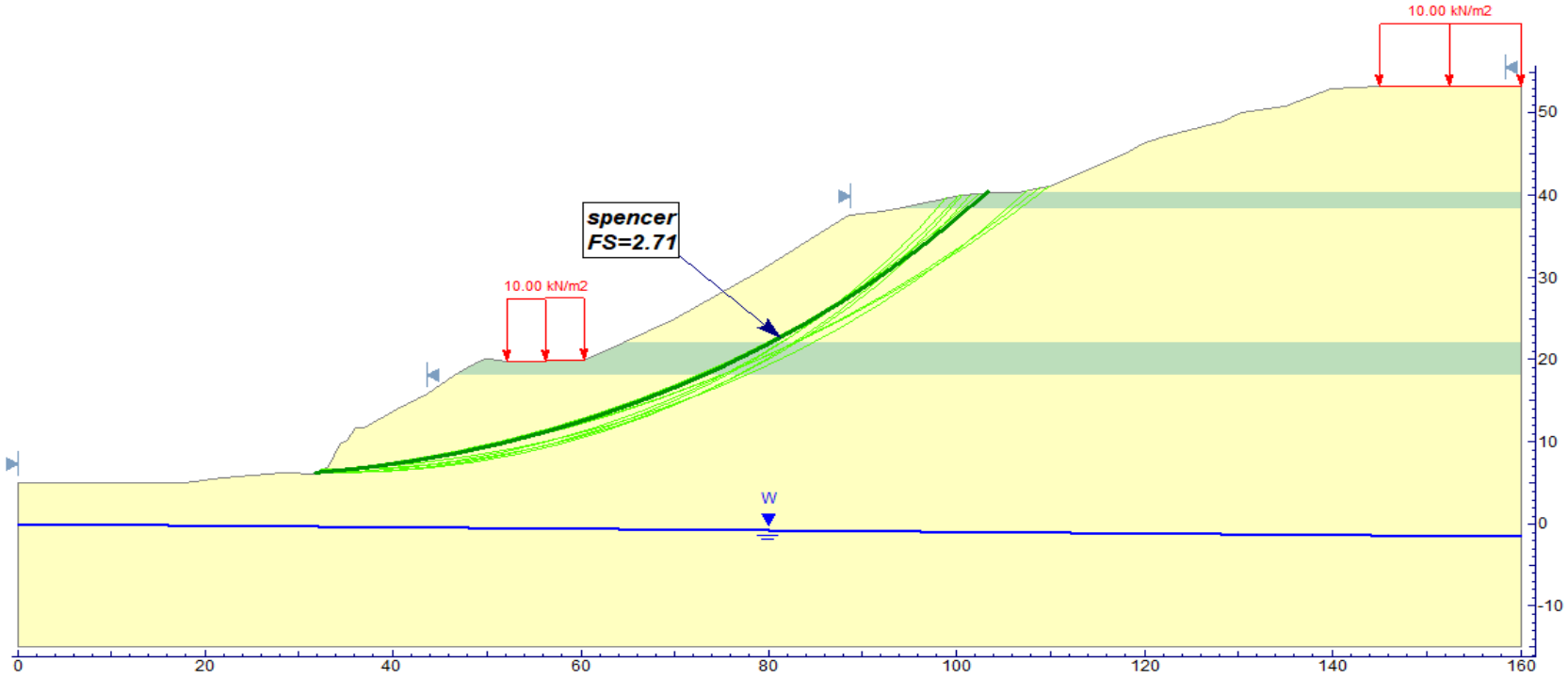
Distrito: Barranco

Sección: S006B

Elaborado por: BSR ; LVH

Material	γ_{Nat} (kPa)	γ_{Sat} (kPa)	C (kPa)	ϕ (°)
Conglomerado	21.0	22.0	47.62	40.64
Finos	17.0	18.0	18.50	34.80

Falla global - Tipo circular - Condición Estática



ANÁLISIS DE ESTABILIDAD

Proyecto: ANÁLISIS DE ESTABILIDAD PARA LA DETERMINACIÓN DEL RIESGO POR DESLIZAMIENTO DEL ACANTILADO DE LA COSTA VERDE, DISTRITO BARRANCO

Fecha: 28/03/2021

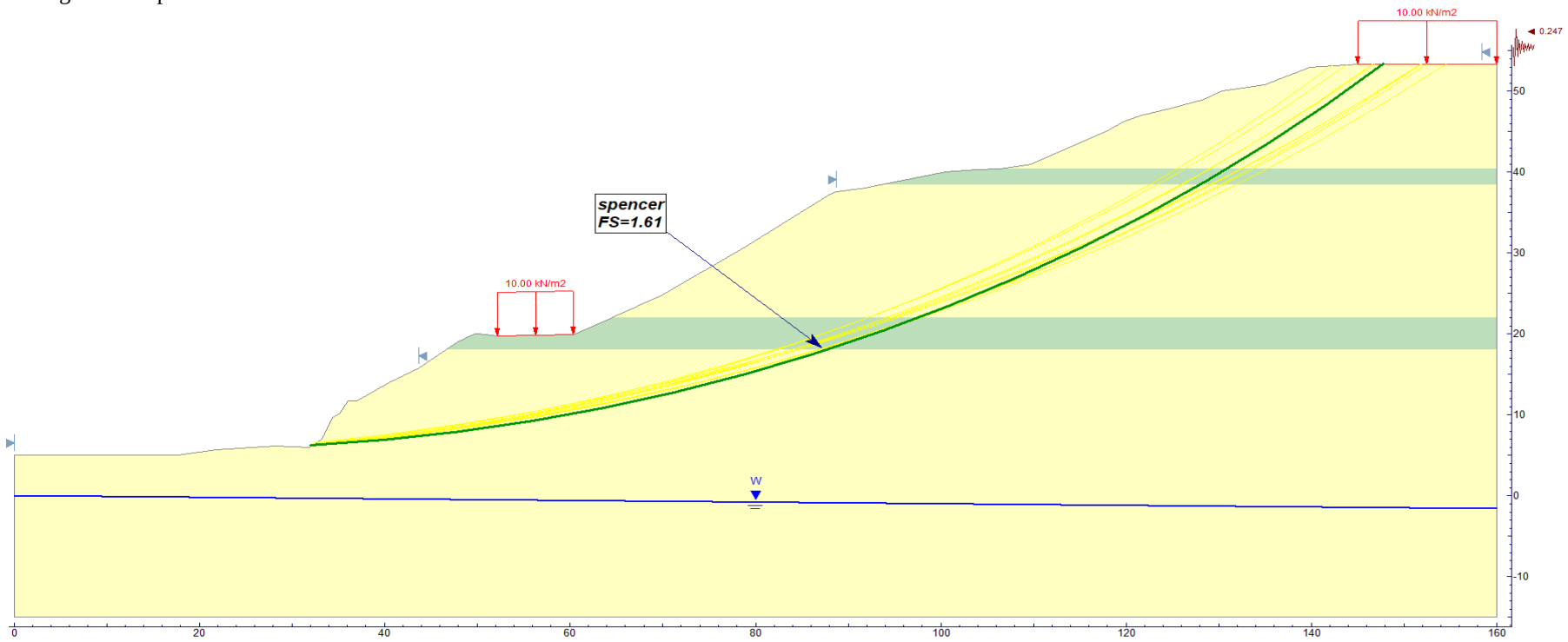
Distrito: Barranco

Sección: S006B

Elaborado por: BSR ; LVH

Material	γ_{Nat} (kPa)	γ_{Sat} (kPa)	C (kPa)	ϕ (°)
Conglomerado	21.0	22.0	47.62	40.64
Finos	17.0	18.0	18.50	34.80

Falla global - Tipo circular - Condición Pseudo Estática



ANÁLISIS DE ESTABILIDAD

Proyecto: ANÁLISIS DE ESTABILIDAD PARA LA DETERMINACIÓN DEL RIESGO POR DESLIZAMIENTO DEL ACANTILADO DE LA COSTA VERDE, DISTRITO BARRANCO

Fecha: 28/03/2021

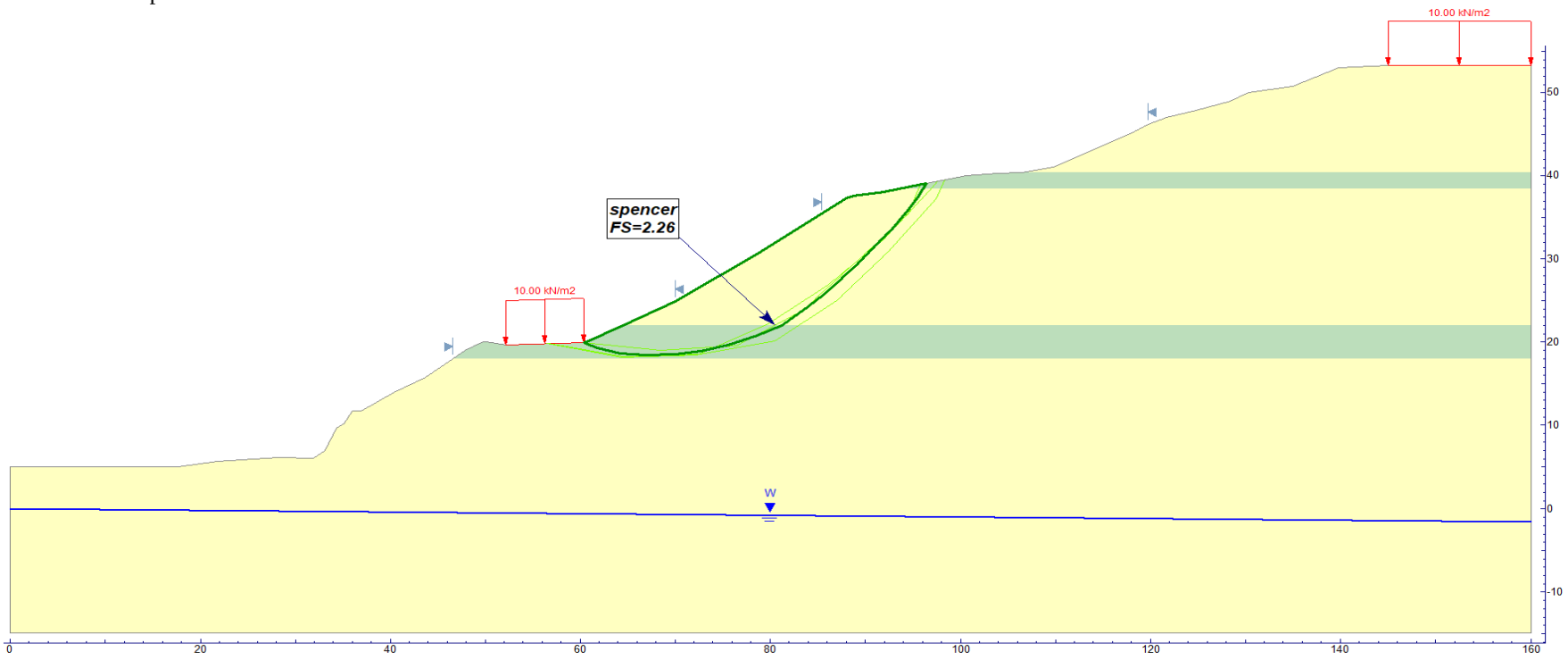
Distrito: Barranco

Sección: S006B

Elaborado por: BSR ; LVH

Material	γ_{Nat} (kPa)	γ_{Sat} (kPa)	C (kPa)	ϕ (°)
Conglomerado	21.0	22.0	47.62	40.64
Finos	17.0	18.0	18.50	34.80

Falla Local - Tipo no circular - Condición Estática



ANÁLISIS DE ESTABILIDAD

Proyecto: ANÁLISIS DE ESTABILIDAD PARA LA DETERMINACIÓN DEL RIESGO POR DESLIZAMIENTO DEL ACANTILADO DE LA COSTA VERDE, DISTRITO BARRANCO

Fecha: 28/03/2021

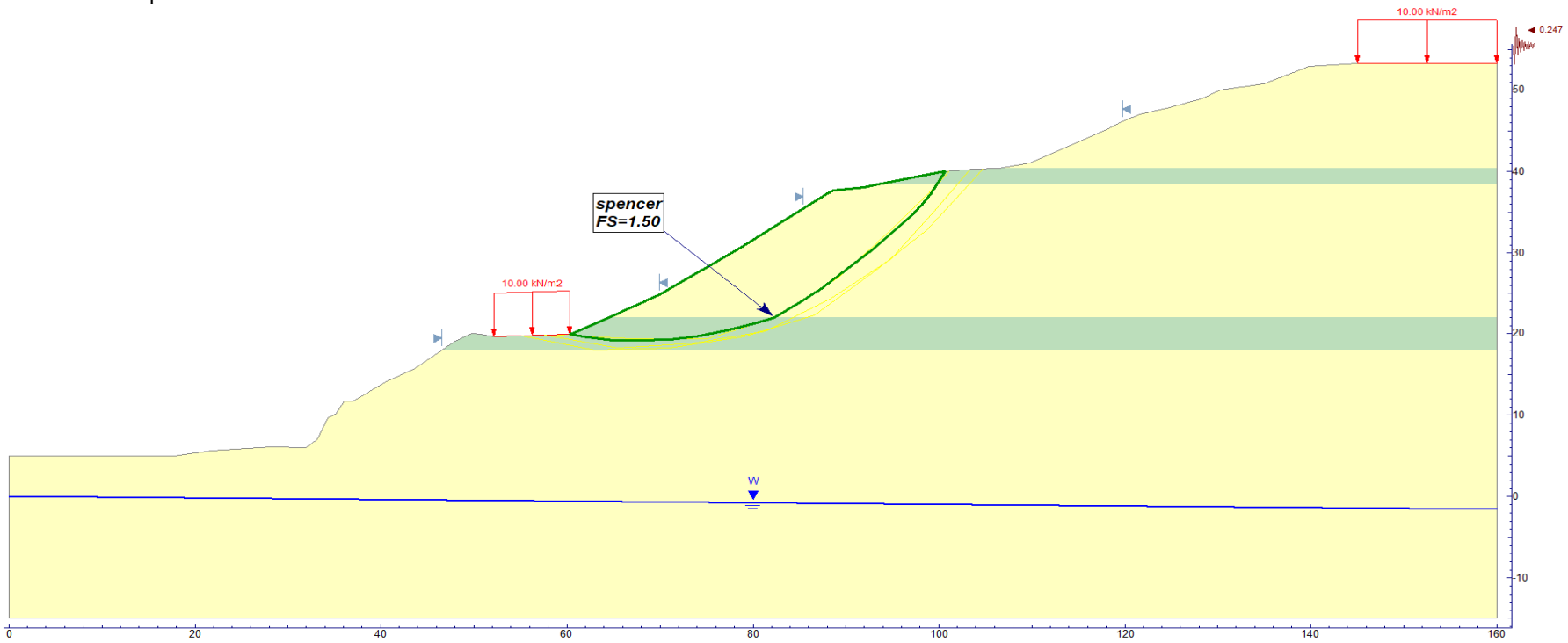
Distrito: Barranco

Sección: S006B

Elaborado por: BSR ; LVH

Material	γ_{Nat} (kPa)	γ_{Sat} (kPa)	C (kPa)	ϕ (°)
Conglomerado	21.0	22.0	47.62	40.64
Finos	17.0	18.0	18.50	34.80

Falla Local - Tipo no circular - Condición Pseudo Estática



ANÁLISIS DE ESTABILIDAD

Proyecto: ANÁLISIS DE ESTABILIDAD PARA LA DETERMINACIÓN DEL RIESGO POR DESLIZAMIENTO DEL ACANTILADO DE LA COSTA VERDE, DISTRITO BARRANCO

Fecha: 28/03/2021

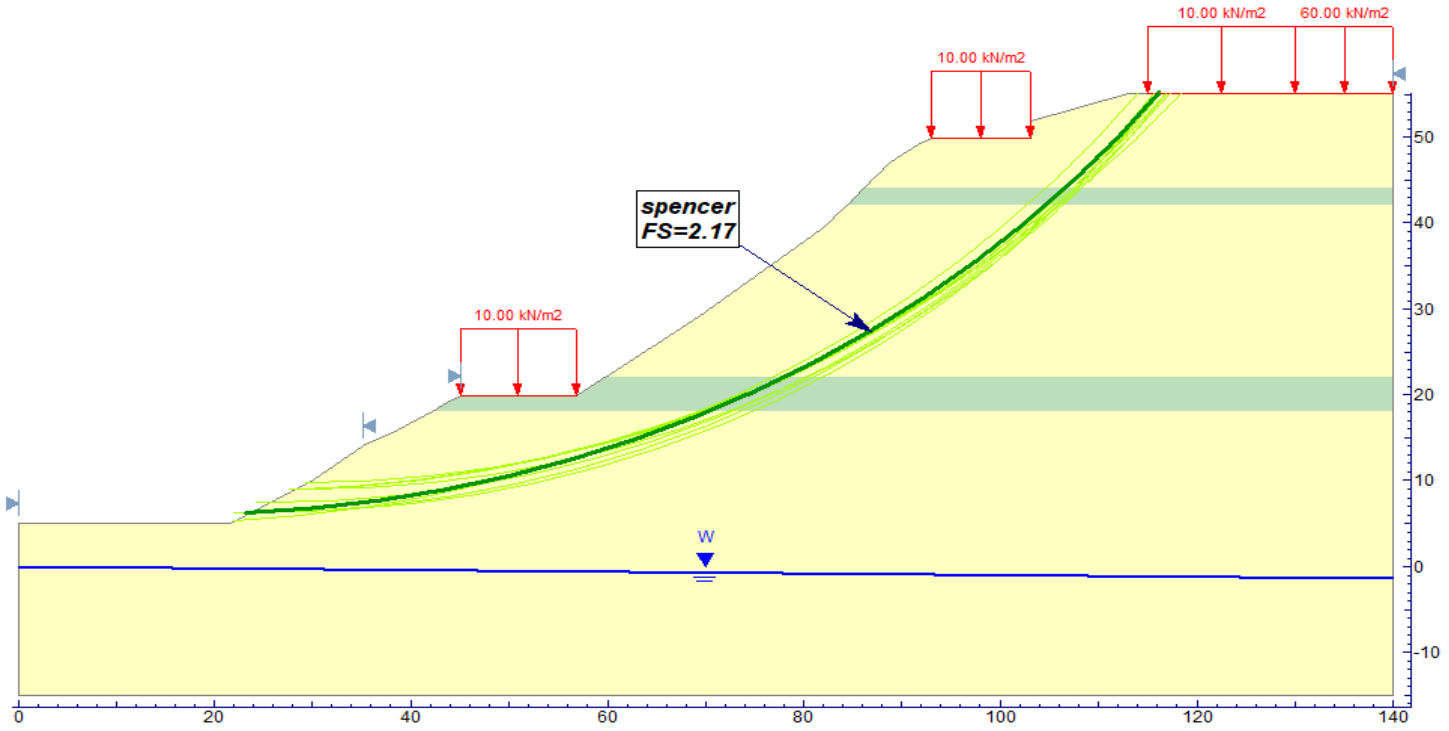
Distrito: Barranco

Sección: S007A

Elaborado por: BSR ; LVH

Material	γ_{Nat} (kPa)	γ_{Sat} (kPa)	C (kPa)	ϕ (°)
Conglomerado	21.0	22.0	47.62	40.64
Finos	17.0	18.0	18.50	34.80

Falla global - Tipo circular - Condición Estática



ANÁLISIS DE ESTABILIDAD

Proyecto: ANÁLISIS DE ESTABILIDAD PARA LA DETERMINACIÓN DEL RIESGO POR DESLIZAMIENTO DEL ACANTILADO DE LA COSTA VERDE, DISTRITO BARRANCO

Fecha: 28/03/2021

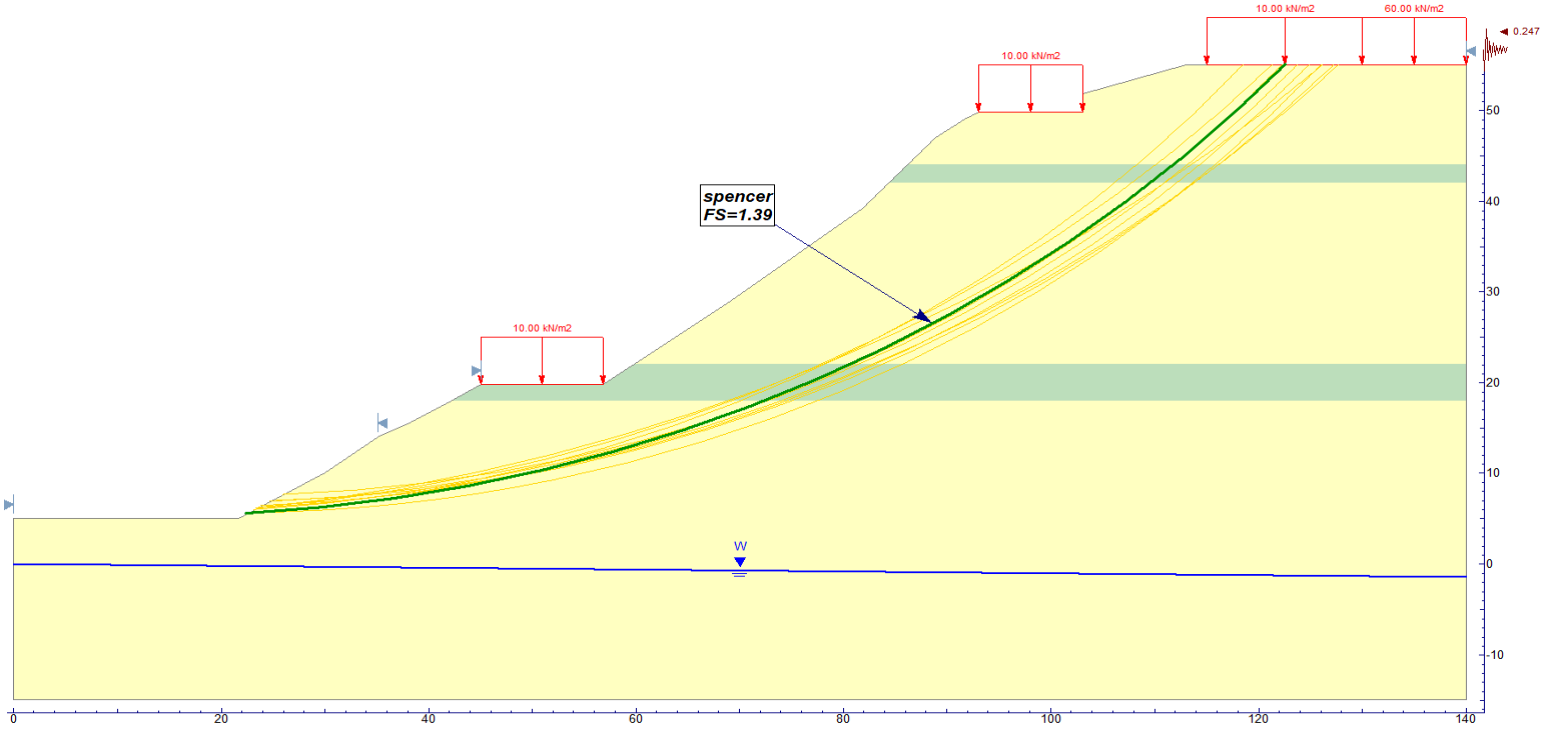
Distrito: Barranco

Sección: S007A

Elaborado por: BSR ; LVH

Material	γ_{Nat} (kPa)	γ_{Sat} (kPa)	C (kPa)	ϕ (°)
Conglomerado	21.0	22.0	47.62	40.64
Finos	17.0	18.0	18.50	34.80

Falla global - Tipo circular - Condición Pseudo Estática



ANÁLISIS DE ESTABILIDAD

Proyecto: ANÁLISIS DE ESTABILIDAD PARA LA DETERMINACIÓN DEL RIESGO POR DESLIZAMIENTO DEL ACANTILADO DE LA COSTA VERDE, DISTRITO BARRANCO

Fecha: 28/03/2021

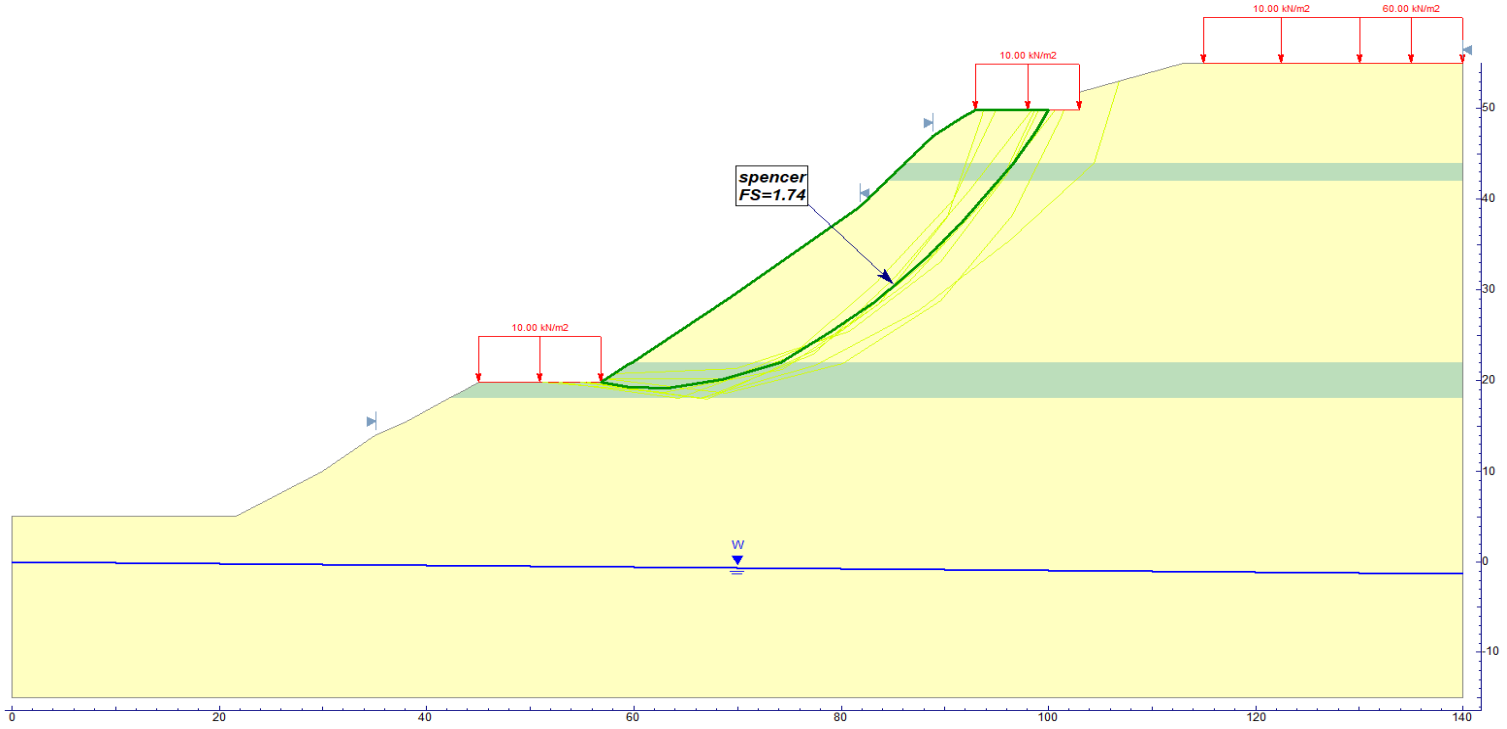
Distrito: Barranco

Sección: S007A

Elaborado por: BSR ; LVH

Material	γ_{Nat} (kPa)	γ_{Sat} (kPa)	C (kPa)	ϕ (°)
Conglomerado	21.0	22.0	47.62	40.64
Finos	17.0	18.0	18.50	34.80

Falla Local - Tipo no circular - Condición Estática



ANÁLISIS DE ESTABILIDAD

Proyecto: ANÁLISIS DE ESTABILIDAD PARA LA DETERMINACIÓN DEL RIESGO POR DESLIZAMIENTO DEL ACANTILADO DE LA COSTA VERDE, DISTRITO BARRANCO

Fecha: 28/03/2021

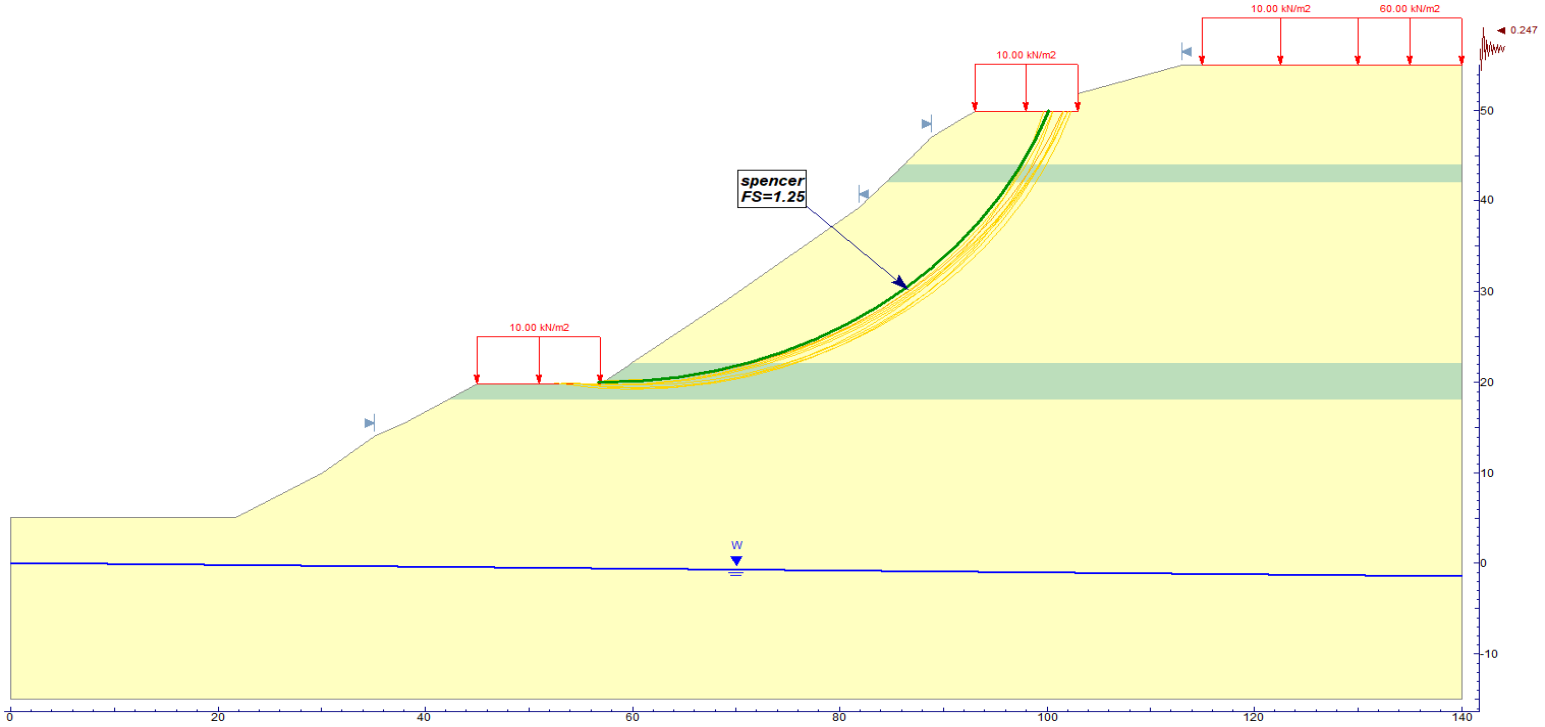
Distrito: Barranco

Sección: S007A

Elaborado por: BSR ; LVH

Material	γ_{Nat} (kPa)	γ_{Sat} (kPa)	C (kPa)	ϕ (°)
Conglomerado	21.0	22.0	47.62	40.64
Finos	17.0	18.0	18.50	34.80

Falla Local - Tipo circular - Condición Pseudo Estática



ANÁLISIS DE ESTABILIDAD

Proyecto: ANÁLISIS DE ESTABILIDAD PARA LA DETERMINACIÓN DEL RIESGO POR DESLIZAMIENTO DEL ACANTILADO DE LA COSTA VERDE, DISTRITO BARRANCO

Fecha: 28/03/2021

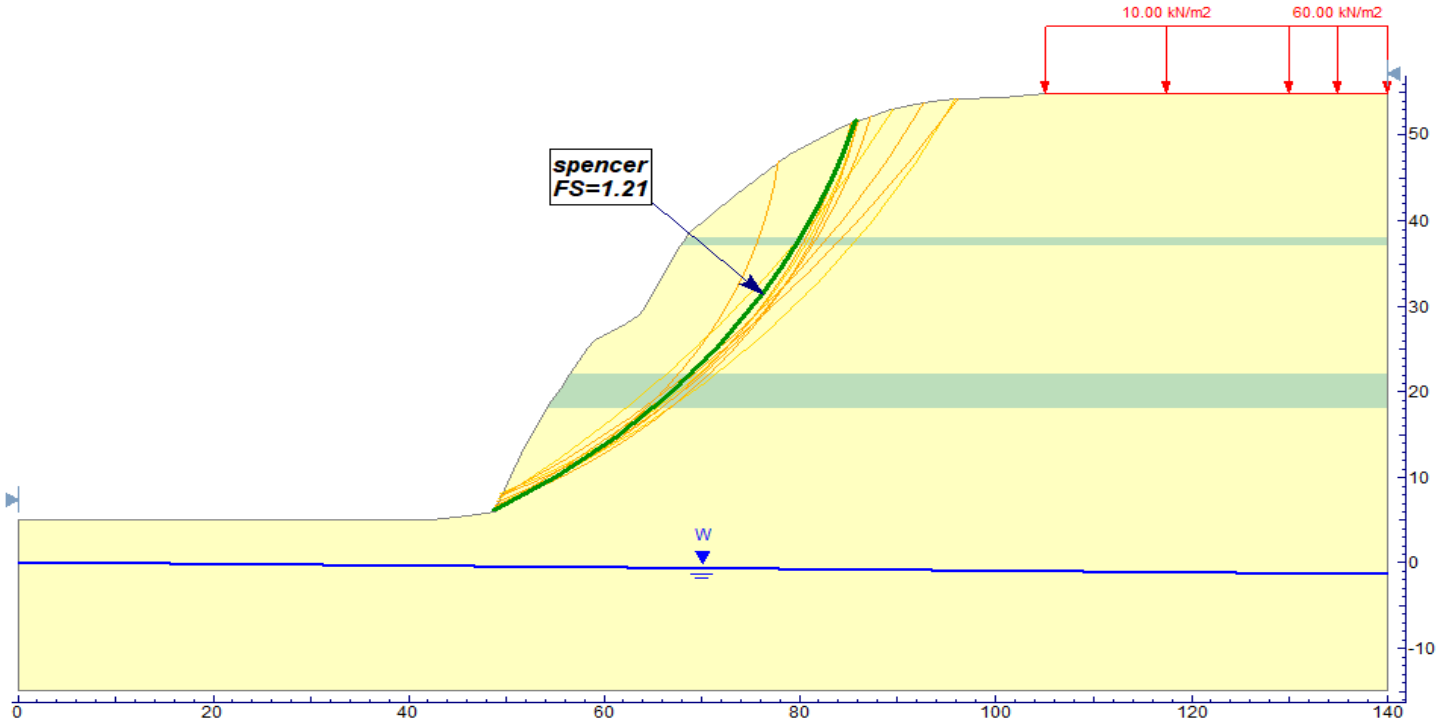
Distrito: Barranco

Sección: S007B

Elaborado por: BSR ; LVH

Material	γ_{Nat} (kPa)	γ_{Sat} (kPa)	C (kPa)	ϕ (°)
Conglomerado	21.0	22.0	47.62	40.64
Finos	17.0	18.0	18.50	34.80

Falla global - Tipo circular - Condición Estática



ANÁLISIS DE ESTABILIDAD

Proyecto: ANÁLISIS DE ESTABILIDAD PARA LA DETERMINACIÓN DEL RIESGO POR DESLIZAMIENTO DEL ACANTILADO DE LA COSTA VERDE, DISTRITO BARRANCO

Fecha: 28/03/2021

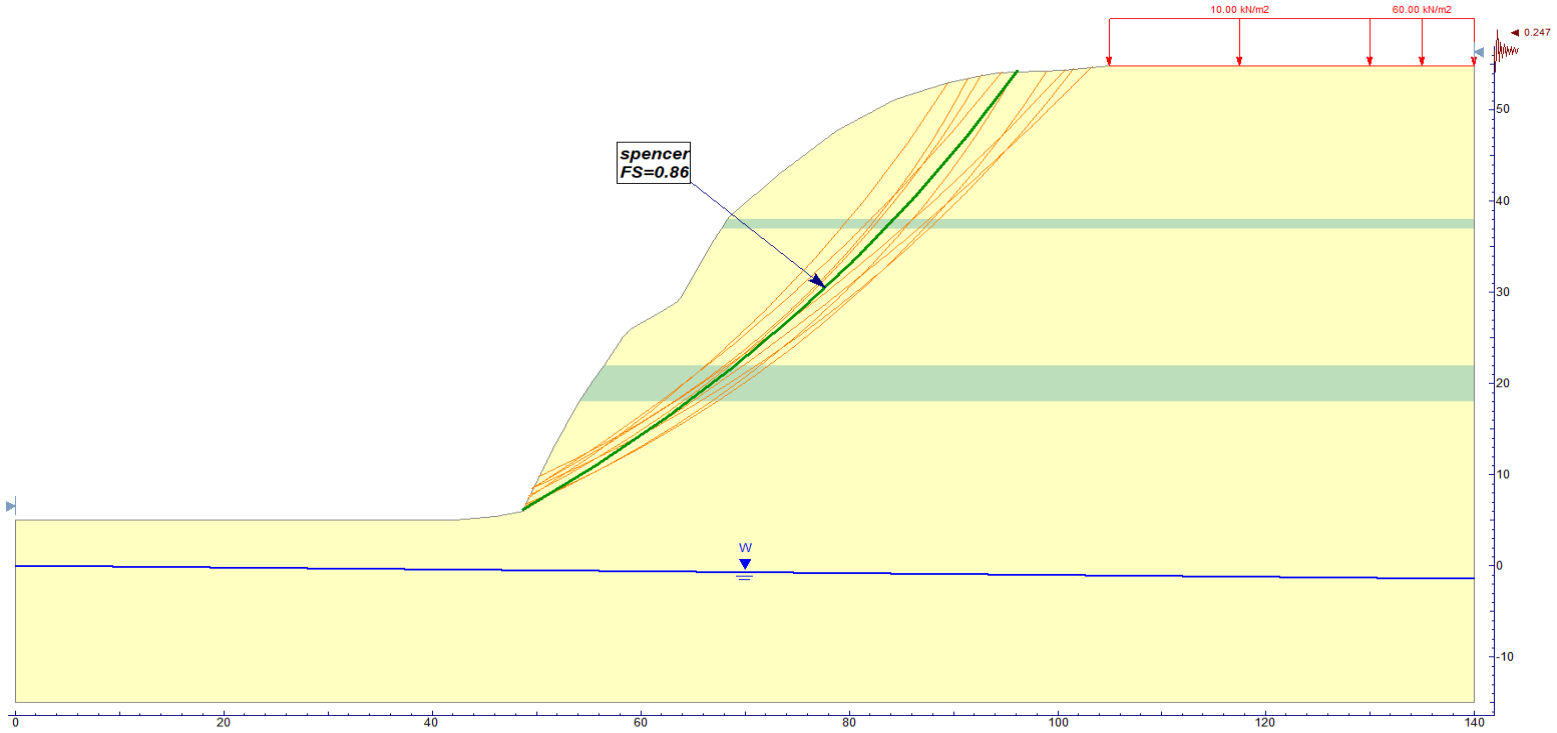
Distrito: Barranco

Sección: S007B

Elaborado por: BSR ; LVH

Material	γ_{Nat} (kPa)	γ_{Sat} (kPa)	C (kPa)	ϕ (°)
Conglomerado	21.0	22.0	47.62	40.64
Finos	17.0	18.0	18.50	34.80

Falla global - Tipo circular - Condición Pseudo Estática



ANÁLISIS DE ESTABILIDAD

Proyecto: ANÁLISIS DE ESTABILIDAD PARA LA DETERMINACIÓN DEL RIESGO POR DESLIZAMIENTO DEL ACANTILADO DE LA COSTA VERDE, DISTRITO BARRANCO

Fecha: 28/03/2021

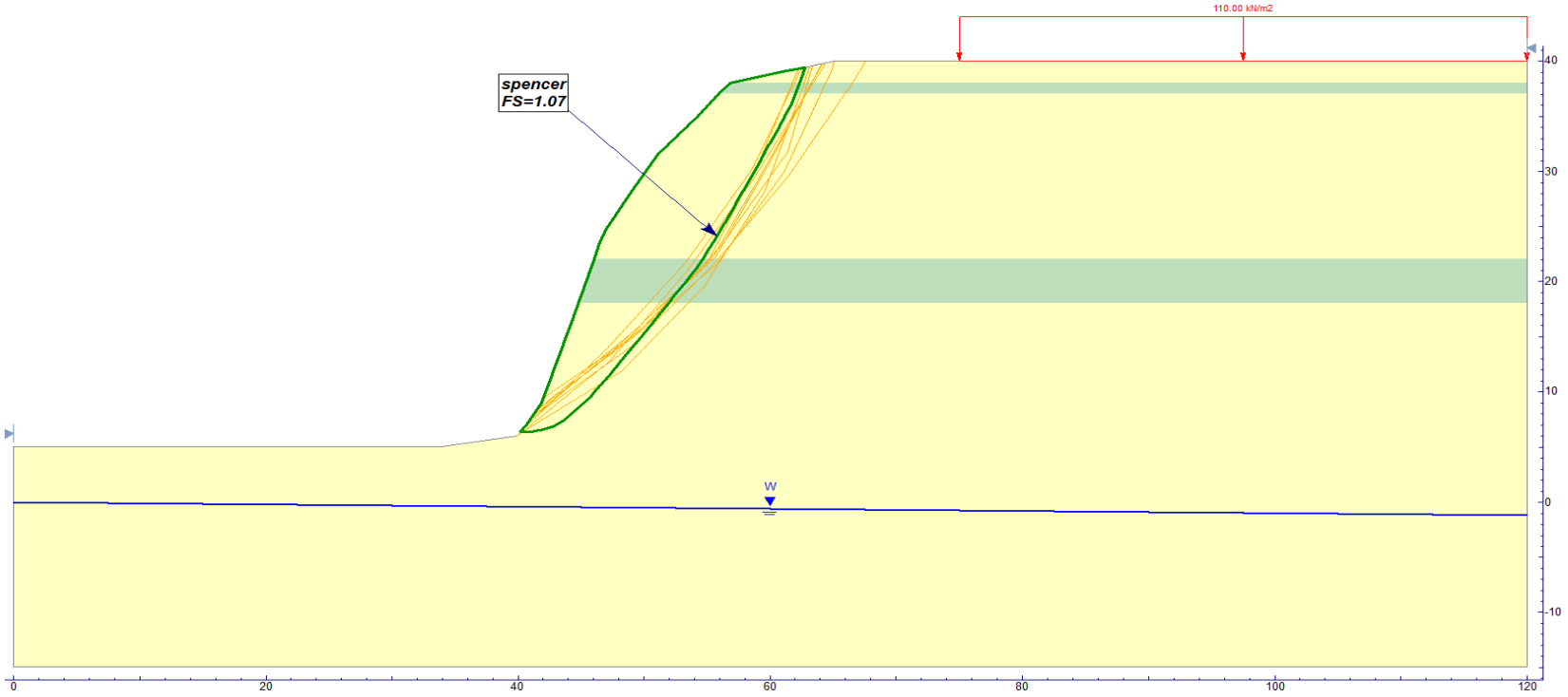
Distrito: Barranco

Sección: S008A

Elaborado por: BSR ; LVH

Material	γ_{Nat} (kPa)	γ_{Sat} (kPa)	C (kPa)	ϕ (°)
Conglomerado	21.0	22.0	47.62	40.64
Finos	17.0	18.0	18.50	34.80

Falla global - Tipo no circular - Condición Estática



ANÁLISIS DE ESTABILIDAD

Proyecto: ANÁLISIS DE ESTABILIDAD PARA LA DETERMINACIÓN DEL RIESGO POR DESLIZAMIENTO DEL ACANTILADO DE LA COSTA VERDE, DISTRITO BARRANCO

Fecha: 28/03/2021

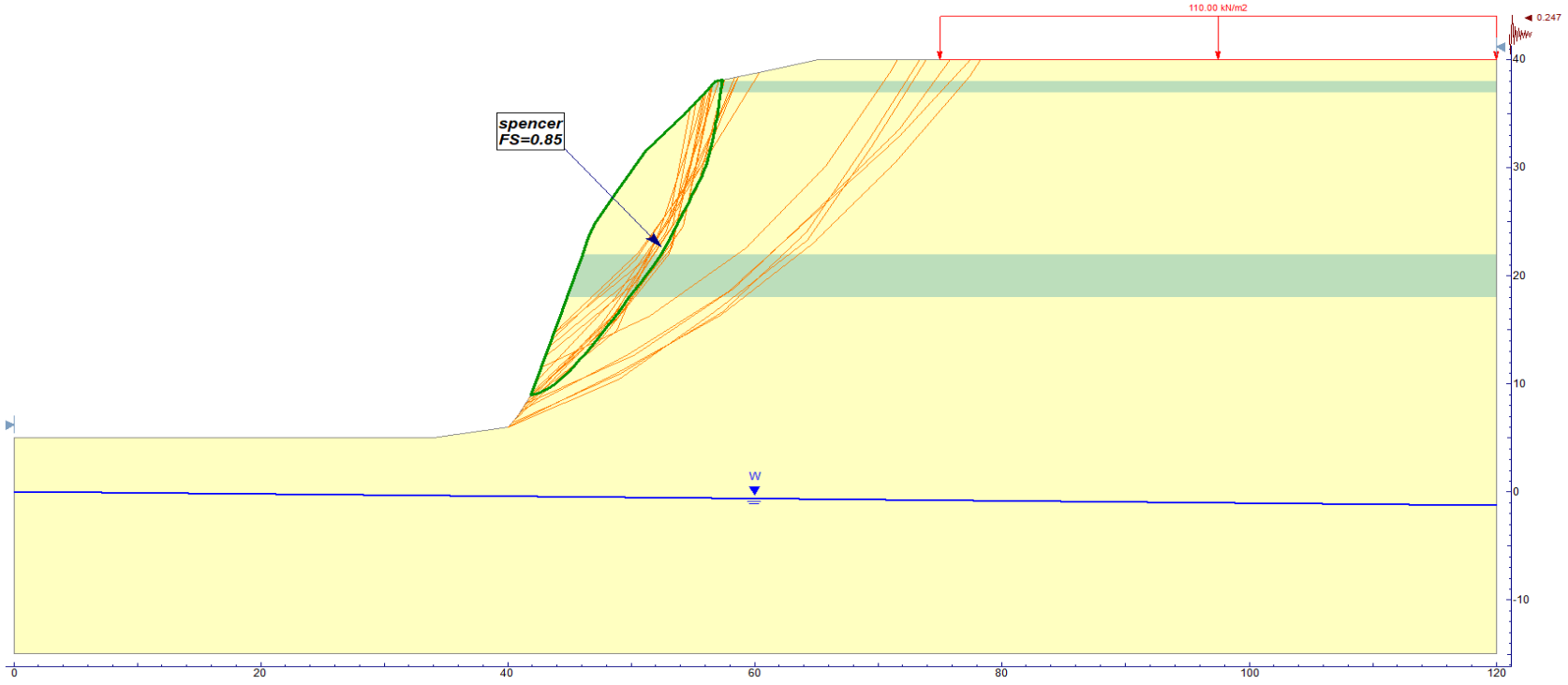
Distrito: Barranco

Sección: S008A

Elaborado por: BSR ; LVH

Material	γ_{Nat} (kPa)	γ_{Sat} (kPa)	C (kPa)	ϕ (°)
Conglomerado	21.0	22.0	47.62	40.64
Finos	17.0	18.0	18.50	34.80

Falla global - Tipo no circular - Condición Pseudo Estática



ANÁLISIS DE ESTABILIDAD

Proyecto: ANÁLISIS DE ESTABILIDAD PARA LA DETERMINACIÓN DEL RIESGO POR DESLIZAMIENTO DEL ACANTILADO DE LA COSTA VERDE, DISTRITO BARRANCO

Fecha: 28/03/2021

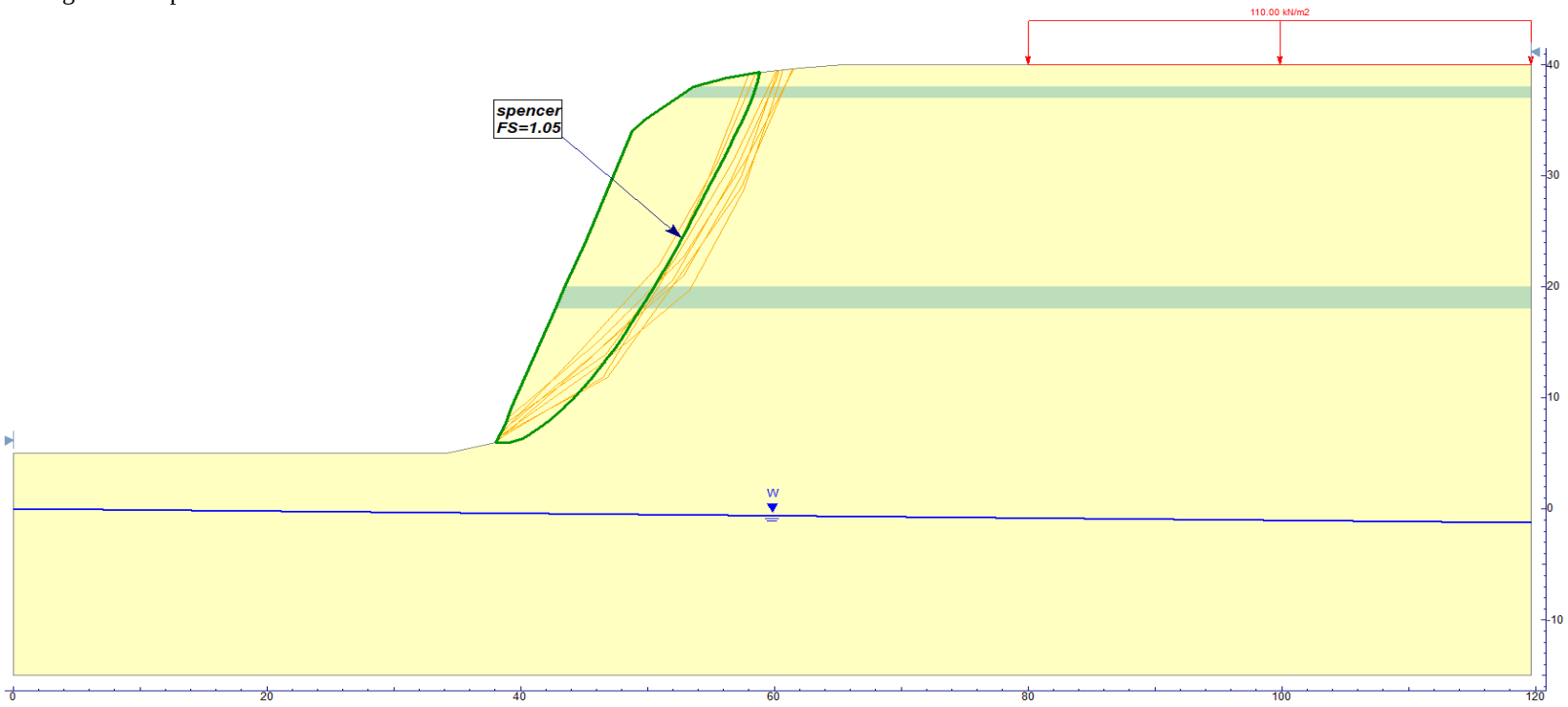
Distrito: Barranco

Sección: S008B

Elaborado por: BSR ; LVH

Material	γ_{Nat} (kPa)	γ_{Sat} (kPa)	C (kPa)	ϕ (°)
Conglomerado	21.0	22.0	47.62	40.64
Finos	17.0	18.0	18.50	34.80

Falla global - Tipo no circular - Condición Estática



ANÁLISIS DE ESTABILIDAD

Proyecto: ANÁLISIS DE ESTABILIDAD PARA LA DETERMINACIÓN DEL RIESGO POR DESLIZAMIENTO DEL ACANTILADO DE LA COSTA VERDE, DISTRITO BARRANCO

Fecha: 28/03/2021

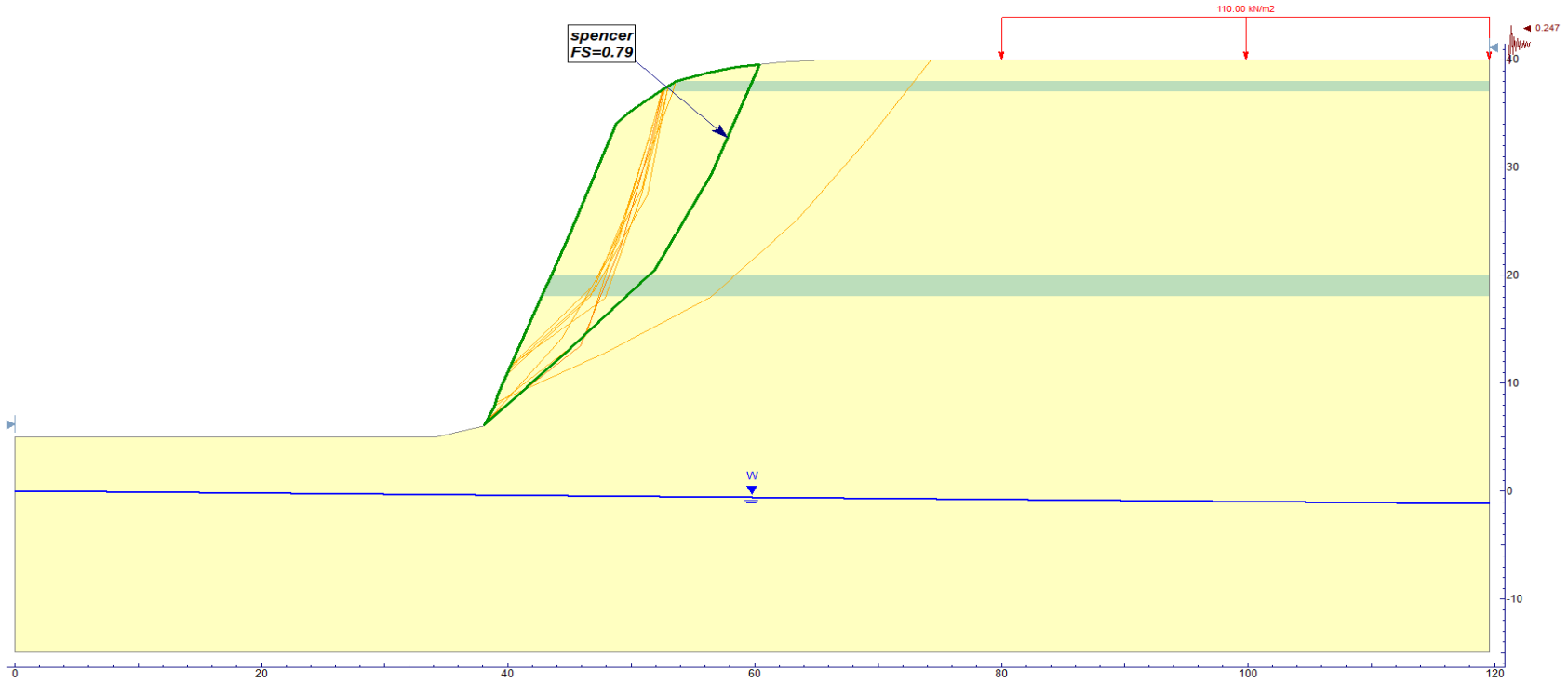
Distrito: Barranco

Sección: S008B

Elaborado por: BSR ; LVH

Material	γ_{Nat} (kPa)	γ_{Sat} (kPa)	C (kPa)	ϕ (°)
Conglomerado	21.0	22.0	47.62	40.64
Finos	17.0	18.0	18.50	34.80

Falla global - Tipo no circular - Condición Pseudo Estática



ANÁLISIS DE ESTABILIDAD

Proyecto: ANÁLISIS DE ESTABILIDAD PARA LA DETERMINACIÓN DEL RIESGO POR DESLIZAMIENTO DEL ACANTILADO DE LA COSTA VERDE, DISTRITO BARRANCO

Fecha: 28/03/2021

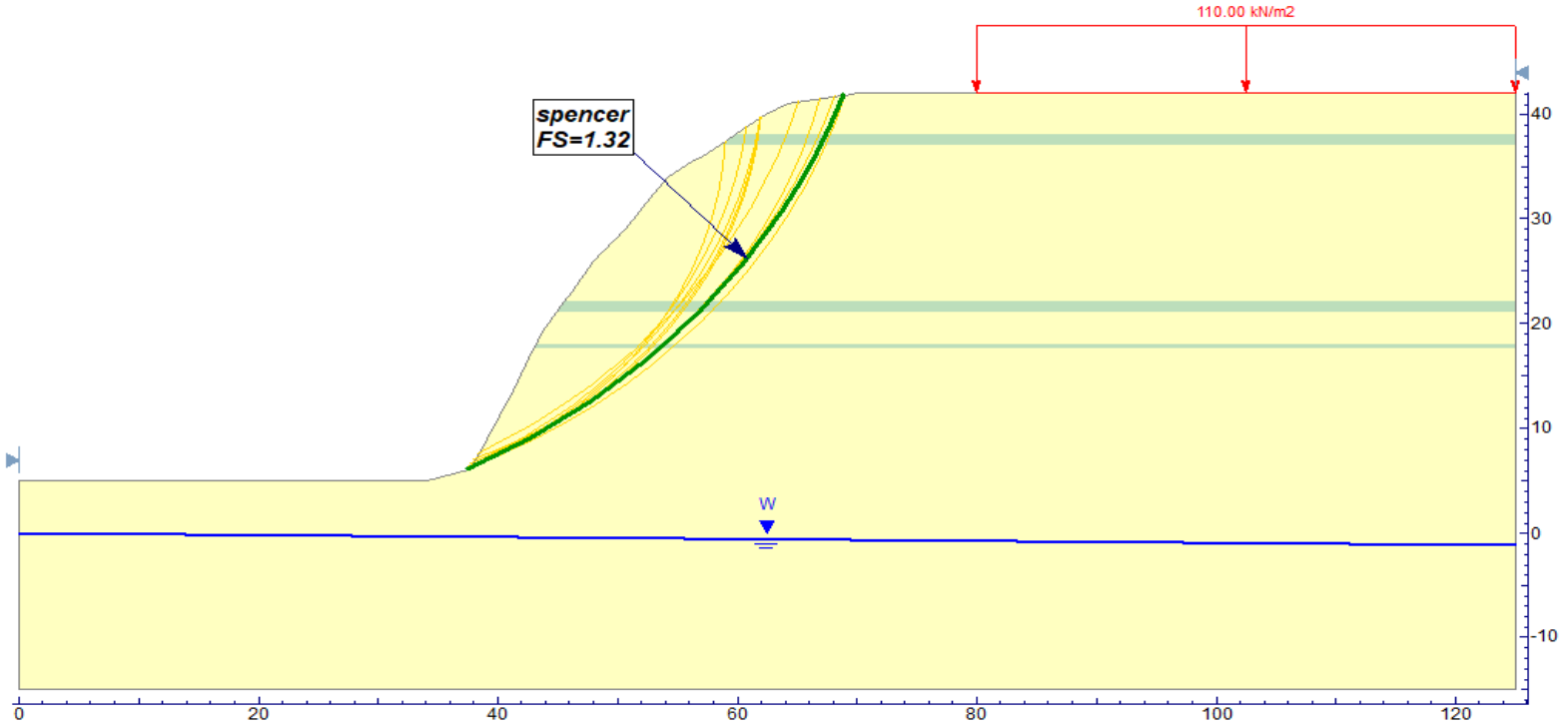
Distrito: Barranco

Sección: S008C

Elaborado por: BSR ; LVH

Material	γ_{Nat} (kPa)	γ_{Sat} (kPa)	C (kPa)	ϕ (°)
Conglomerado	21.0	22.0	47.62	40.64
Finos	17.0	18.0	18.50	34.80

Falla global - Tipo circular - Condición Estática



ANÁLISIS DE ESTABILIDAD

Proyecto: ANÁLISIS DE ESTABILIDAD PARA LA DETERMINACIÓN DEL RIESGO POR DESLIZAMIENTO DEL ACANTILADO DE LA COSTA VERDE, DISTRITO BARRANCO

Fecha: 28/03/2021

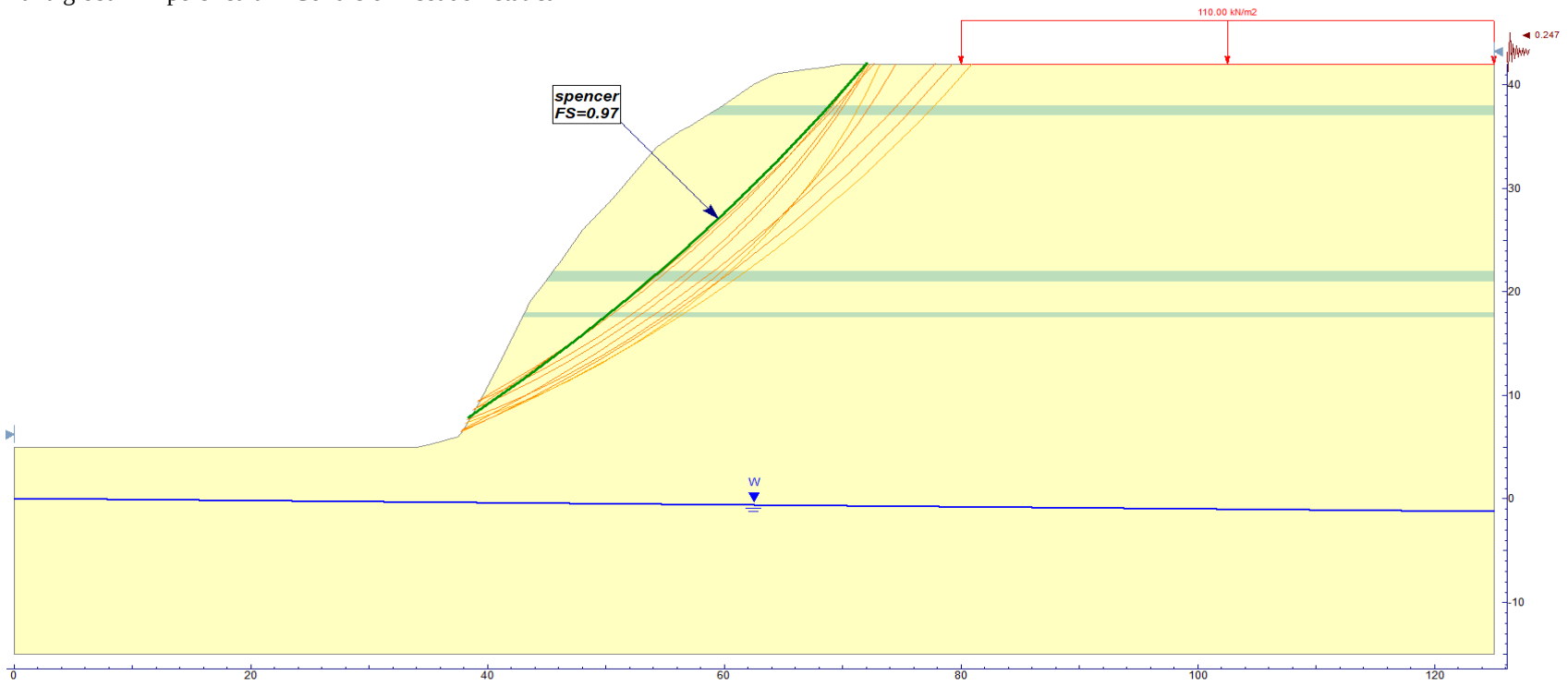
Distrito: Barranco

Sección: S008C

Elaborado por: BSR ; LVH

Material	γ_{Nat} (kPa)	γ_{Sat} (kPa)	C (kPa)	ϕ (°)
Conglomerado	21.0	22.0	47.62	40.64
Finos	17.0	18.0	18.50	34.80

Falla global - Tipo circular - Condición Pseudo Estática



ANÁLISIS DE ESTABILIDAD

Proyecto: ANÁLISIS DE ESTABILIDAD PARA LA DETERMINACIÓN DEL RIESGO POR DESLIZAMIENTO DEL ACANTILADO DE LA COSTA VERDE, DISTRITO BARRANCO

Fecha: 28/03/2021

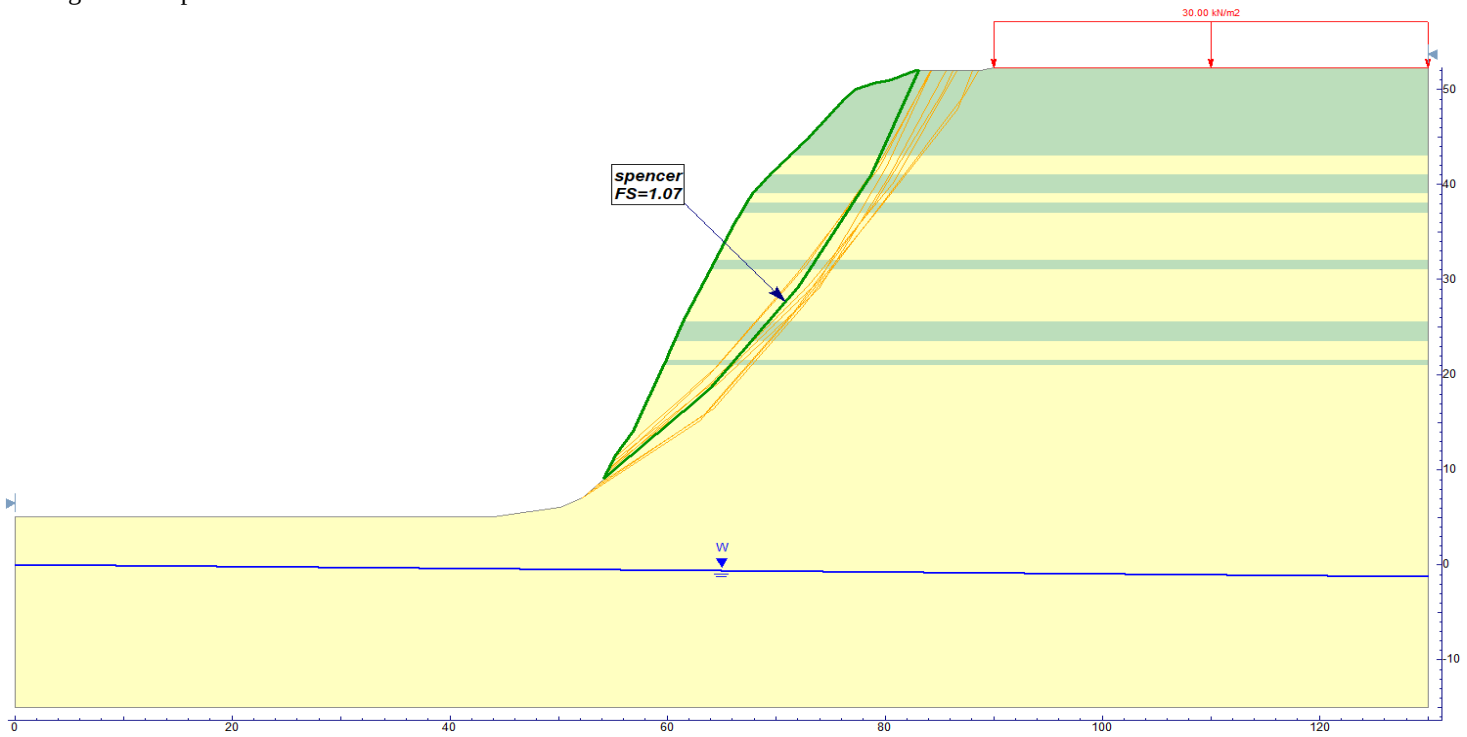
Distrito: Barranco

Sección: S009

Elaborado por: BSR ; LVH

Material	γ_{Nat} (kPa)	γ_{Sat} (kPa)	C (kPa)	ϕ (°)
Conglomerado	21.0	22.0	47.62	40.64
Finos	17.0	18.0	18.50	34.80

Falla global - Tipo no circular - Condición Estática



ANÁLISIS DE ESTABILIDAD

Proyecto: ANÁLISIS DE ESTABILIDAD PARA LA DETERMINACIÓN DEL RIESGO POR DESLIZAMIENTO DEL ACANTILADO DE LA COSTA VERDE, DISTRITO BARRANCO

Fecha: 28/03/2021

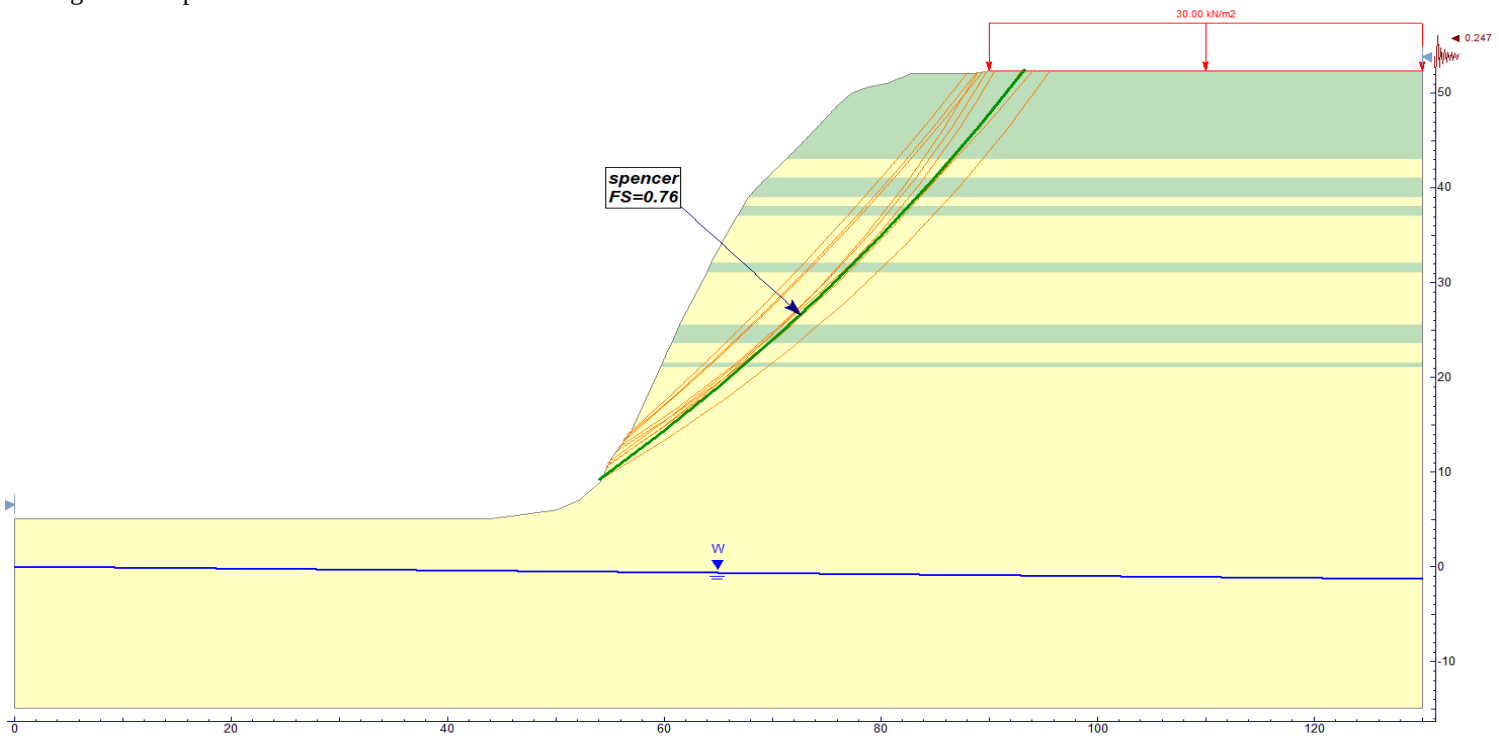
Distrito: Barranco

Sección: S009

Elaborado por: BSR ; LVH

Material	γ_{Nat} (kPa)	γ_{Sat} (kPa)	C (kPa)	ϕ (°)
Conglomerado	21.0	22.0	47.62	40.64
Finos	17.0	18.0	18.50	34.80

Falla global - Tipo circular - Condición Pseudo Estática



ANÁLISIS DE ESTABILIDAD

Proyecto: ANÁLISIS DE ESTABILIDAD PARA LA DETERMINACIÓN DEL RIESGO POR DESLIZAMIENTO DEL ACANTILADO DE LA COSTA VERDE, DISTRITO BARRANCO

Fecha: 28/03/2021

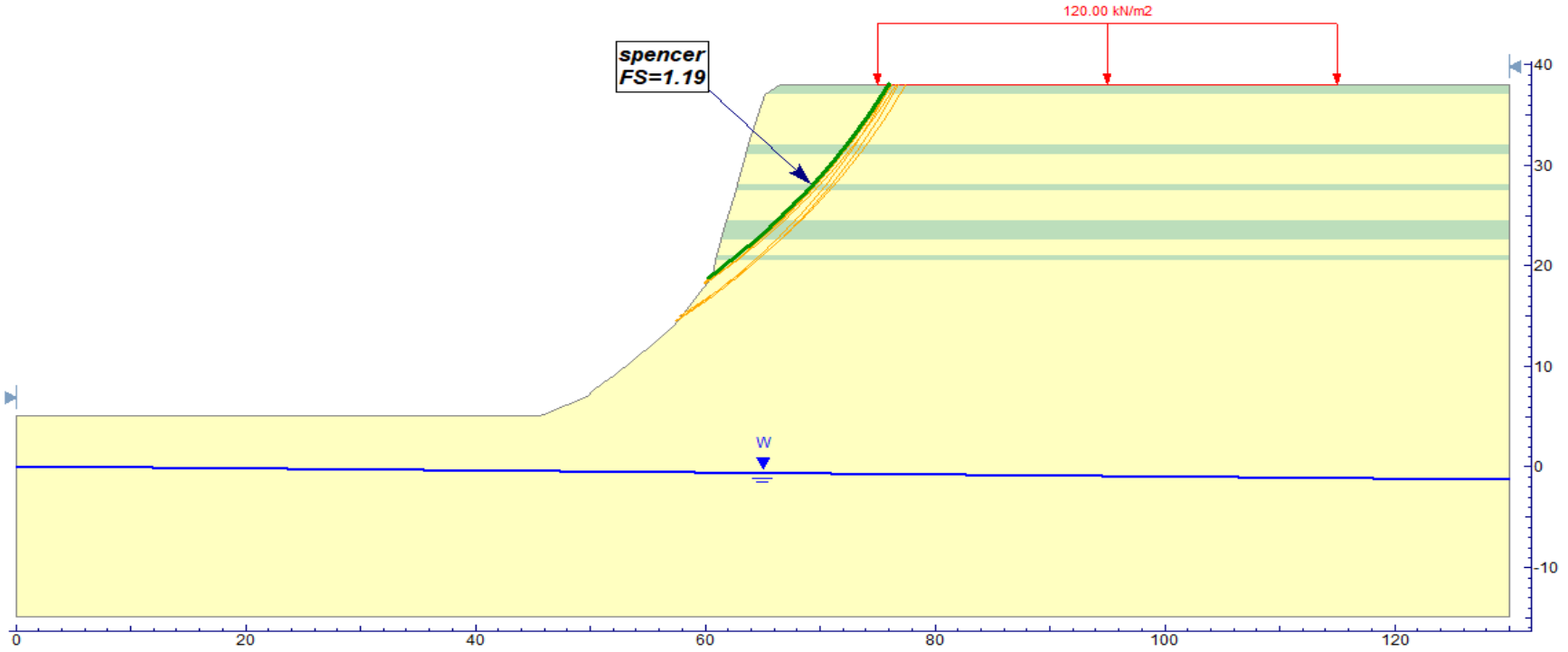
Distrito: Barranco

Sección: S010

Elaborado por: BSR ; LVH

Material	γ_{Nat} (kPa)	γ_{Sat} (kPa)	C (kPa)	ϕ (°)
Conglomerado	21.0	22.0	47.62	40.64
Finos	17.0	18.0	18.50	34.80

Falla global - Tipo circular - Condición Estática



ANÁLISIS DE ESTABILIDAD

Proyecto: ANÁLISIS DE ESTABILIDAD PARA LA DETERMINACIÓN DEL RIESGO POR DESLIZAMIENTO DEL ACANTILADO DE LA COSTA VERDE, DISTRITO BARRANCO

Fecha: 28/03/2021

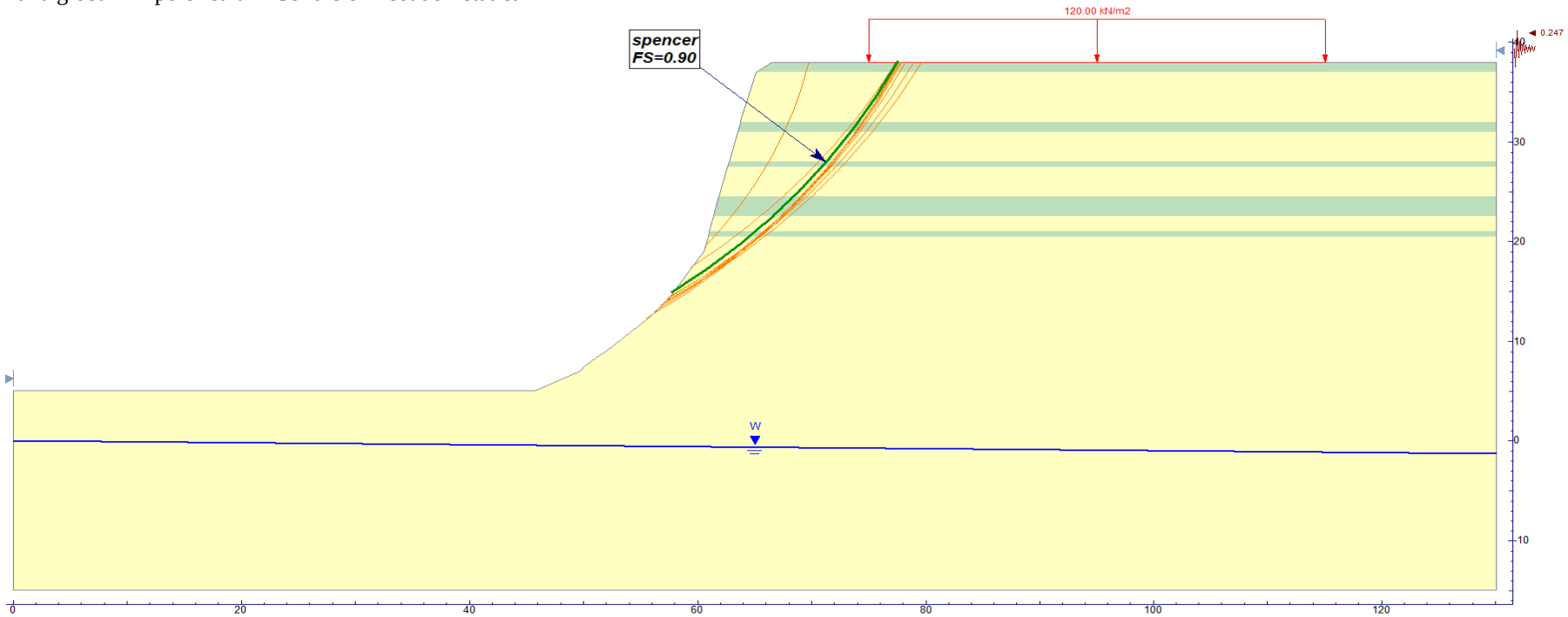
Distrito: Barranco

Sección: S010

Elaborado por: BSR ; LVH

Material	γ_{Nat} (kPa)	γ_{Sat} (kPa)	C (kPa)	ϕ (°)
Conglomerado	21.0	22.0	47.62	40.64
Finos	17.0	18.0	18.50	34.80

Falla global - Tipo circular - Condición Pseudo Estática



ANÁLISIS DE ESTABILIDAD

Proyecto: ANÁLISIS DE ESTABILIDAD PARA LA DETERMINACIÓN DEL RIESGO POR DESLIZAMIENTO DEL ACANTILADO DE LA COSTA VERDE, DISTRITO BARRANCO

Fecha: 28/03/2021

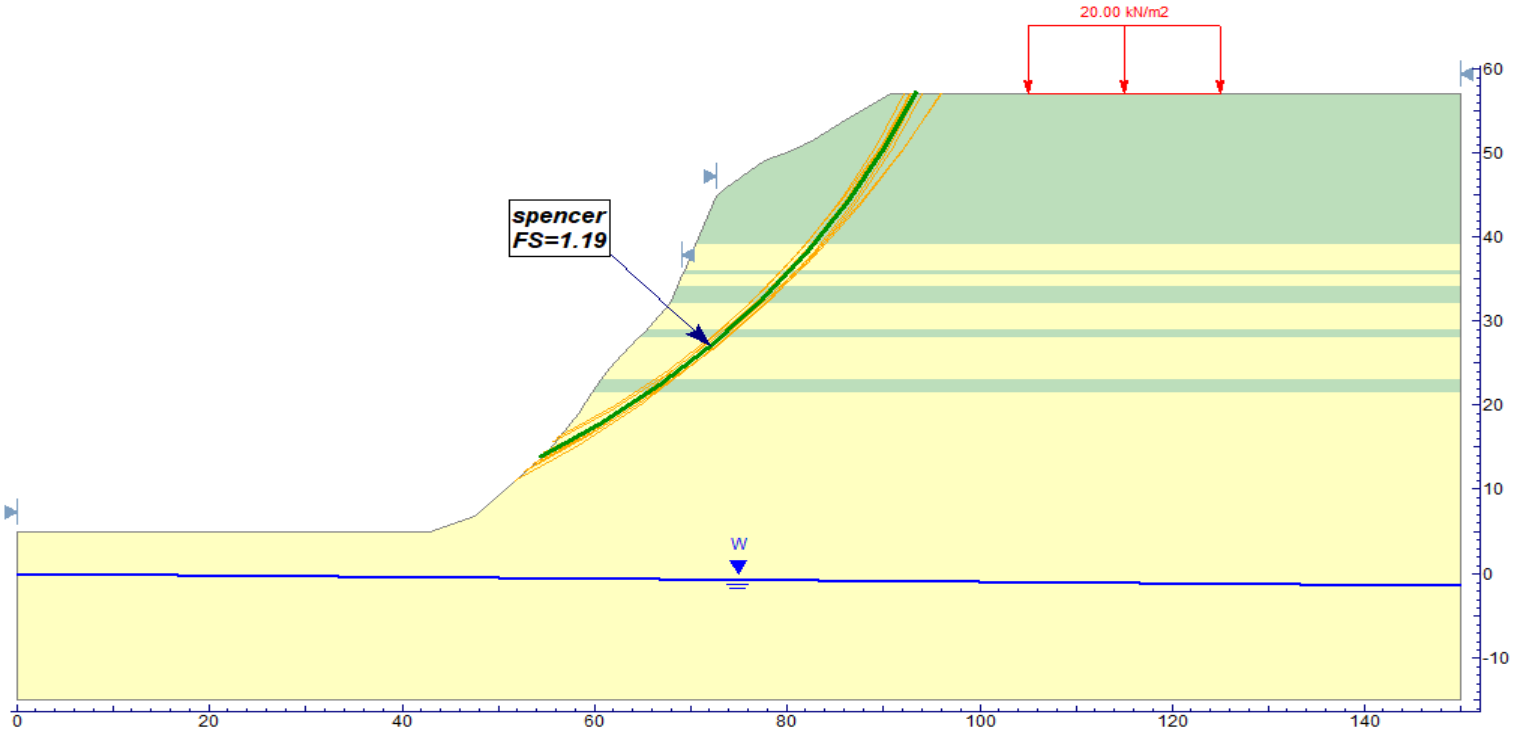
Distrito: Barranco

Sección: S011

Elaborado por: BSR ; LVH

Material	γ_{Nat} (kPa)	γ_{Sat} (kPa)	C (kPa)	ϕ (°)
Conglomerado	21.0	22.0	47.62	40.64
Finos	17.0	18.0	18.50	34.80

Falla global - Tipo circular - Condición Estática



ANÁLISIS DE ESTABILIDAD

Proyecto: ANÁLISIS DE ESTABILIDAD PARA LA DETERMINACIÓN DEL RIESGO POR DESLIZAMIENTO DEL ACANTILADO DE LA COSTA VERDE, DISTRITO BARRANCO

Fecha: 28/03/2021

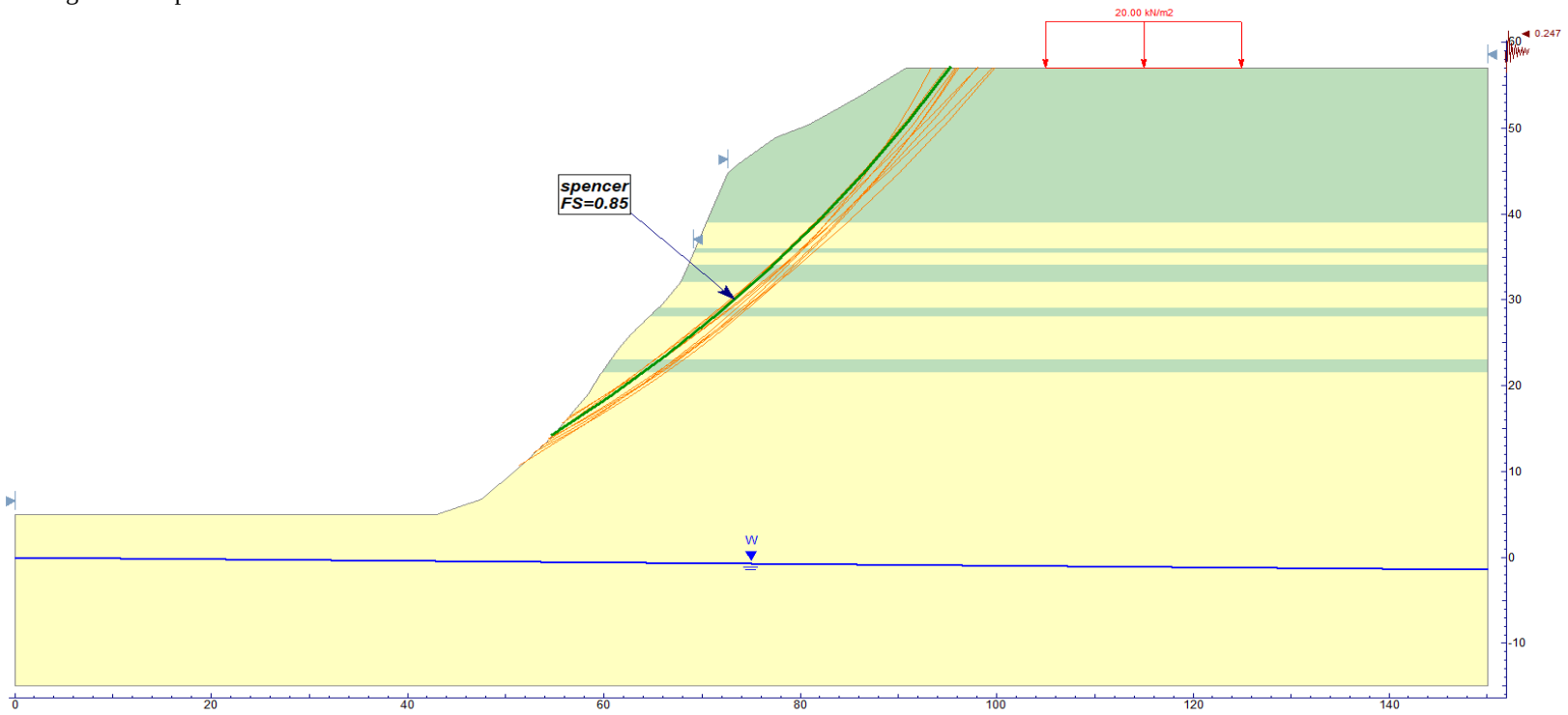
Distrito: Barranco

Sección: S011

Elaborado por: BSR ; LVH

Material	γ_{Nat} (kPa)	γ_{Sat} (kPa)	C (kPa)	ϕ (°)
Conglomerado	21.0	22.0	47.62	40.64
Finos	17.0	18.0	18.50	34.80

Falla global - Tipo circular - Condición Pseudo Estática



ANÁLISIS DE ESTABILIDAD

Proyecto: ANÁLISIS DE ESTABILIDAD PARA LA DETERMINACIÓN DEL RIESGO POR DESLIZAMIENTO DEL ACANTILADO DE LA COSTA VERDE, DISTRITO BARRANCO

Fecha: 28/03/2021

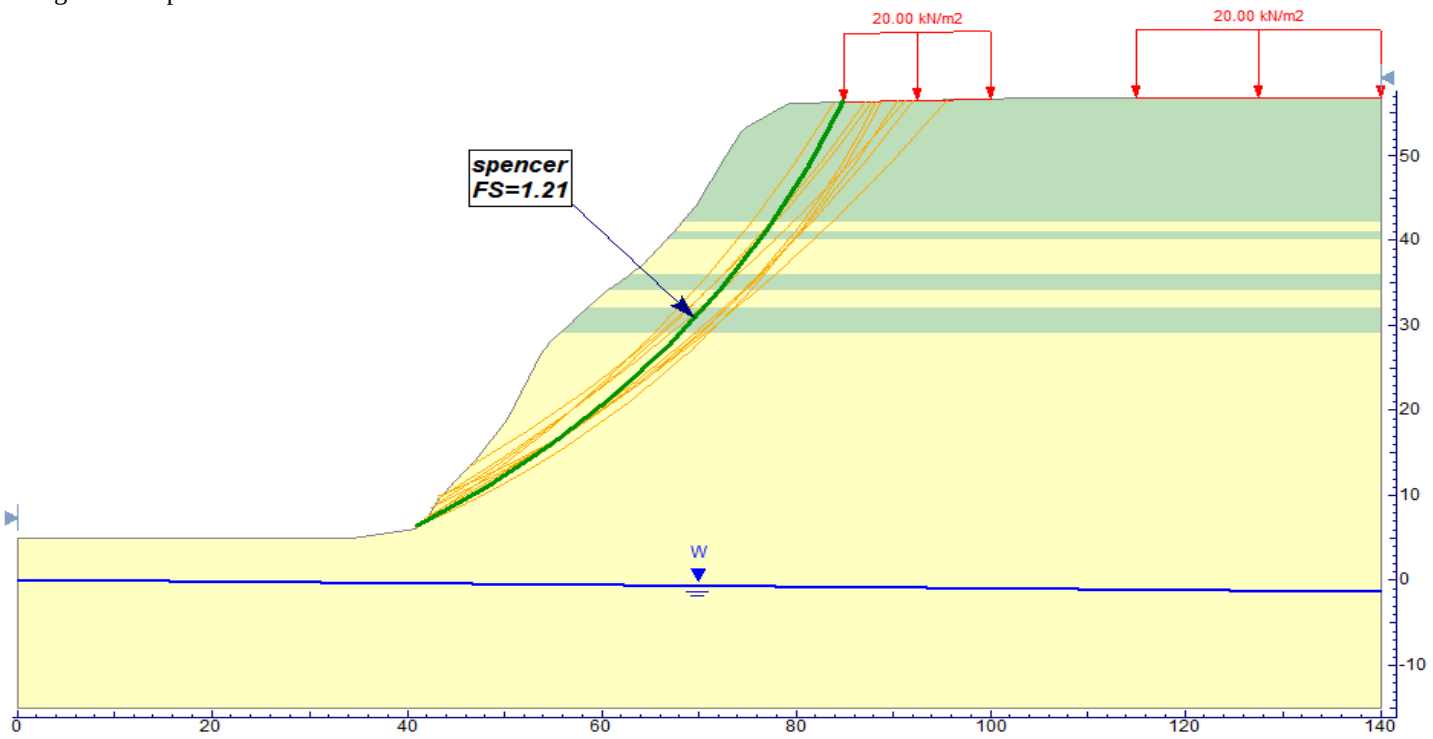
Distrito: Barranco

Sección: S012

Elaborado por: BSR ; LVH

Material	γ_{Nat} (kPa)	γ_{Sat} (kPa)	C (kPa)	ϕ (°)
Conglomerado	21.0	22.0	47.62	40.64
Finos	17.0	18.0	18.50	34.80

Falla global - Tipo circular - Condición Estática



ANÁLISIS DE ESTABILIDAD

Proyecto: ANÁLISIS DE ESTABILIDAD PARA LA DETERMINACIÓN DEL RIESGO POR DESLIZAMIENTO DEL ACANTILADO DE LA COSTA VERDE, DISTRITO BARRANCO

Fecha: 28/03/2021

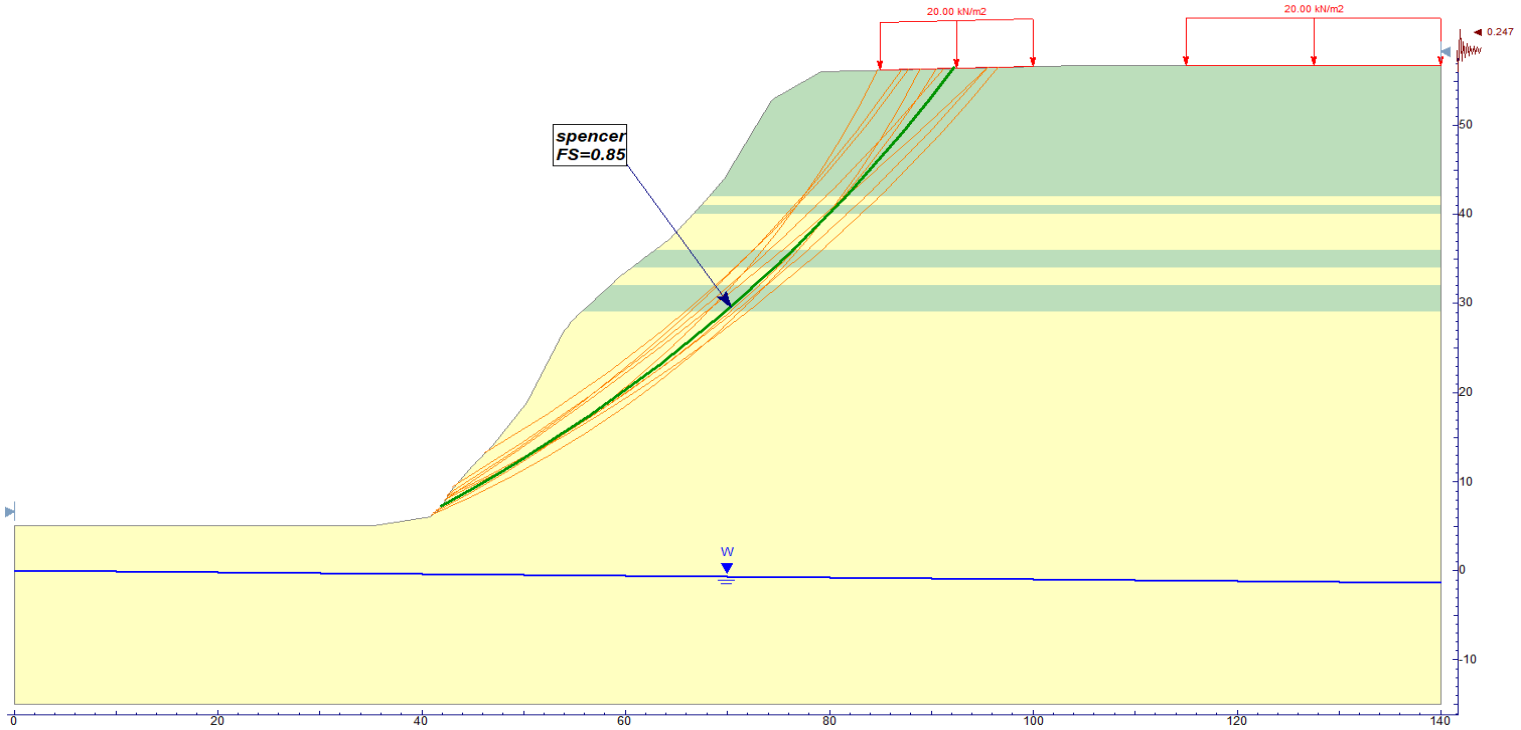
Distrito: Barranco

Sección: S012

Elaborado por: BSR ; LVH

Material	γ_{Nat} (kPa)	γ_{Sat} (kPa)	C (kPa)	ϕ (°)
Conglomerado	21.0	22.0	47.62	40.64
Finos	17.0	18.0	18.50	34.80

Falla global - Tipo circular - Condición Pseudo Estática



ANÁLISIS DE ESTABILIDAD

Proyecto: ANÁLISIS DE ESTABILIDAD PARA LA DETERMINACIÓN DEL RIESGO POR DESLIZAMIENTO DEL ACANTILADO DE LA COSTA VERDE, DISTRITO BARRANCO

Fecha: 28/03/2021

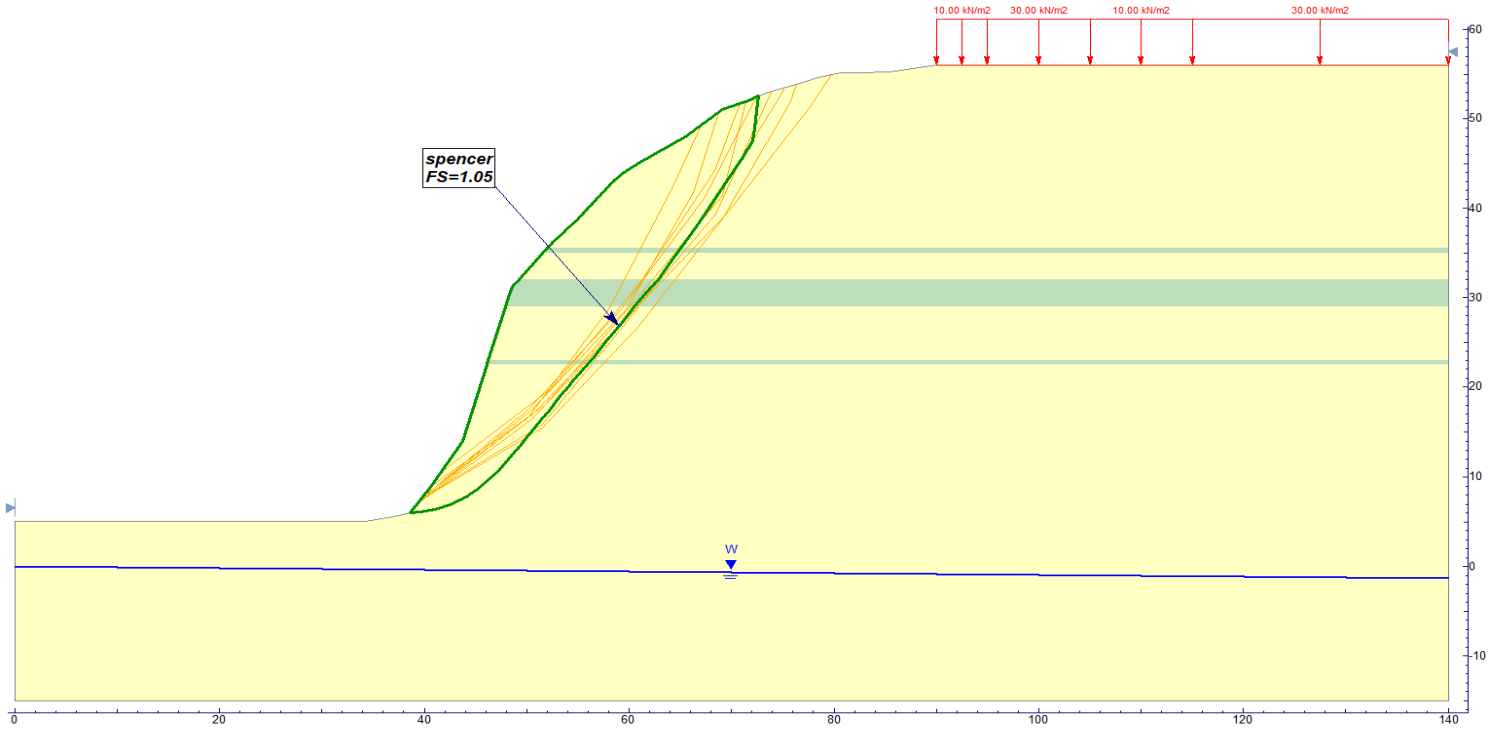
Distrito: Barranco

Sección: S013A

Elaborado por: BSR ; LVH

Material	γ_{Nat} (kPa)	γ_{Sat} (kPa)	C (kPa)	ϕ (°)
Conglomerado	21.0	22.0	47.62	40.64
Finos	17.0	18.0	18.50	34.80

Falla global - Tipo no circular - Condición Estática



ANÁLISIS DE ESTABILIDAD

Proyecto: ANÁLISIS DE ESTABILIDAD PARA LA DETERMINACIÓN DEL RIESGO POR DESLIZAMIENTO DEL ACANTILADO DE LA COSTA VERDE, DISTRITO BARRANCO

Fecha: 28/03/2021

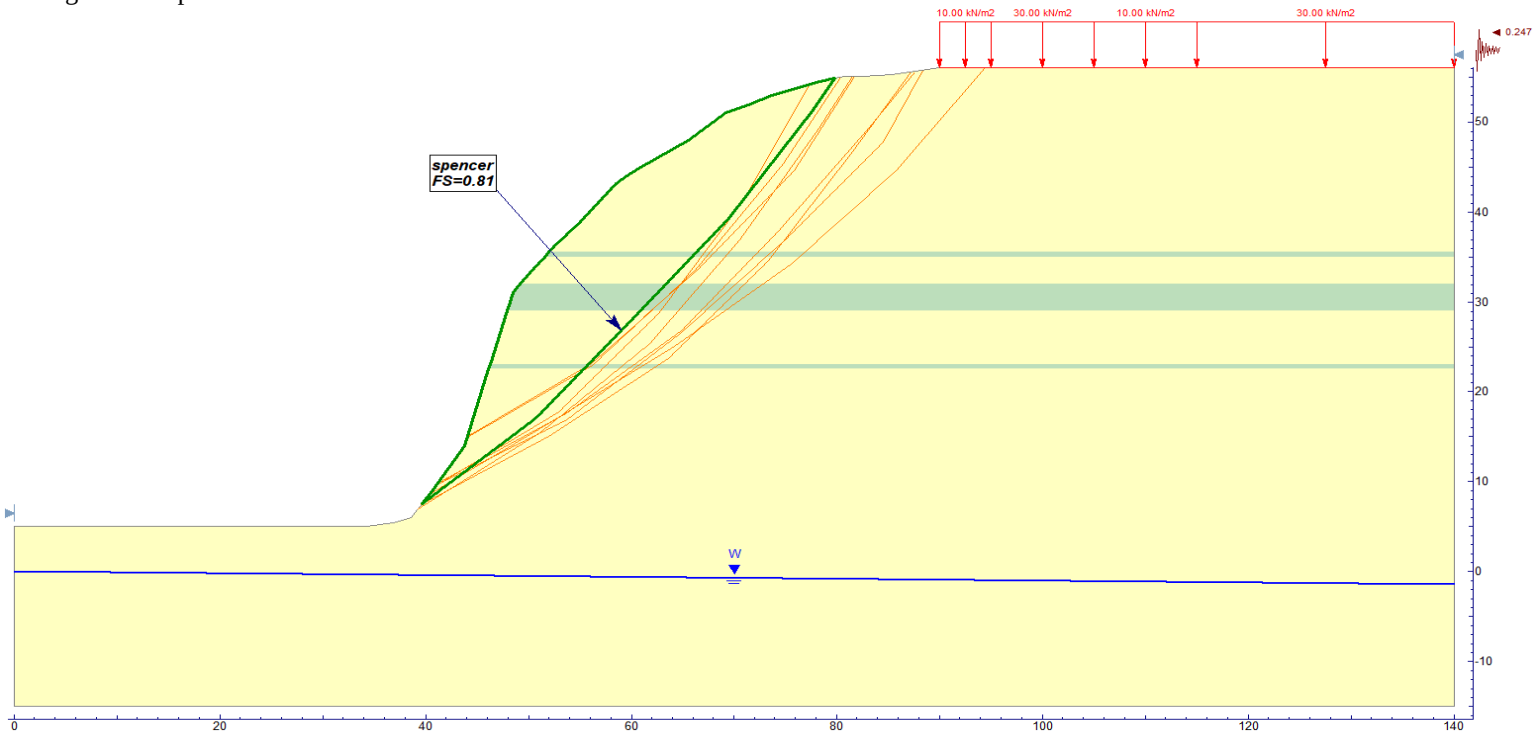
Distrito: Barranco

Sección: S013A

Elaborado por: BSR ; LVH

Material	γ_{Nat} (kPa)	γ_{Sat} (kPa)	C (kPa)	ϕ (°)
Conglomerado	21.0	22.0	47.62	40.64
Finos	17.0	18.0	18.50	34.80

Falla global - Tipo no circular - Condición Pseudo Estática



ANÁLISIS DE ESTABILIDAD

Proyecto: ANÁLISIS DE ESTABILIDAD PARA LA DETERMINACIÓN DEL RIESGO POR DESLIZAMIENTO DEL ACANTILADO DE LA COSTA VERDE, DISTRITO BARRANCO

Fecha: 28/03/2021

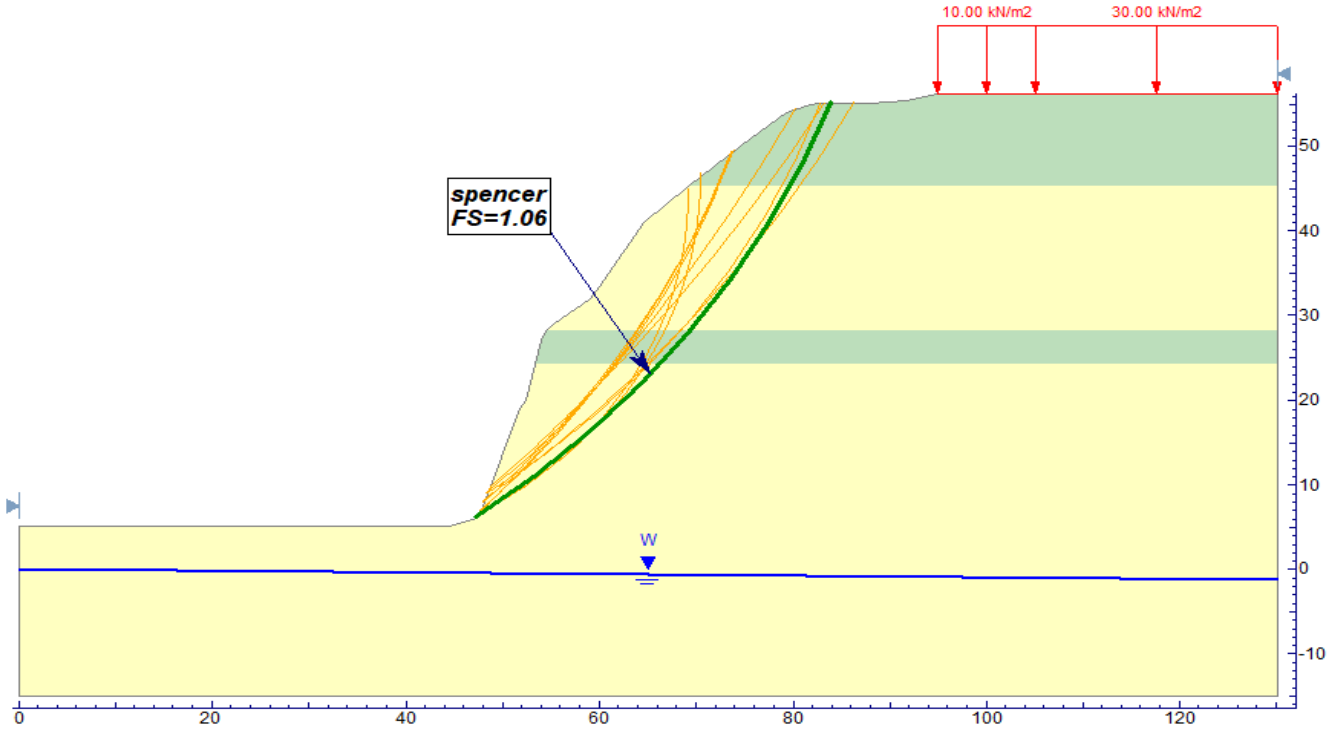
Distrito: Barranco

Sección: S013B

Elaborado por: BSR ; LVH

Material	γ_{Nat} (kPa)	γ_{Sat} (kPa)	C (kPa)	ϕ (°)
Conglomerado	21.0	22.0	47.62	40.64
Finos	17.0	18.0	18.50	34.80

Falla global - Tipo circular - Condición Estática



ANÁLISIS DE ESTABILIDAD

Proyecto: ANÁLISIS DE ESTABILIDAD PARA LA DETERMINACIÓN DEL RIESGO POR DESLIZAMIENTO DEL ACANTILADO DE LA COSTA VERDE, DISTRITO BARRANCO

Fecha: 28/03/2021

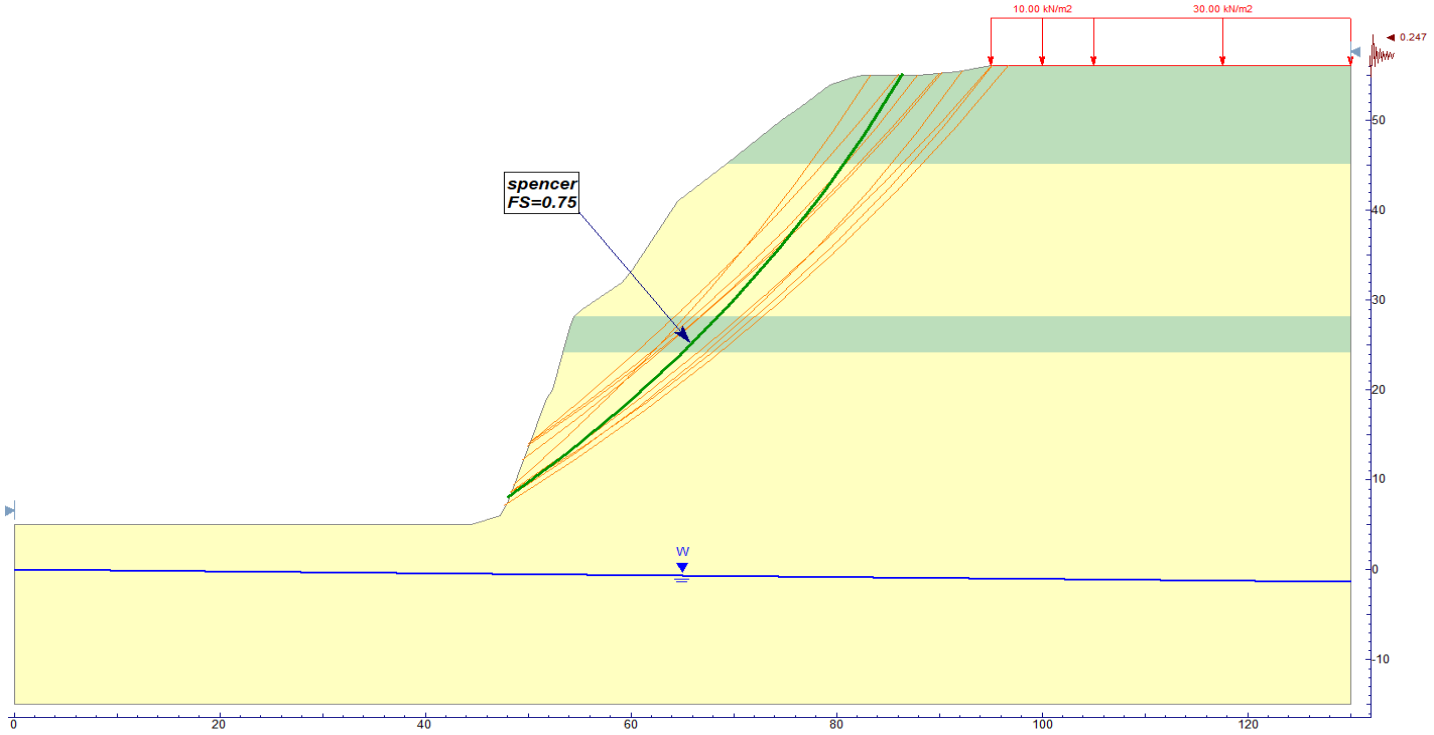
Distrito: Barranco

Sección: S013B

Elaborado por: BSR ; LVH

Material	γ_{Nat} (kPa)	γ_{Sat} (kPa)	C (kPa)	ϕ (°)
Conglomerado	21.0	22.0	47.62	40.64
Finos	17.0	18.0	18.50	34.80

Falla global - Tipo circular - Condición Pseudo Estática



ANÁLISIS DE ESTABILIDAD

Proyecto: ANÁLISIS DE ESTABILIDAD PARA LA DETERMINACIÓN DEL RIESGO POR DESLIZAMIENTO DEL ACANTILADO DE LA COSTA VERDE, DISTRITO BARRANCO

Fecha: 28/03/2021

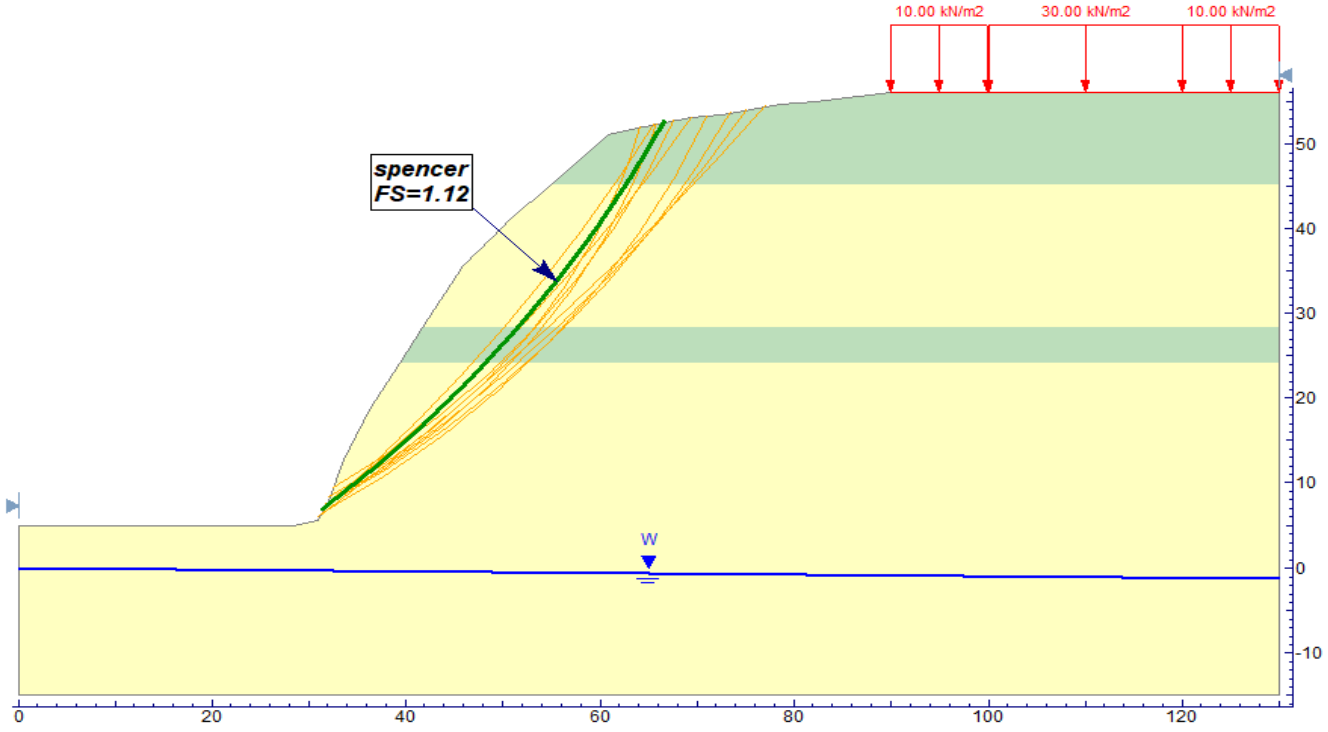
Distrito: Barranco

Sección: S013C

Elaborado por: BSR ; LVH

Material	γ_{Nat} (kPa)	γ_{Sat} (kPa)	C (kPa)	ϕ (°)
Conglomerado	21.0	22.0	47.62	40.64
Finos	17.0	18.0	18.50	34.80

Falla global - Tipo circular - Condición Estática



ANÁLISIS DE ESTABILIDAD

Proyecto: ANÁLISIS DE ESTABILIDAD PARA LA DETERMINACIÓN DEL RIESGO POR DESLIZAMIENTO DEL ACANTILADO DE LA COSTA VERDE, DISTRITO BARRANCO

Fecha: 28/03/2021

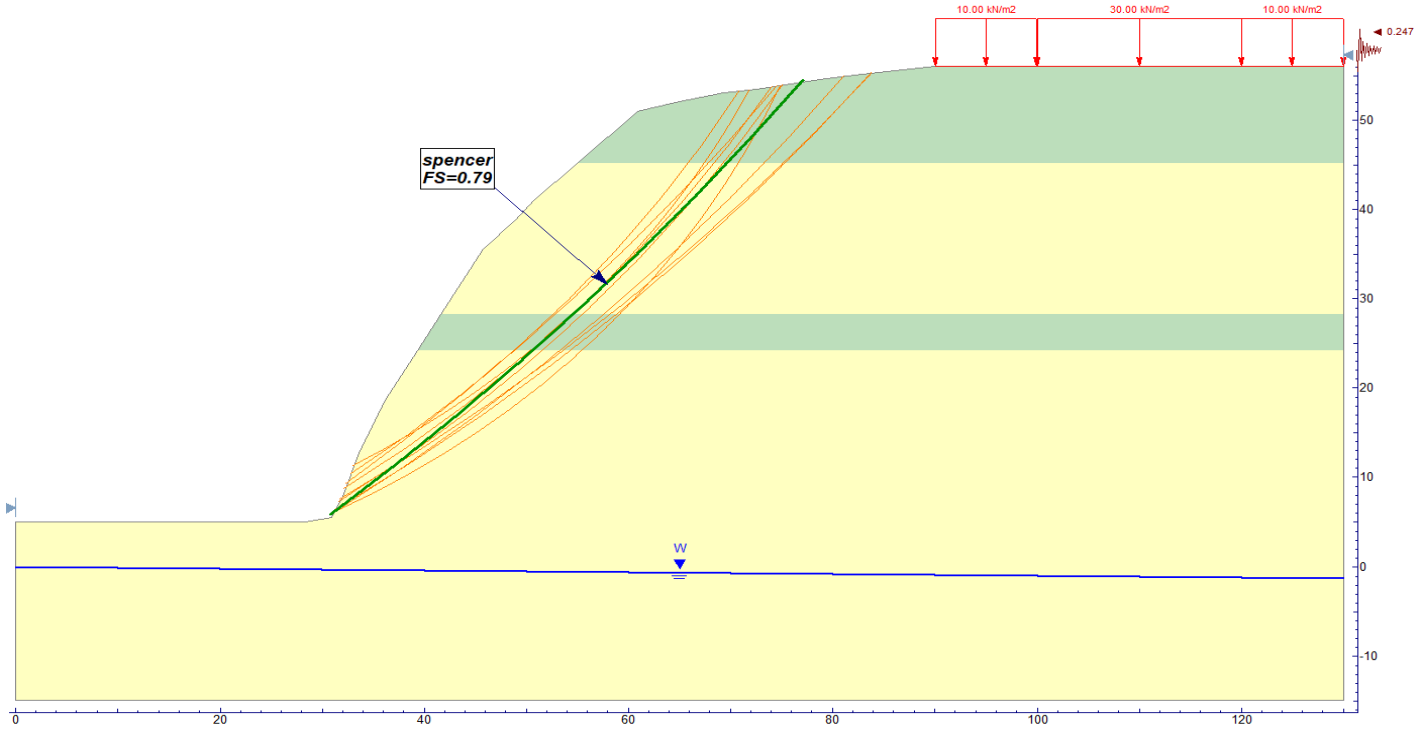
Distrito: Barranco

Sección: S013C

Elaborado por: BSR ; LVH

Material	γ_{Nat} (kPa)	γ_{Sat} (kPa)	C (kPa)	ϕ (°)
Conglomerado	21.0	22.0	47.62	40.64
Finos	17.0	18.0	18.50	34.80

Falla global - Tipo circular - Condición Pseudo Estática



ANÁLISIS DE ESTABILIDAD

Proyecto: ANÁLISIS DE ESTABILIDAD PARA LA DETERMINACIÓN DEL RIESGO POR DESLIZAMIENTO DEL ACANTILADO DE LA COSTA VERDE, DISTRITO BARRANCO

Fecha: 28/03/2021

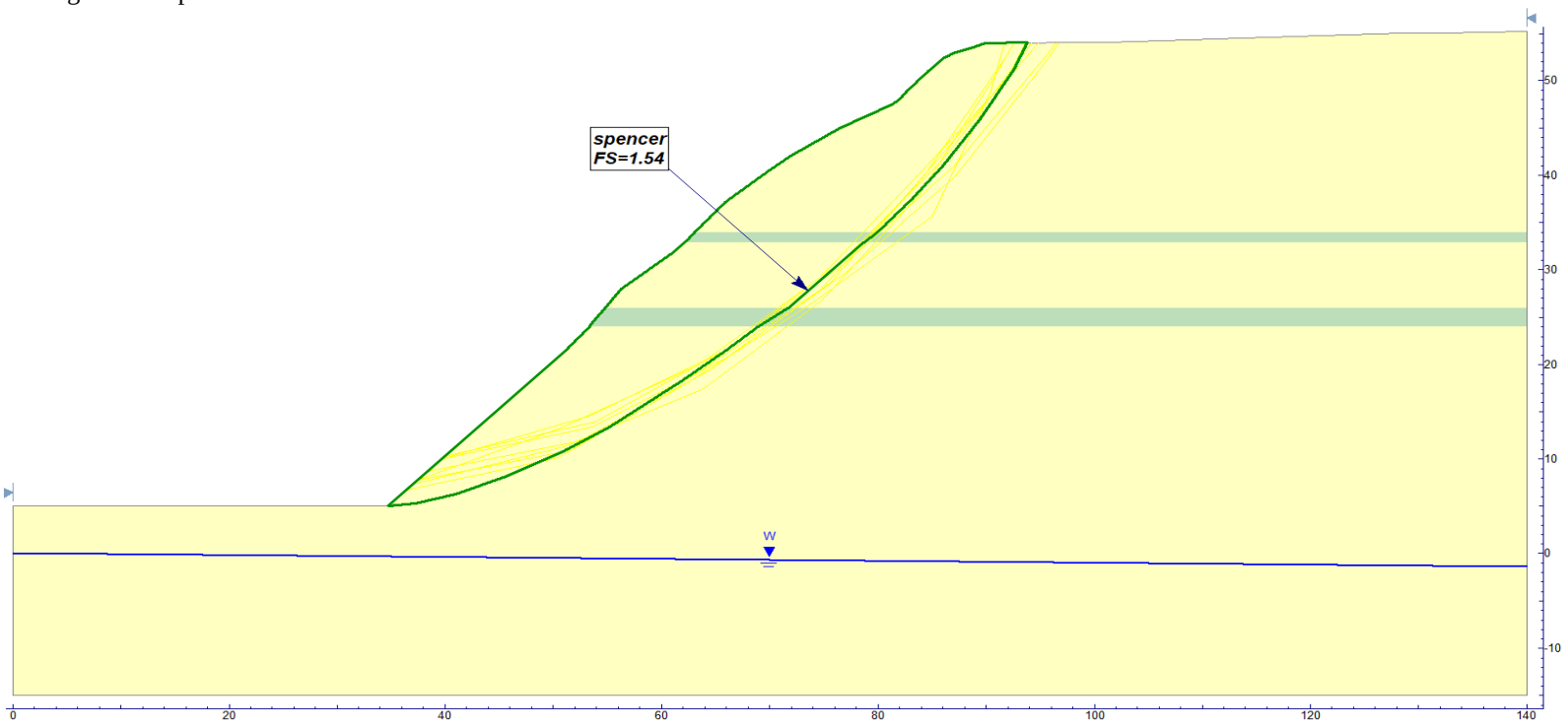
Distrito: Barranco

Sección: S014

Elaborado por: BSR ; LVH

Material	γ_{Nat} (kPa)	γ_{Sat} (kPa)	C (kPa)	ϕ (°)
Conglomerado	21.0	22.0	47.62	40.64
Finos	17.0	18.0	18.50	34.80

Falla global - Tipo no circular - Condición Estática



ANÁLISIS DE ESTABILIDAD

Proyecto: ANÁLISIS DE ESTABILIDAD PARA LA DETERMINACIÓN DEL RIESGO POR DESLIZAMIENTO DEL ACANTILADO DE LA COSTA VERDE, DISTRITO BARRANCO

Fecha: 28/03/2021

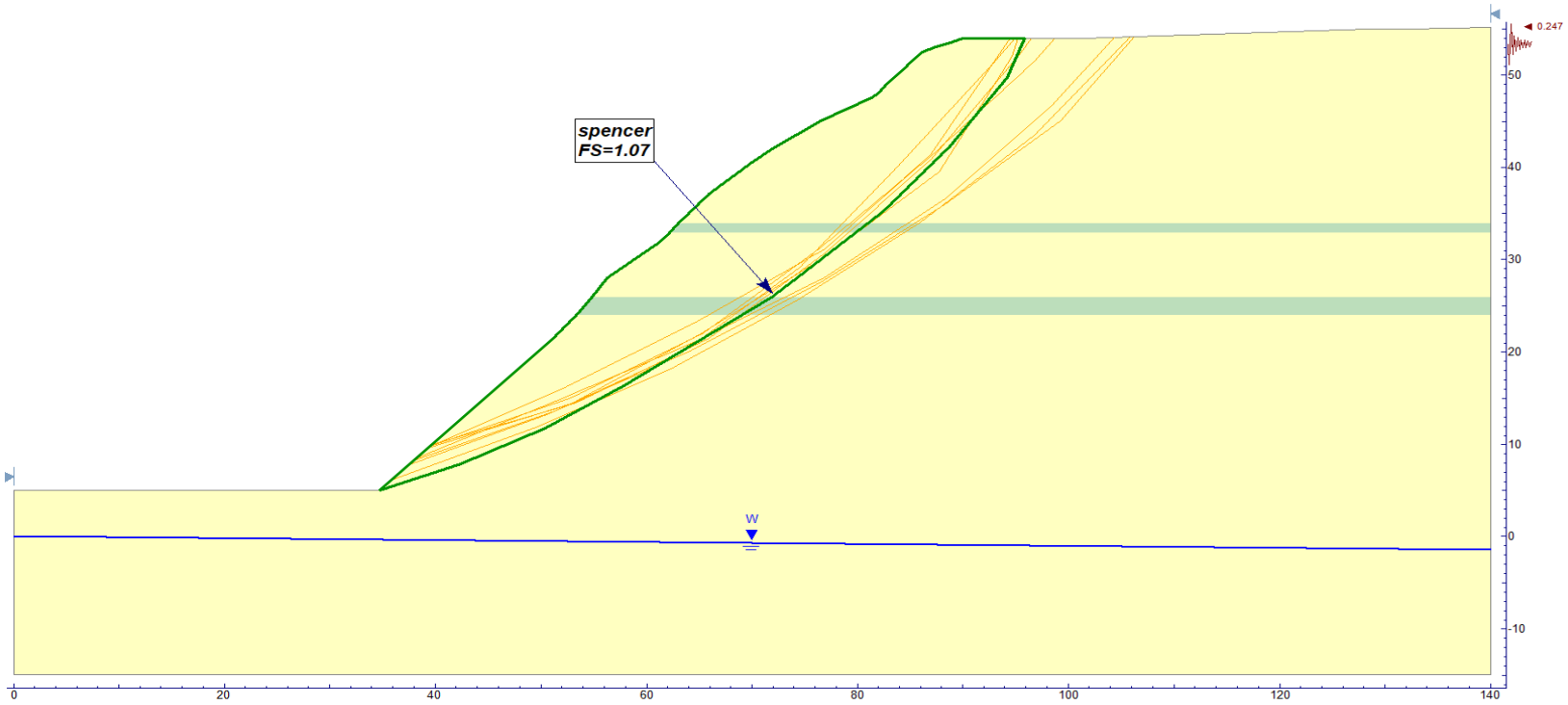
Distrito: Barranco

Sección: S014

Elaborado por: BSR ; LVH

Material	γ_{Nat} (kPa)	γ_{Sat} (kPa)	C (kPa)	ϕ (°)
Conglomerado	21.0	22.0	47.62	40.64
Finos	17.0	18.0	18.50	34.80

Falla global - Tipo no circular - Condición Pseudo Estática



ANÁLISIS DE ESTABILIDAD

Proyecto: ANÁLISIS DE ESTABILIDAD PARA LA DETERMINACIÓN DEL RIESGO POR DESLIZAMIENTO DEL ACANTILADO DE LA COSTA VERDE, DISTRITO BARRANCO

Fecha: 28/03/2021

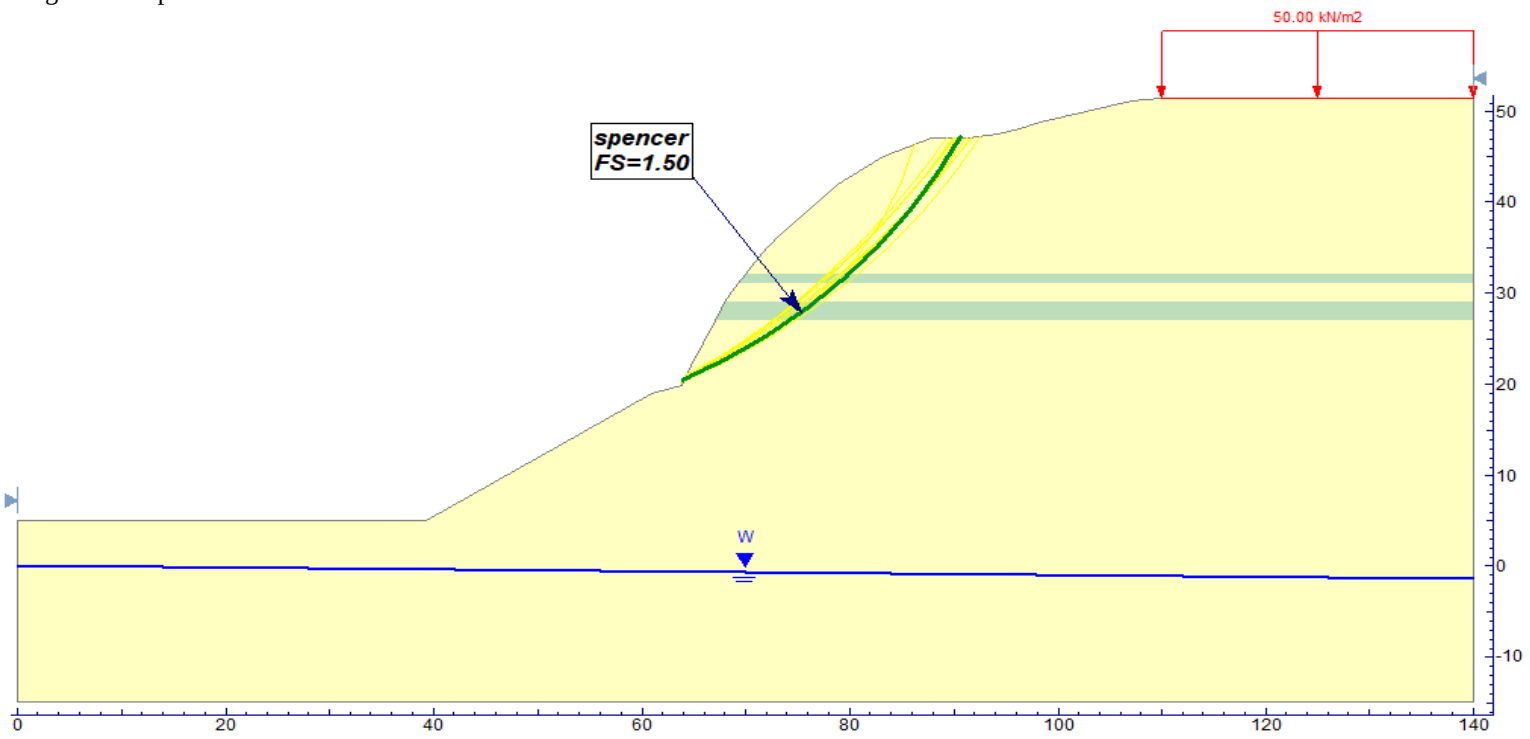
Distrito: Barranco

Sección: S015

Elaborado por: BSR ; LVH

Material	γ_{Nat} (kPa)	γ_{Sat} (kPa)	C (kPa)	ϕ (°)
Conglomerado	21.0	22.0	47.62	40.64
Finos	17.0	18.0	18.50	34.80

Falla global - Tipo circular - Condición Estática



ANÁLISIS DE ESTABILIDAD

Proyecto: ANÁLISIS DE ESTABILIDAD PARA LA DETERMINACIÓN DEL RIESGO POR DESLIZAMIENTO DEL ACANTILADO DE LA COSTA VERDE, DISTRITO BARRANCO

Fecha: 28/03/2021

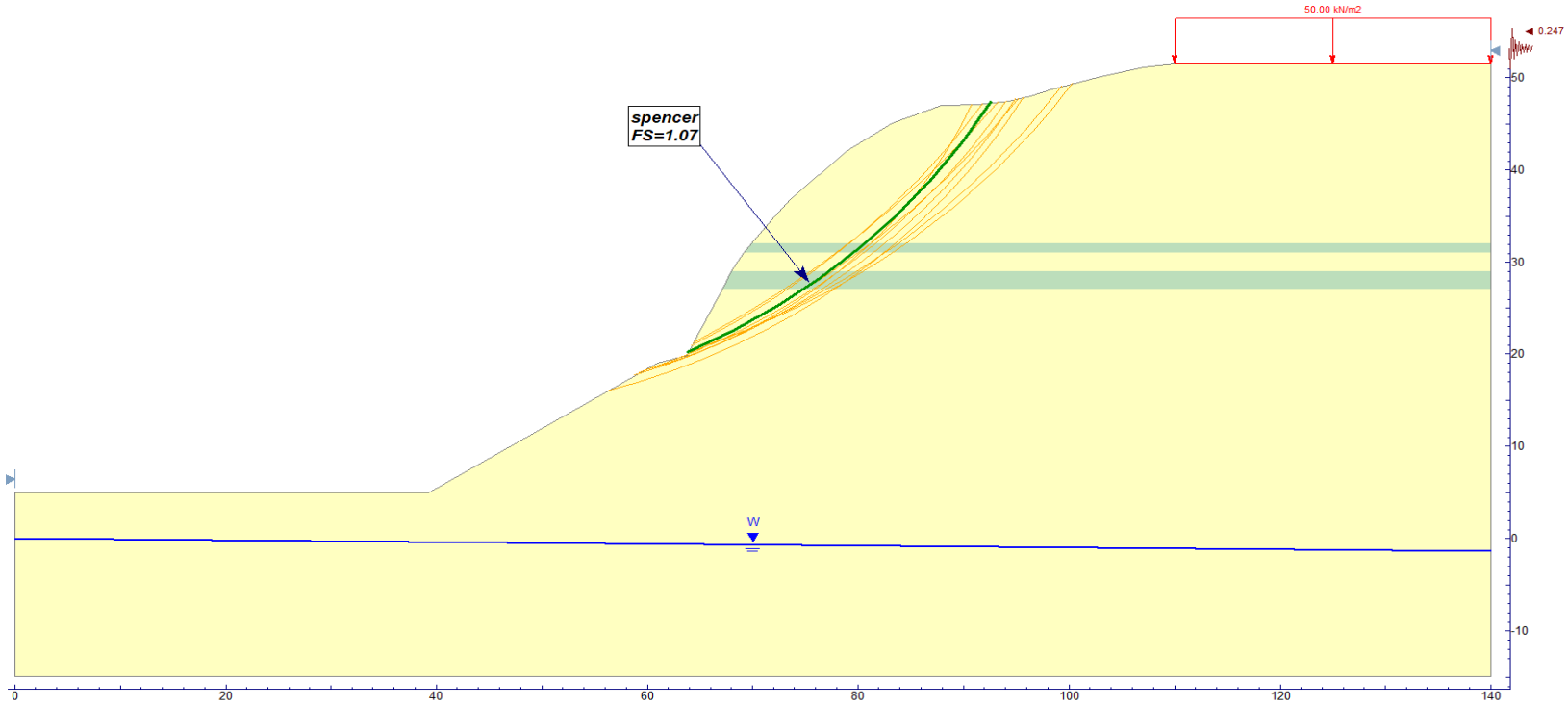
Distrito: Barranco

Sección: S015

Elaborado por: BSR ; LVH

Material	γ_{Nat} (kPa)	γ_{Sat} (kPa)	C (kPa)	ϕ (°)
Conglomerado	21.0	22.0	47.62	40.64
Finos	17.0	18.0	18.50	34.80

Falla global - Tipo circular - Condición Pseudo Estática



ANÁLISIS DE ESTABILIDAD

Proyecto: ANÁLISIS DE ESTABILIDAD PARA LA DETERMINACIÓN DEL RIESGO POR DESLIZAMIENTO DEL ACANTILADO DE LA COSTA VERDE, DISTRITO BARRANCO

Fecha: 28/03/2021

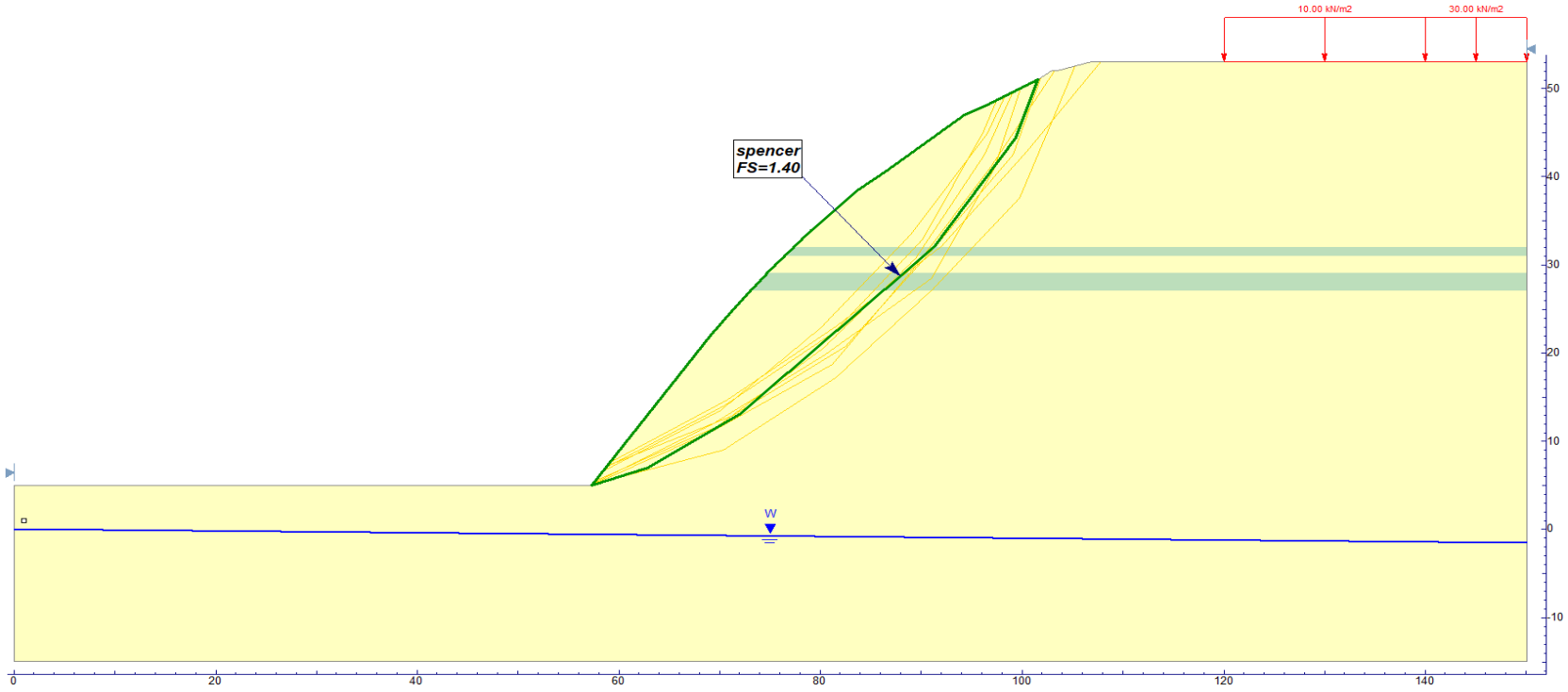
Distrito: Barranco

Sección: S016A

Elaborado por: BSR ; LVH

Material	γ_{Nat} (kPa)	γ_{Sat} (kPa)	C (kPa)	ϕ (°)
Conglomerado	21.0	22.0	47.62	40.64
Finos	17.0	18.0	18.50	34.80

Falla global - Tipo no circular - Condición Estática



ANÁLISIS DE ESTABILIDAD

Proyecto: ANÁLISIS DE ESTABILIDAD PARA LA DETERMINACIÓN DEL RIESGO POR DESLIZAMIENTO DEL ACANTILADO DE LA COSTA VERDE, DISTRITO BARRANCO

Fecha: 28/03/2021

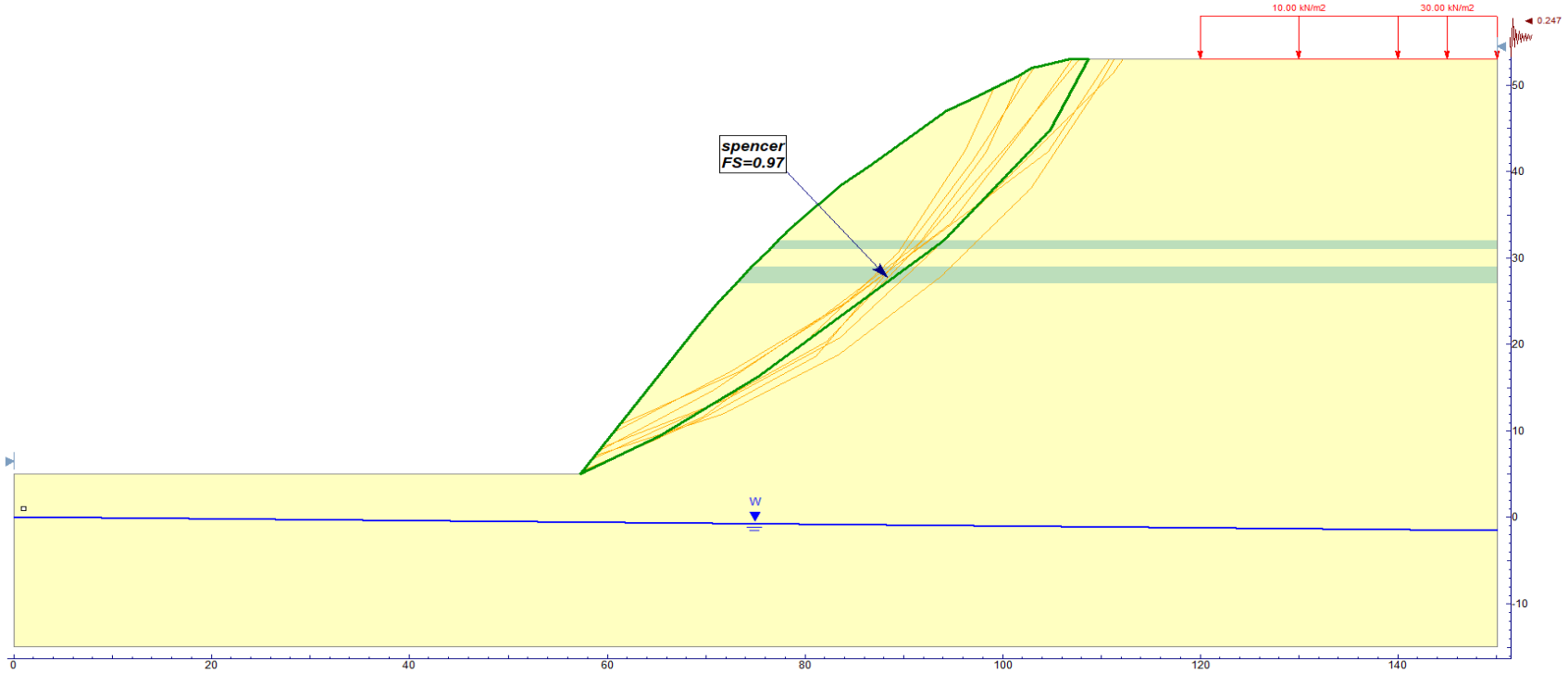
Distrito: Barranco

Sección: S016A

Elaborado por: BSR ; LVH

Material	γ_{Nat} (kPa)	γ_{Sat} (kPa)	C (kPa)	ϕ (°)
Conglomerado	21.0	22.0	47.62	40.64
Finos	17.0	18.0	18.50	34.80

Falla global - Tipo no circular - Condición Pseudo Estática



ANÁLISIS DE ESTABILIDAD

Proyecto: ANÁLISIS DE ESTABILIDAD PARA LA DETERMINACIÓN DEL RIESGO POR DESLIZAMIENTO DEL ACANTILADO DE LA COSTA VERDE, DISTRITO BARRANCO

Fecha: 28/03/2021

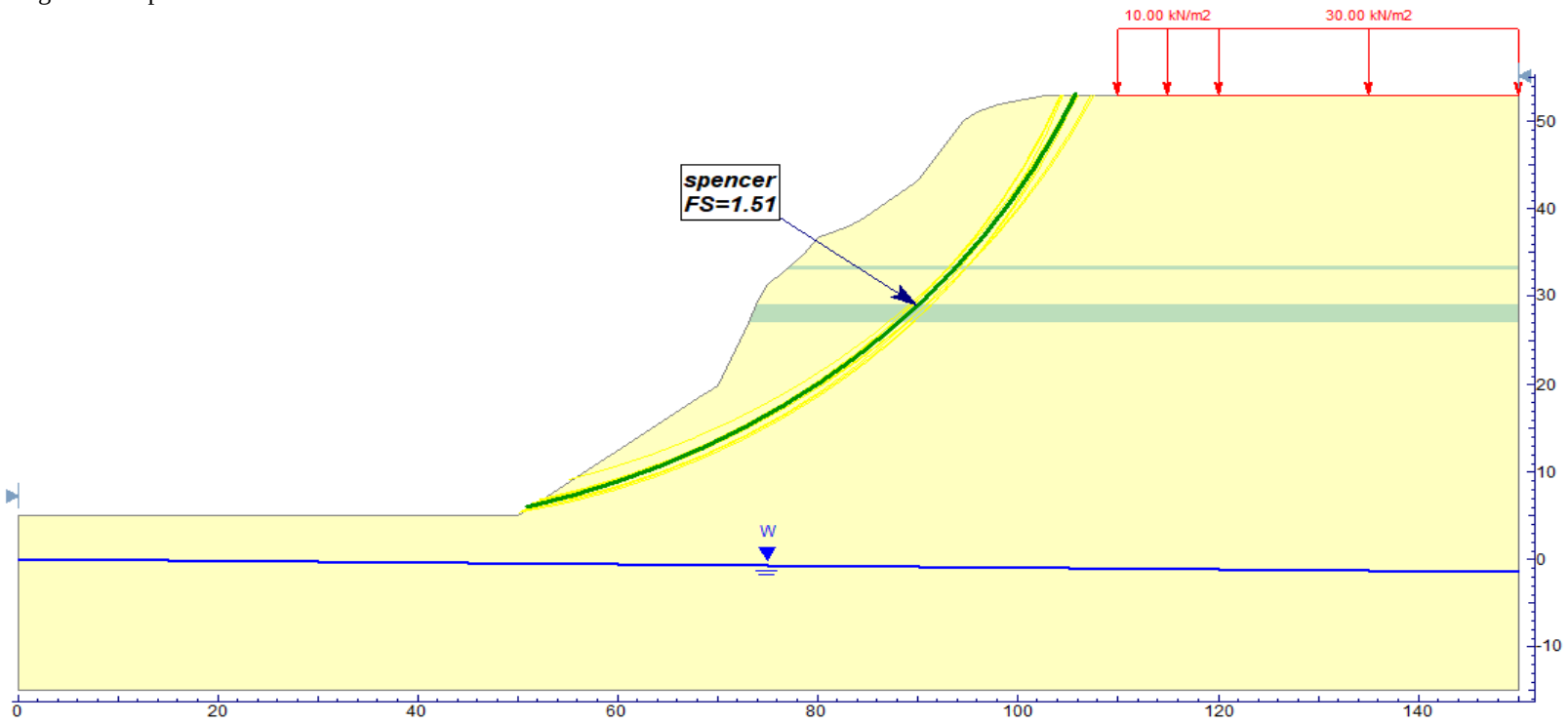
Distrito: Barranco

Sección: S016B

Elaborado por: BSR ; LVH

Material	γ_{Nat} (kPa)	γ_{Sat} (kPa)	C (kPa)	ϕ (°)
Conglomerado	21.0	22.0	47.62	40.64
Finos	17.0	18.0	18.50	34.80

Falla global - Tipo circular - Condición Estática



ANÁLISIS DE ESTABILIDAD

Proyecto: ANÁLISIS DE ESTABILIDAD PARA LA DETERMINACIÓN DEL RIESGO POR DESLIZAMIENTO DEL ACANTILADO DE LA COSTA VERDE, DISTRITO BARRANCO

Fecha: 28/03/2021

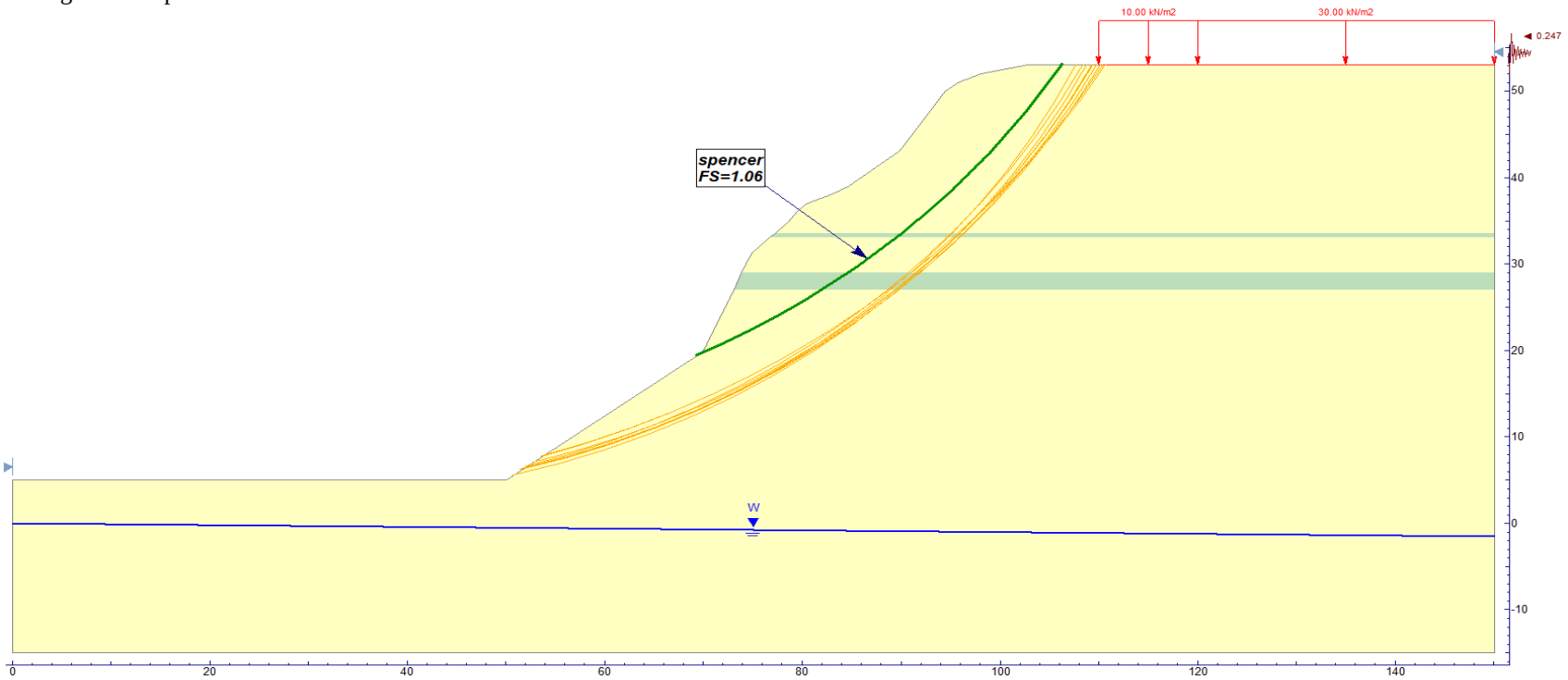
Distrito: Barranco

Sección: S016B

Elaborado por: BSR ; LVH

Material	γ_{Nat} (kPa)	γ_{Sat} (kPa)	C (kPa)	ϕ (°)
Conglomerado	21.0	22.0	47.62	40.64
Finos	17.0	18.0	18.50	34.80

Falla global - Tipo circular - Condición Pseudo Estática



ANÁLISIS DE ESTABILIDAD

Proyecto: ANÁLISIS DE ESTABILIDAD PARA LA DETERMINACIÓN DEL RIESGO POR DESLIZAMIENTO DEL ACANTILADO DE LA COSTA VERDE, DISTRITO BARRANCO

Fecha: 28/03/2021

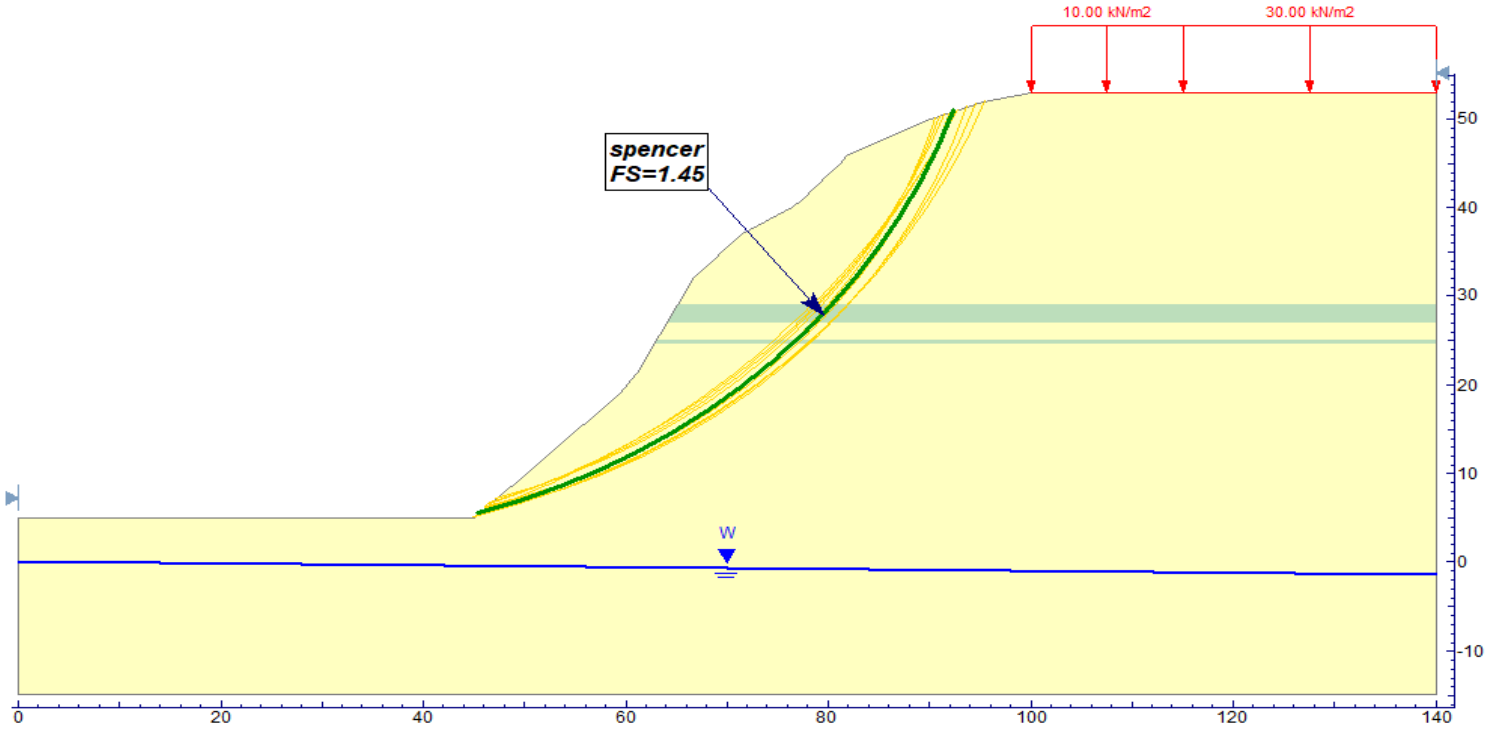
Distrito: Barranco

Sección: S017A

Elaborado por: BSR ; LVH

Material	γ_{Nat} (kPa)	γ_{Sat} (kPa)	C (kPa)	ϕ (°)
Conglomerado	21.0	22.0	47.62	40.64
Finos	17.0	18.0	18.50	34.80

Falla global - Tipo circular - Condición Estática



ANÁLISIS DE ESTABILIDAD

Proyecto: ANÁLISIS DE ESTABILIDAD PARA LA DETERMINACIÓN DEL RIESGO POR DESLIZAMIENTO DEL ACANTILADO DE LA COSTA VERDE, DISTRITO BARRANCO

Fecha: 28/03/2021

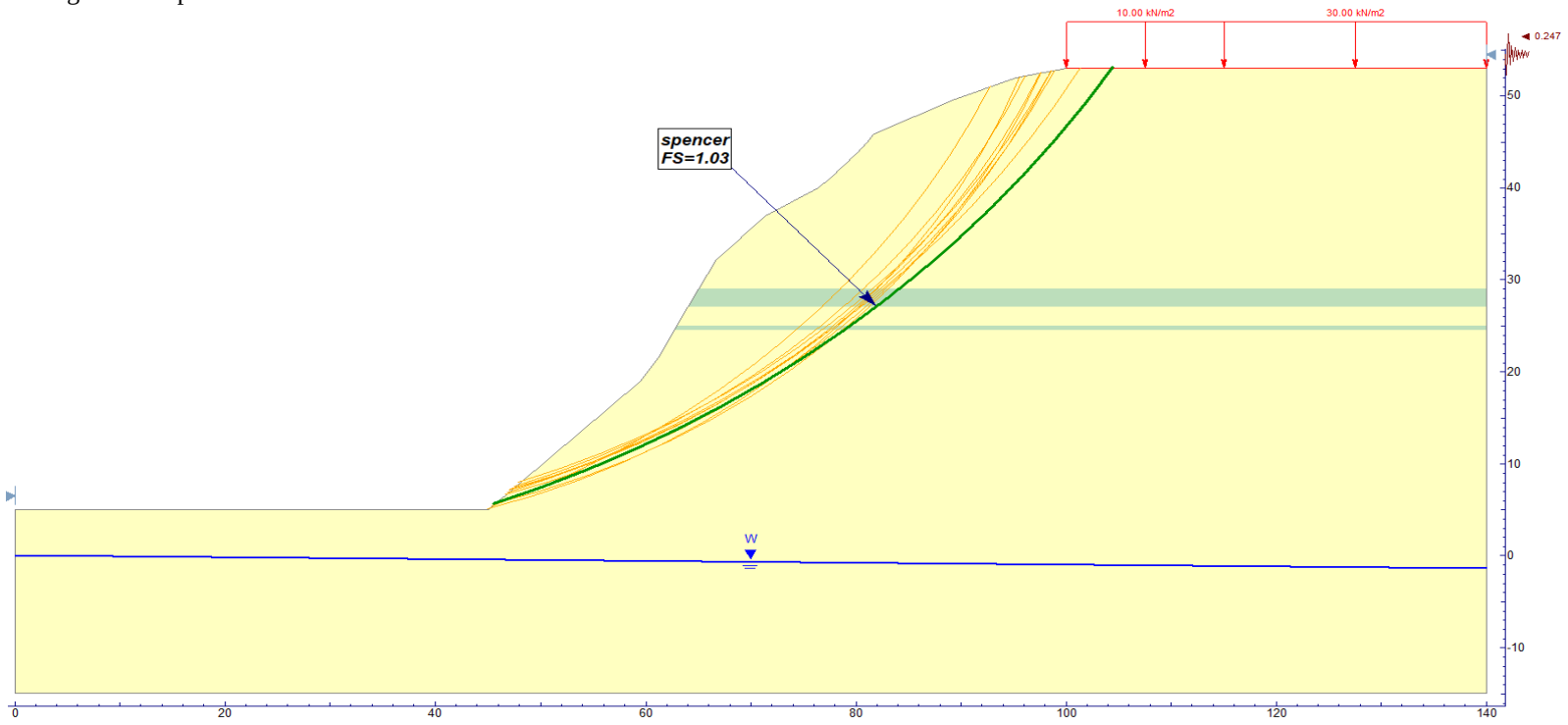
Distrito: Barranco

Sección: S017A

Elaborado por: BSR ; LVH

Material	γ_{Nat} (kPa)	γ_{Sat} (kPa)	C (kPa)	ϕ (°)
Conglomerado	21.0	22.0	47.62	40.64
Finos	17.0	18.0	18.50	34.80

Falla global - Tipo circular - Condición Pseudo Estática



ANÁLISIS DE ESTABILIDAD

Proyecto: ANÁLISIS DE ESTABILIDAD PARA LA DETERMINACIÓN DEL RIESGO POR DESLIZAMIENTO DEL ACANTILADO DE LA COSTA VERDE, DISTRITO BARRANCO

Fecha: 28/03/2021

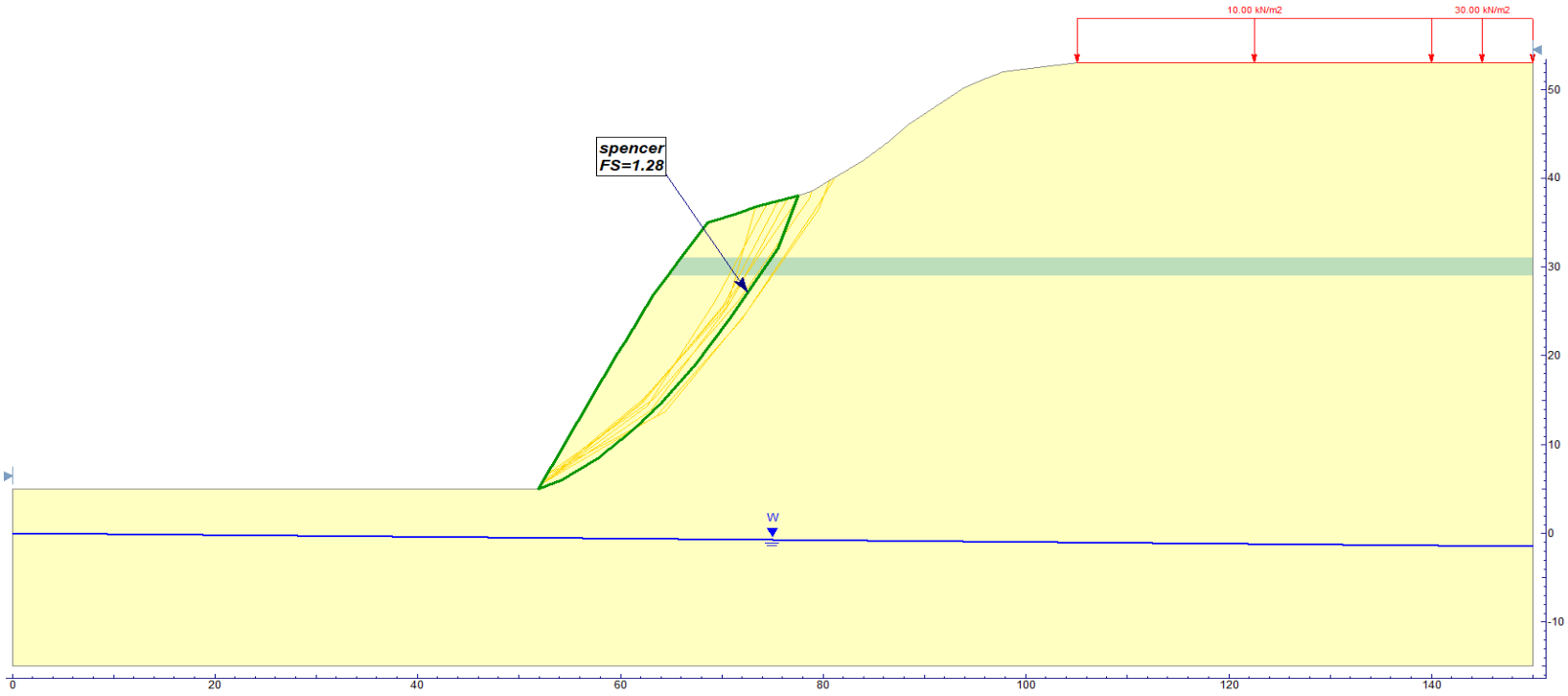
Distrito: Barranco

Sección: S017B

Elaborado por: BSR ; LVH

Material	γ_{Nat} (kPa)	γ_{Sat} (kPa)	C (kPa)	ϕ (°)
Conglomerado	21.0	22.0	47.62	40.64
Finos	17.0	18.0	18.50	34.80

Falla global - Tipo no circular - Condición Estática



ANÁLISIS DE ESTABILIDAD

Proyecto: ANÁLISIS DE ESTABILIDAD PARA LA DETERMINACIÓN DEL RIESGO POR DESLIZAMIENTO DEL ACANTILADO DE LA COSTA VERDE, DISTRITO BARRANCO

Fecha: 28/03/2021

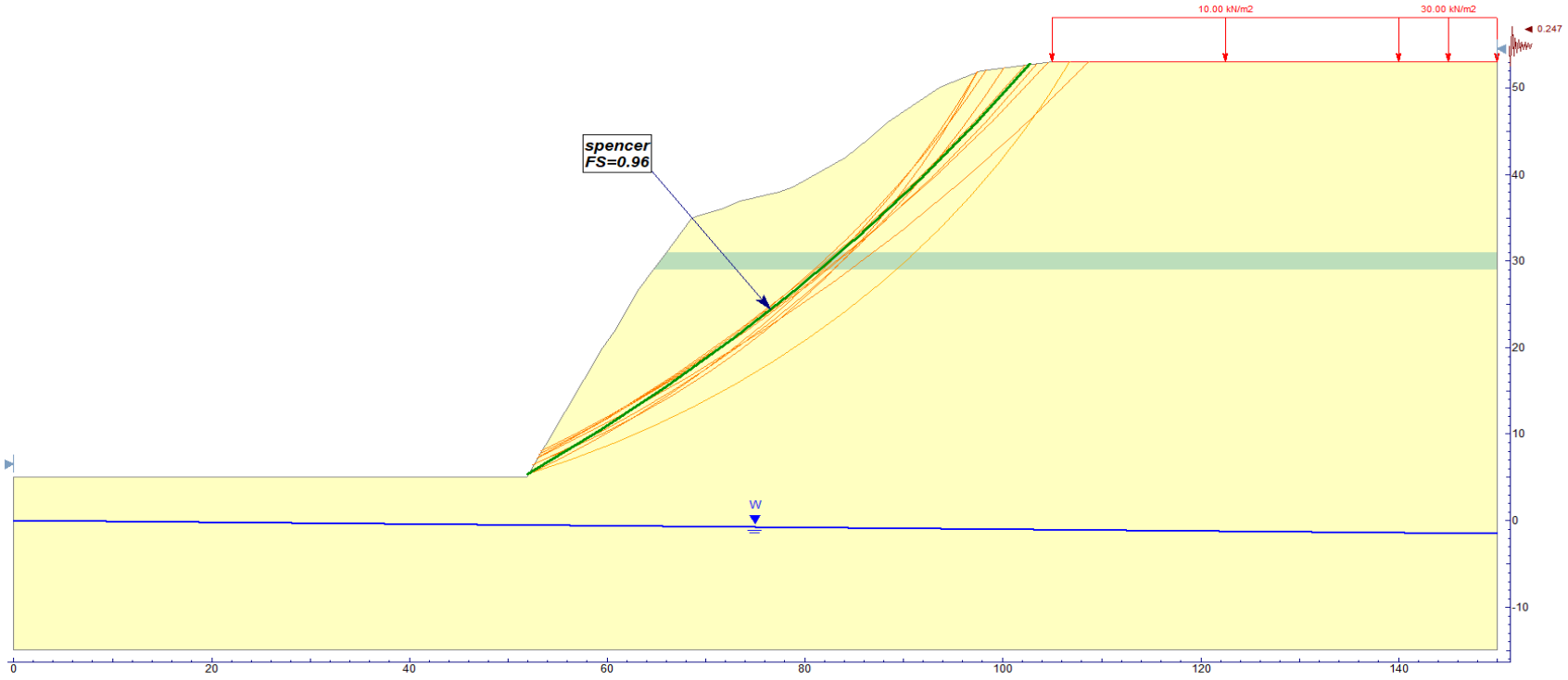
Distrito: Barranco

Sección: S017B

Elaborado por: BSR ; LVH

Material	γ_{Nat} (kPa)	γ_{Sat} (kPa)	C (kPa)	ϕ (°)
Conglomerado	21.0	22.0	47.62	40.64
Finos	17.0	18.0	18.50	34.80

Falla global - Tipo circular - Condición Pseudo Estática



Anexo C.1.2. Análisis de Runout

ANÁLISIS DE RUNOUT

Proyecto: ANÁLISIS DE ESTABILIDAD PARA LA DETERMINACIÓN DEL RIESGO POR DESLIZAMIENTO DEL ACANTILADO DE LA COSTA VERDE, DISTRITO BARRANCO

Fecha: 28/03/2021

Distrito: Barranco

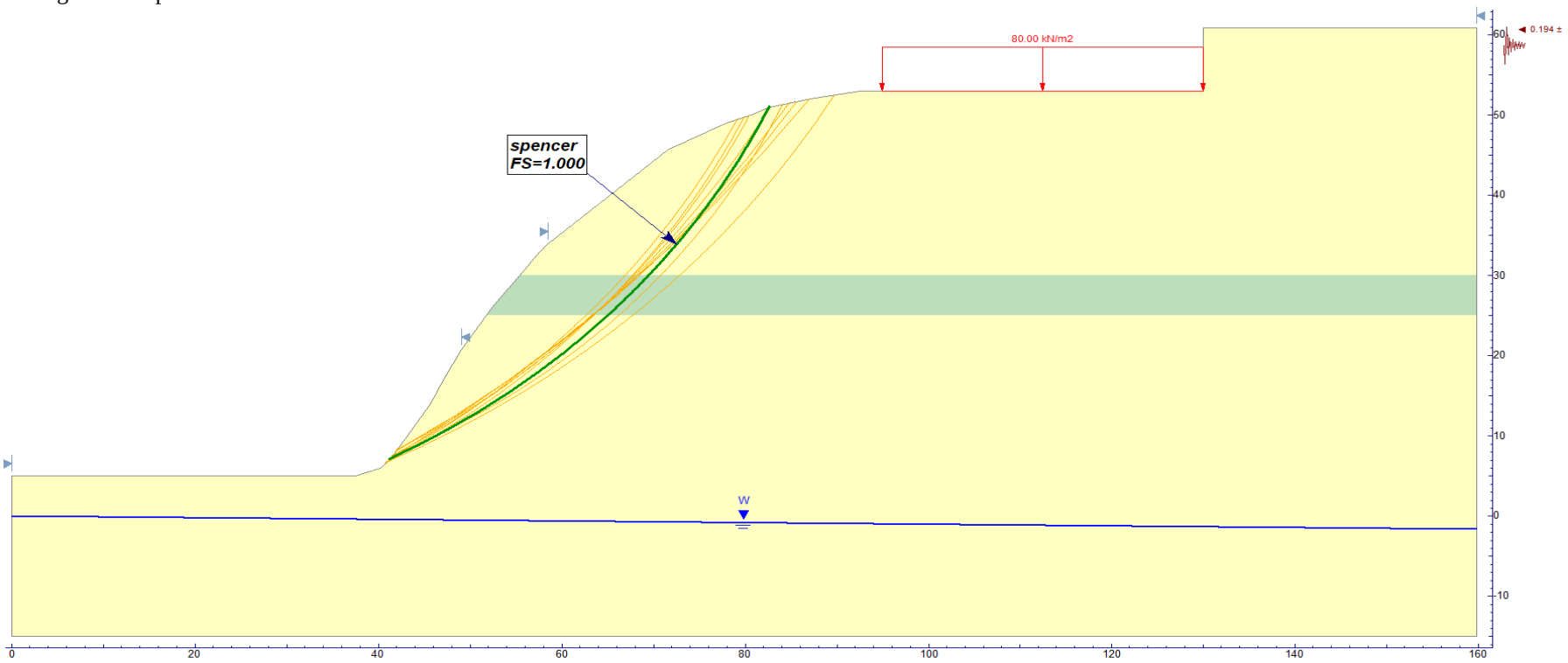
Sección: S001

Elaborado por: BSR ; LVH

Material	γ_{Nat} (kPa)	γ_{Sat} (kPa)	C (kPa)	ϕ (°)
Conglomerado	21.0	22.0	47.62	40.64
Finos	17.0	18.0	18.50	34.80

Ky = 0.194

Falla global - Tipo circular



ANÁLISIS DE RUNOUT

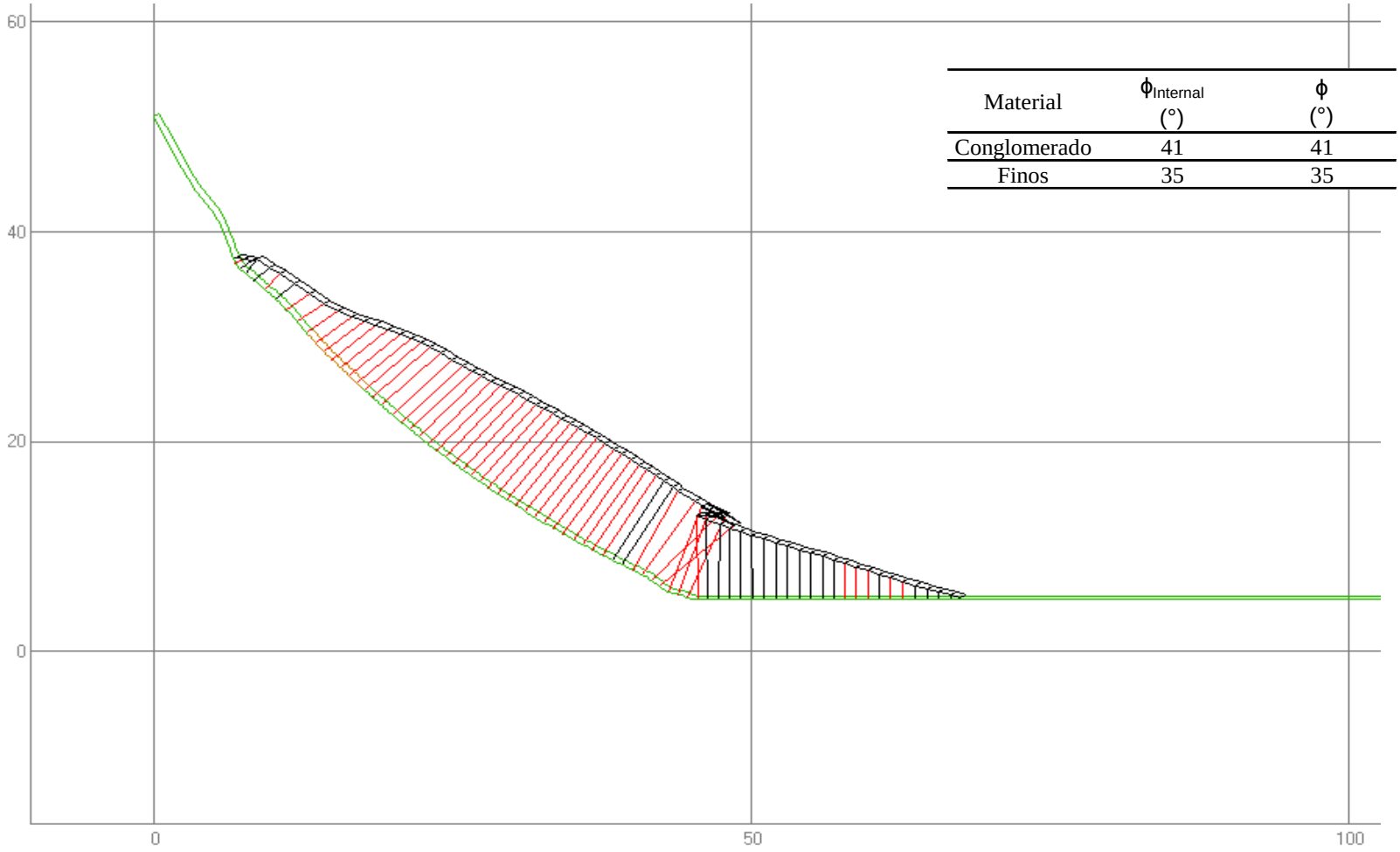
Proyecto: ANÁLISIS DE ESTABILIDAD PARA LA DETERMINACIÓN DEL RIESGO POR DESLIZAMIENTO DEL ACANTILADO DE LA COSTA VERDE, DISTRITO BARRANCO

Fecha: 28/03/2021

Distrito: Barranco

Sección: S001

Elaborado por: BSR ; LVH



Material	$\phi_{Internal}$ (°)	ϕ (°)
Conglomerado	41	41
Finos	35	35

Geometría: Normal

Desplazamiento: 26.09 m

ANÁLISIS DE RUNOUT

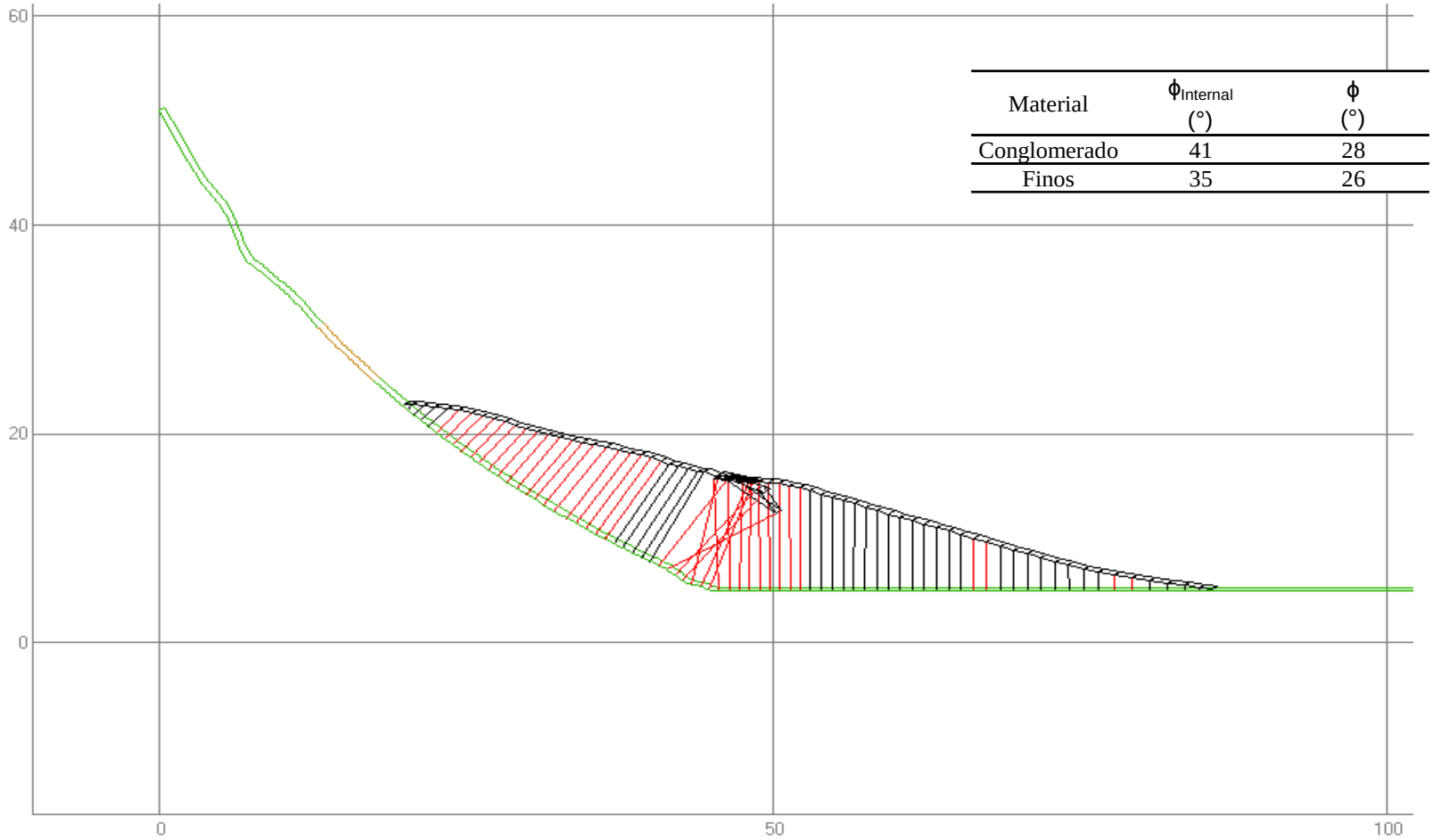
Proyecto: ANÁLISIS DE ESTABILIDAD PARA LA DETERMINACIÓN DEL RIESGO POR DESLIZAMIENTO DEL ACANTILADO DE LA COSTA VERDE, DISTRITO BARRANCO

Fecha: 28/03/2021

Distrito: Barranco

Sección: S001

Elaborado por: BSR ; LVH



Material	$\phi_{Internal}$ (°)	ϕ (°)
Conglomerado	41	28
Finos	35	26

Geometría: Normal

Desplazamiento: 44.33 m

ANÁLISIS DE RUNOUT

Proyecto: ANÁLISIS DE ESTABILIDAD PARA LA DETERMINACIÓN DEL RIESGO POR DESLIZAMIENTO DEL ACANTILADO DE LA COSTA VERDE, DISTRITO BARRANCO

Fecha: 28/03/2021

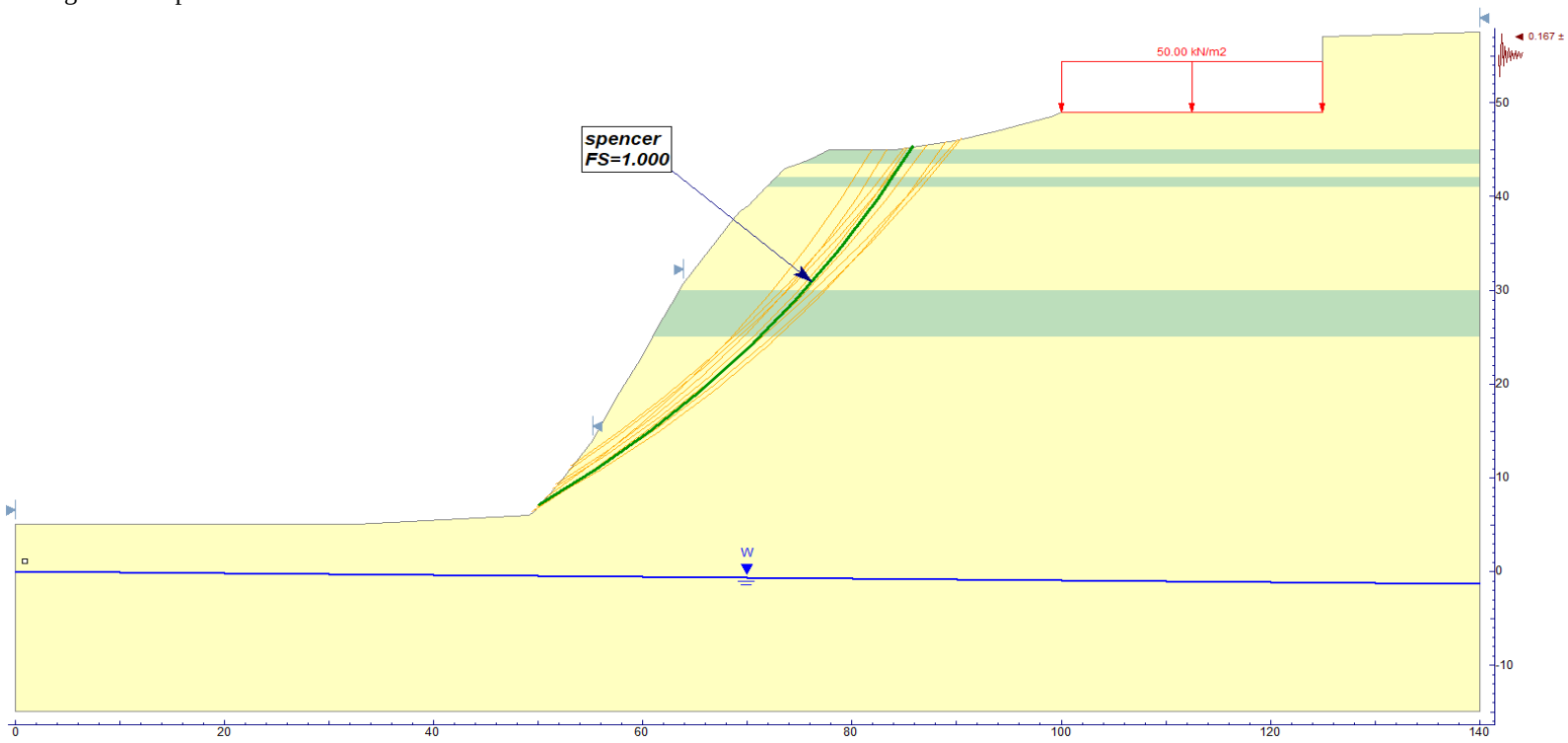
Distrito: Barranco **Sección:** S004

Elaborado por: BSR ; LVH

Material	γ_{Nat} (kPa)	γ_{Sat} (kPa)	C (kPa)	ϕ (°)
Conglomerado	21.0	22.0	47.62	40.64
Finos	17.0	18.0	18.50	34.80

Ky = 0.167

Falla global - Tipo circular



ANÁLISIS DE RUNOUT

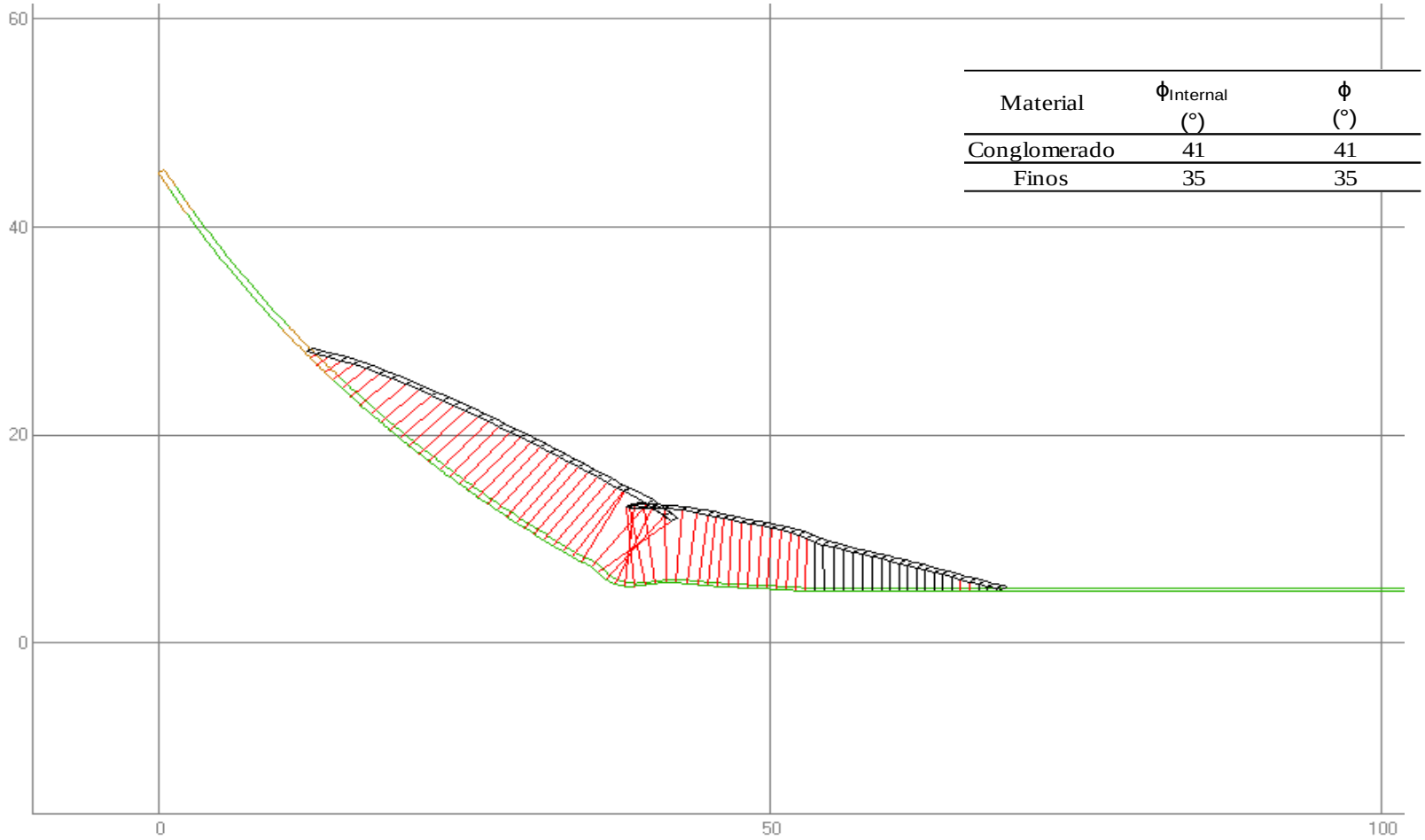
Proyecto: ANÁLISIS DE ESTABILIDAD PARA LA DETERMINACIÓN DEL RIESGO POR DESLIZAMIENTO DEL ACANTILADO DE LA COSTA VERDE, DISTRITO BARRANCO

Fecha: 28/03/2021

Distrito: Barranco

Sección: S004

Elaborado por: BSR ; LVH



Material	$\phi_{Internal}$ (°)	ϕ (°)
Conglomerado	41	41
Finos	35	35

Geometría: Normal

Desplazamiento: 33.28 m

ANÁLISIS DE RUNOUT

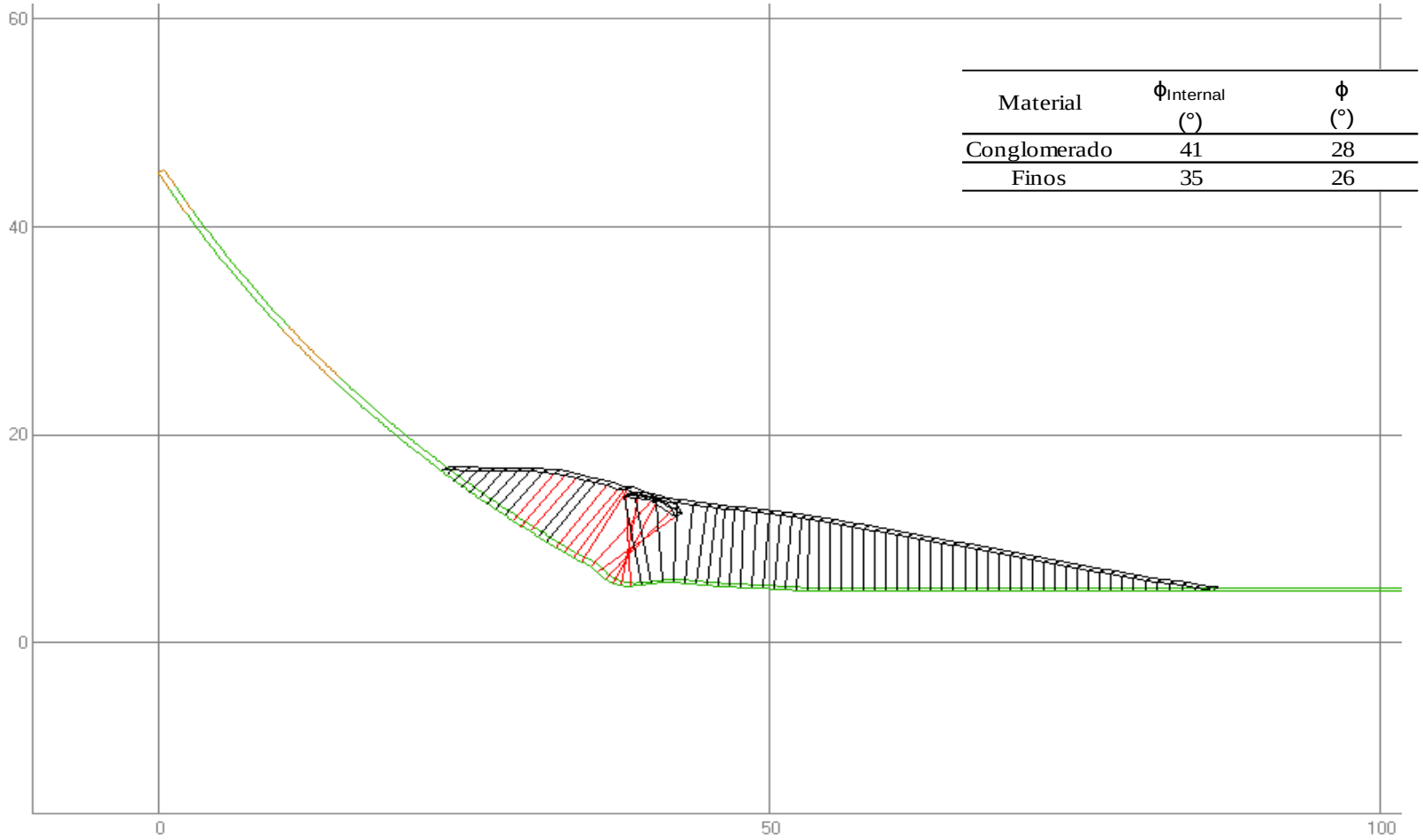
Proyecto: ANÁLISIS DE ESTABILIDAD PARA LA DETERMINACIÓN DEL RIESGO POR DESLIZAMIENTO DEL ACANTILADO DE LA COSTA VERDE, DISTRITO BARRANCO

Fecha: 28/03/2021

Distrito: Barranco

Sección: S004

Elaborado por: BSR ; LVH



Material	$\phi_{Internal}$ (°)	ϕ (°)
Conglomerado	41	28
Finos	35	26

Geometría: Normal

Desplazamiento: m

ANÁLISIS DE RUNOUT

Proyecto: ANÁLISIS DE ESTABILIDAD PARA LA DETERMINACIÓN DEL RIESGO POR DESLIZAMIENTO DEL ACANTILADO DE LA COSTA VERDE, DISTRITO BARRANCO

Fecha: 28/03/2021

Distrito: Barranco

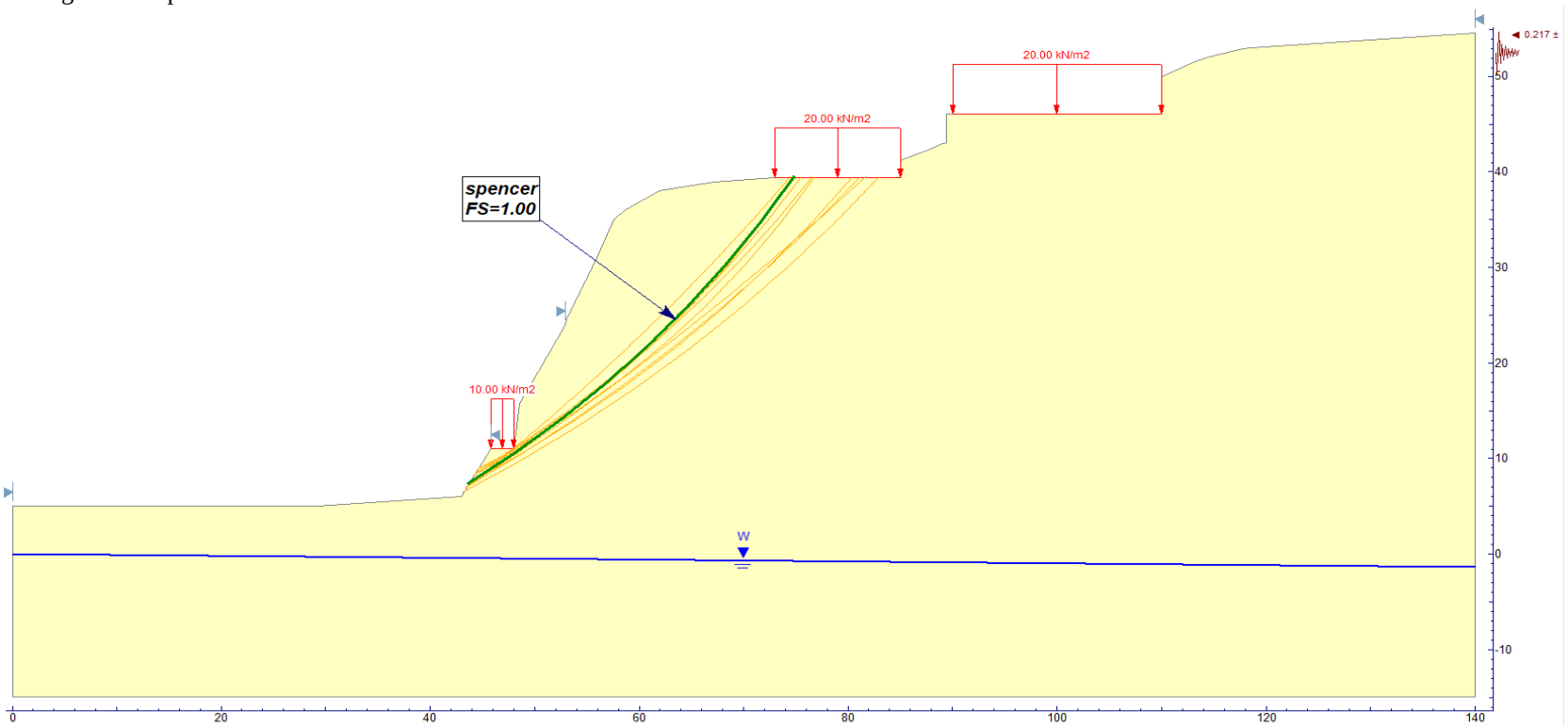
Sección: S005

Elaborado por: BSR ; LVH

Material	γ_{Nat} (kPa)	γ_{Sat} (kPa)	C (kPa)	ϕ (°)
Conglomerado	21.0	22.0	47.62	40.64
Finos	17.0	18.0	18.50	34.80

Ky = 0.217

Falla global - Tipo circular



ANÁLISIS DE RUNOUT

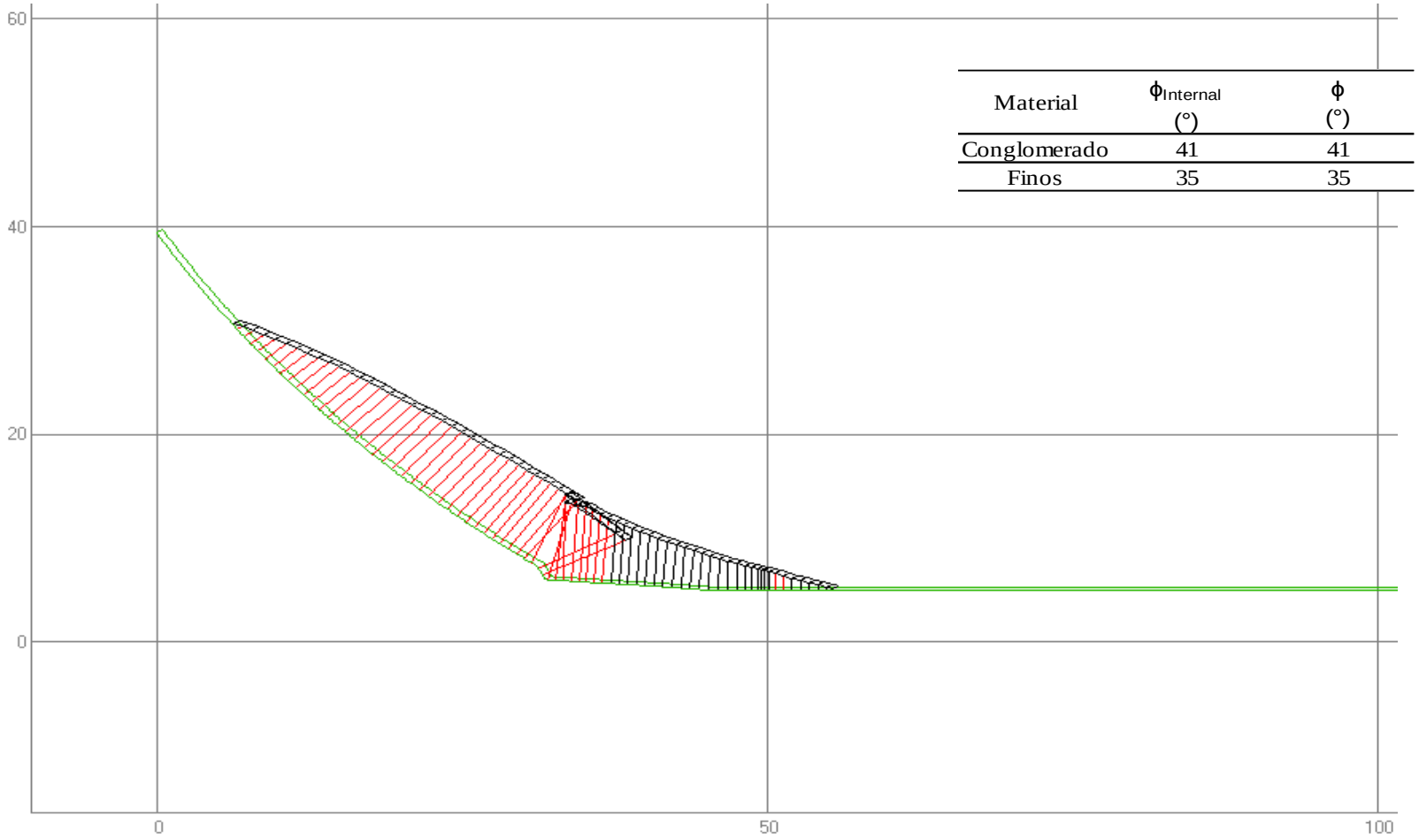
Proyecto: ANÁLISIS DE ESTABILIDAD PARA LA DETERMINACIÓN DEL RIESGO POR DESLIZAMIENTO DEL ACANTILADO DE LA COSTA VERDE, DISTRITO BARRANCO

Fecha: 28/03/2021

Distrito: Barranco

Sección: S005

Elaborado por: BSR ; LVH



Material	$\phi_{Internal}$ (°)	ϕ (°)
Conglomerado	41	41
Finos	35	35

Geometría: Normal

Desplazamiento: 24.19 m

ANÁLISIS DE RUNOUT

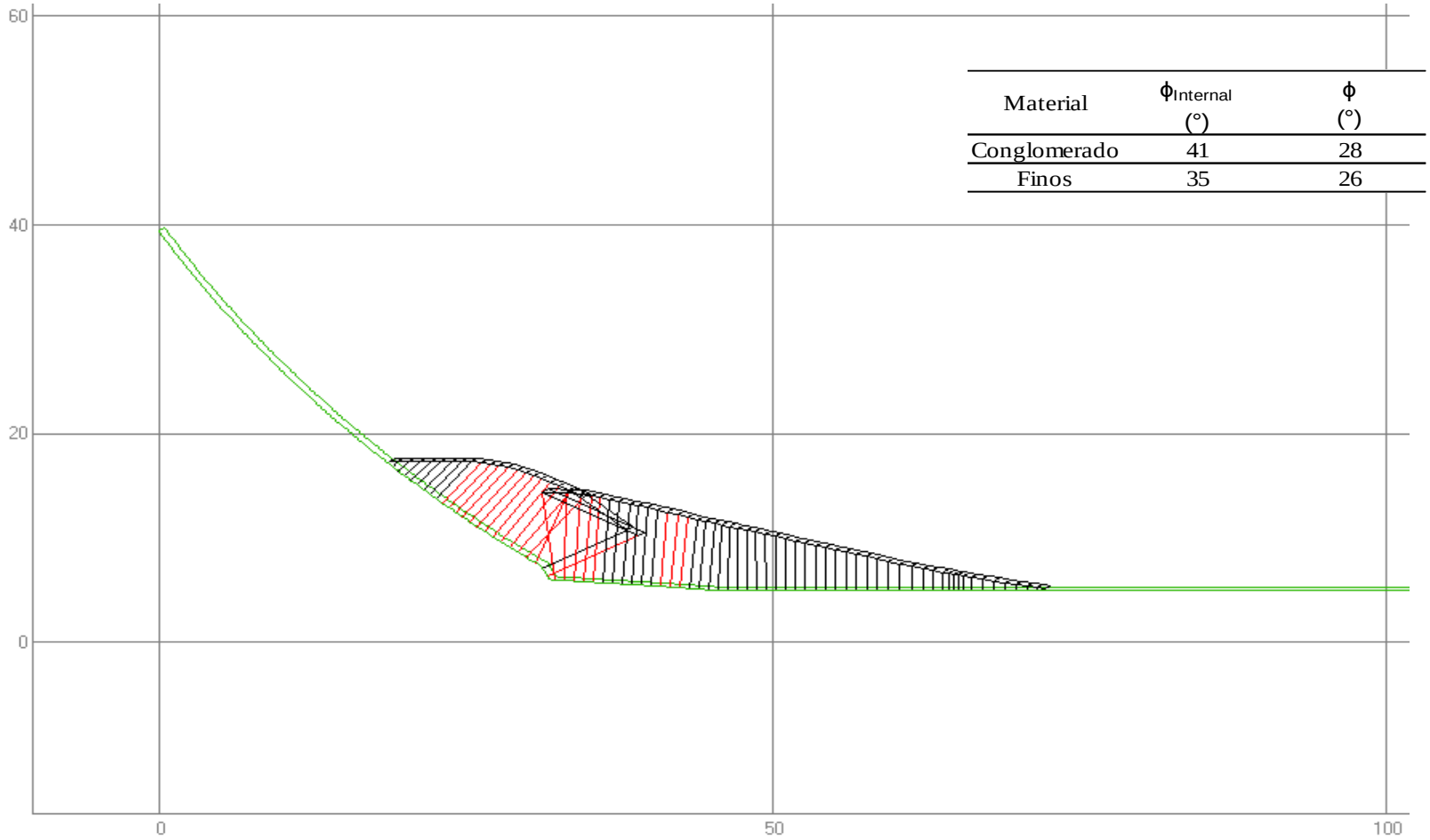
Proyecto: ANÁLISIS DE ESTABILIDAD PARA LA DETERMINACIÓN DEL RIESGO POR DESLIZAMIENTO DEL ACANTILADO DE LA COSTA VERDE, DISTRITO BARRANCO

Fecha: 28/03/2021

Distrito: Barranco

Sección: S005

Elaborado por: BSR ; LVH



Material	$\phi_{Internal}$ (°)	ϕ (°)
Conglomerado	41	28
Finos	35	26

Geometría: Normal

Desplazamiento: 41.09 m

ANÁLISIS DE RUNOUT

Proyecto: ANÁLISIS DE ESTABILIDAD PARA LA DETERMINACIÓN DEL RIESGO POR DESLIZAMIENTO DEL ACANTILADO DE LA COSTA VERDE, DISTRITO BARRANCO

Fecha: 28/03/2021

Distrito: Barranco

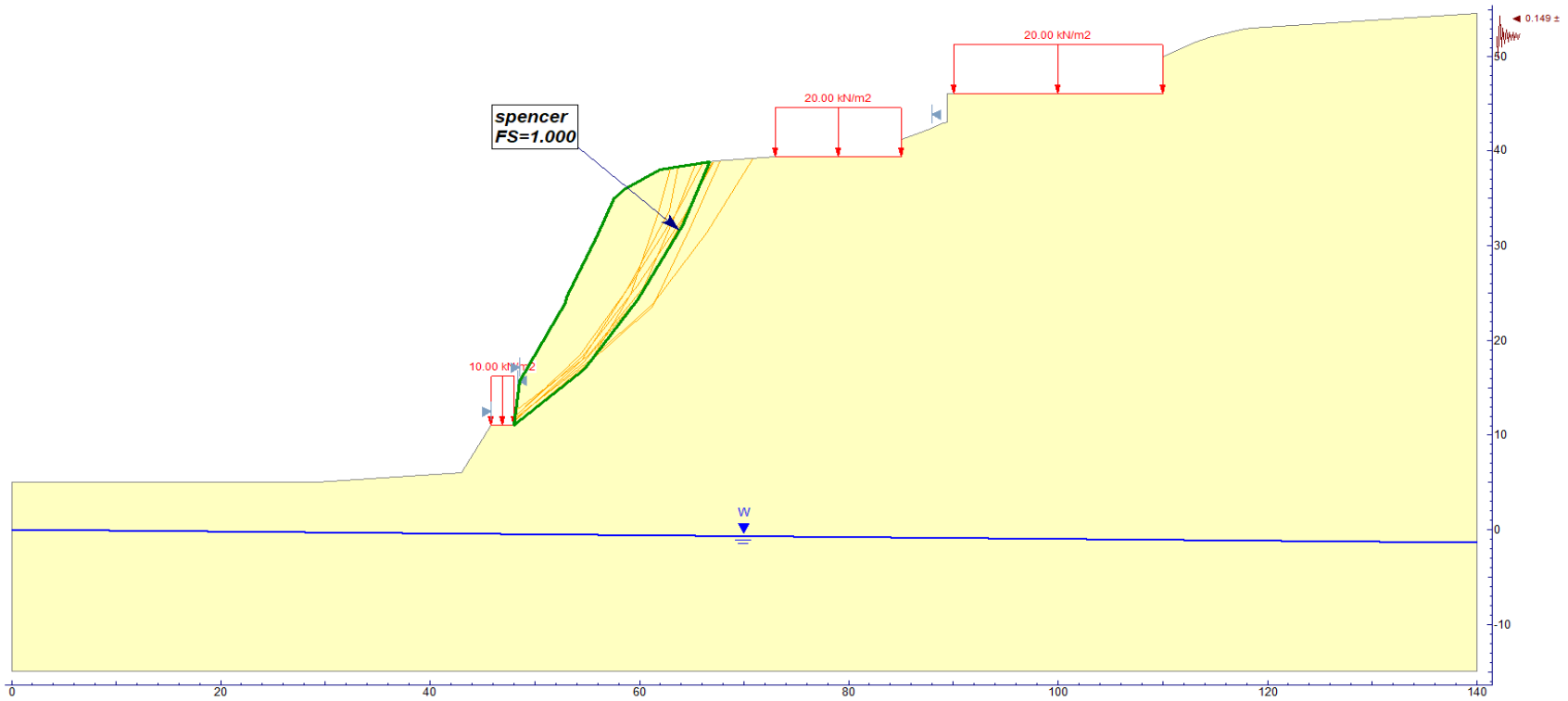
Sección: S005

Elaborado por: BSR ; LVH

Material	γ_{Nat} (kPa)	γ_{Sat} (kPa)	C (kPa)	ϕ (°)
Conglomerado	21.0	22.0	47.62	40.64
Finos	17.0	18.0	18.50	34.80

Ky = 0.149

Falla local - Tipo no circular



ANÁLISIS DE RUNOUT

Proyecto: ANÁLISIS DE ESTABILIDAD PARA LA DETERMINACIÓN DEL RIESGO POR DESLIZAMIENTO DEL ACANTILADO DE LA COSTA VERDE, DISTRITO BARRANCO

Fecha: 28/03/2021

Distrito: Barranco

Sección: S005

Elaborado por: BSR ; LVH

Material	$\phi_{Internal}$ (°)	ϕ (°)
Conglomerado	41	41
Finos	35	35

Geometría: Vertical

Desplazamiento: 29.00 m

ANÁLISIS DE RUNOUT

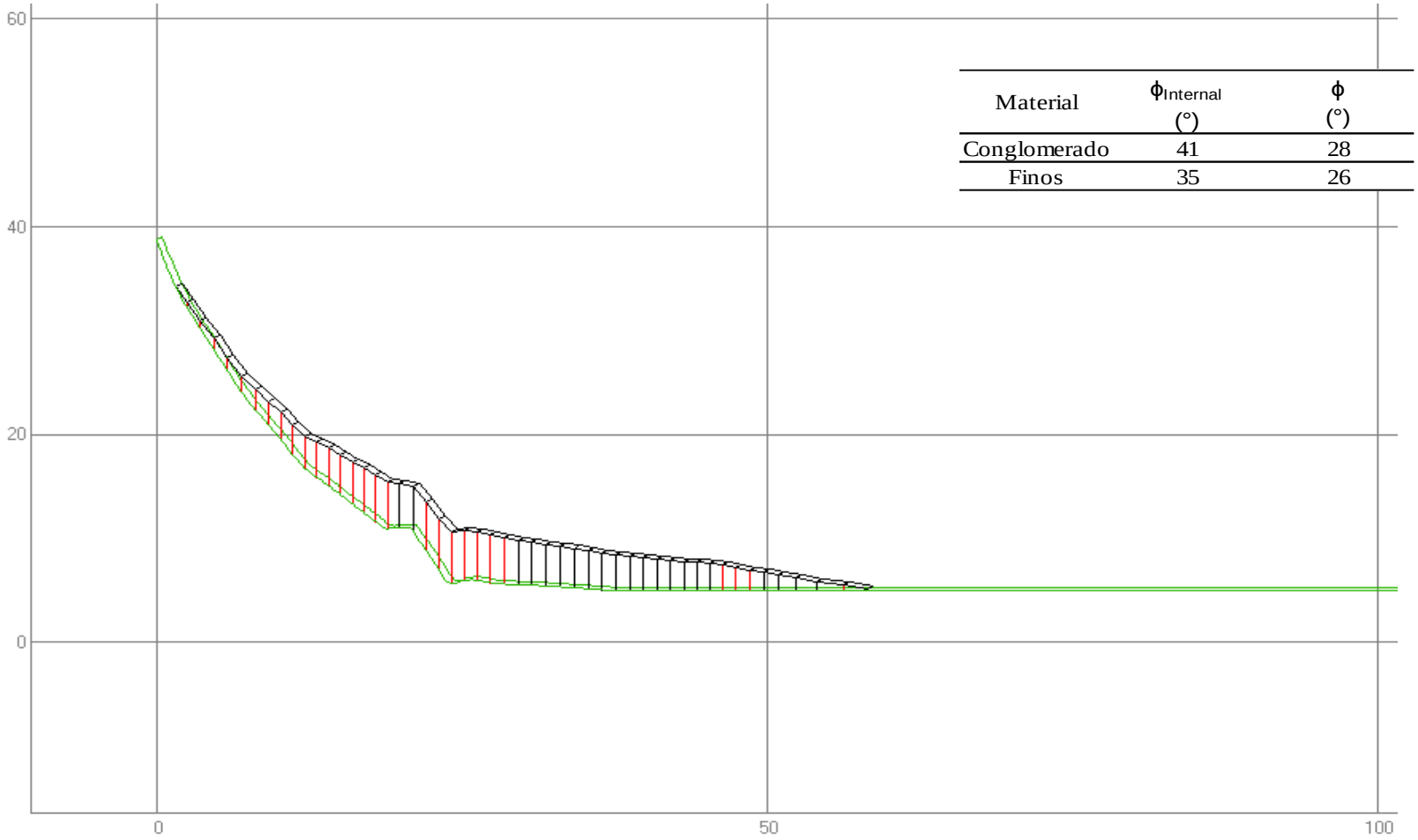
Proyecto: ANÁLISIS DE ESTABILIDAD PARA LA DETERMINACIÓN DEL RIESGO POR DESLIZAMIENTO DEL ACANTILADO DE LA COSTA VERDE, DISTRITO BARRANCO

Fecha: 28/03/2021

Distrito: Barranco

Sección: S005

Elaborado por: BSR ; LVH



Material	$\phi_{Internal}$ (°)	ϕ (°)
Conglomerado	41	28
Finos	35	26

Geometría: Vertical

Desplazamiento: 39.64 m

ANÁLISIS DE RUNOUT

Proyecto: ANÁLISIS DE ESTABILIDAD PARA LA DETERMINACIÓN DEL RIESGO POR DESLIZAMIENTO DEL ACANTILADO DE LA COSTA VERDE, DISTRITO BARRANCO

Fecha: 28/03/2021

Distrito: Barranco

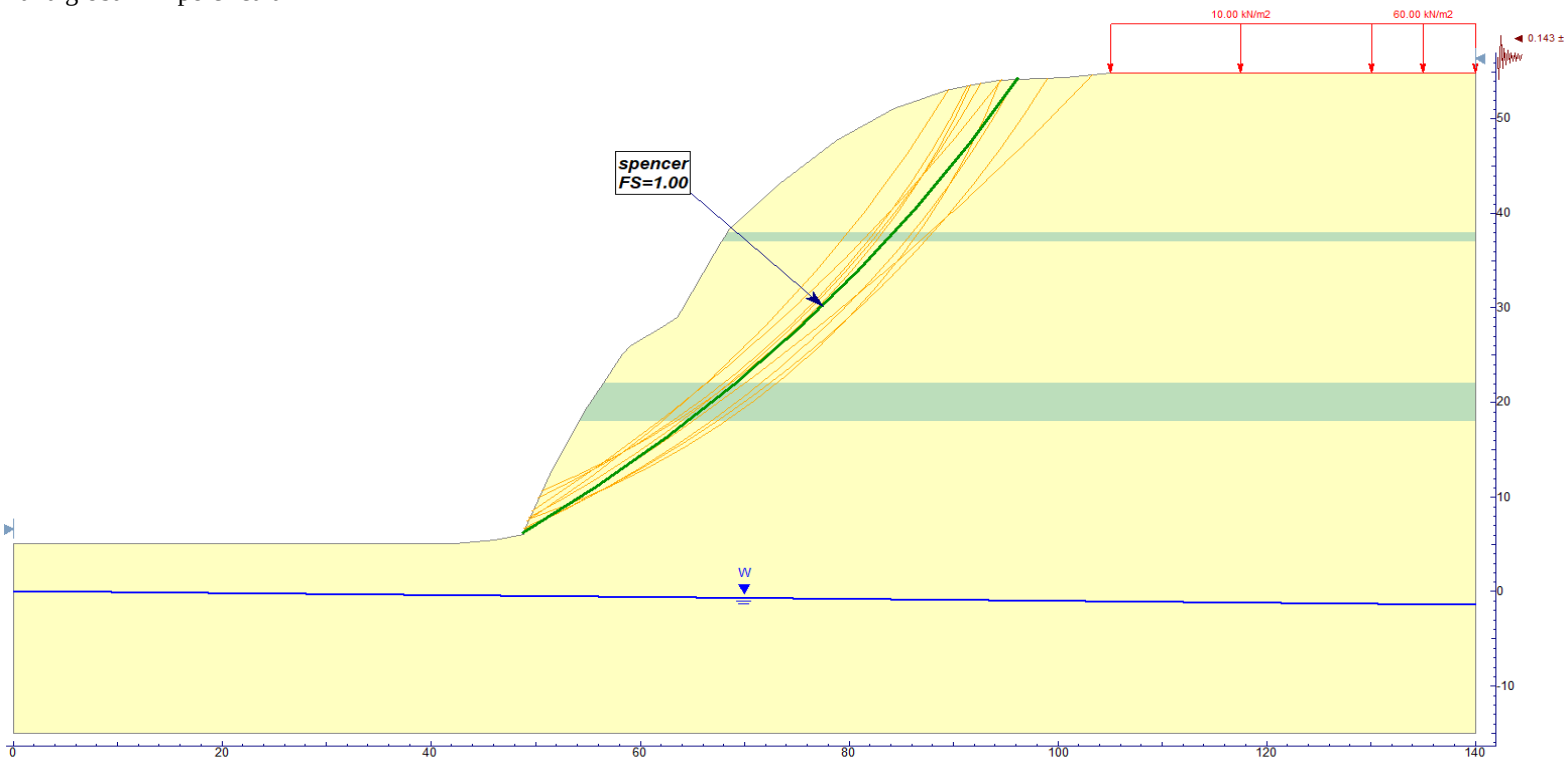
Sección: S007B

Elaborado por: BSR ; LVH

Material	γ_{Nat} (kPa)	γ_{Sat} (kPa)	C (kPa)	ϕ (°)
Conglomerado	21.0	22.0	47.62	40.64
Finos	17.0	18.0	18.50	34.80

Ky = 0.143

Falla global - Tipo circular



ANÁLISIS DE RUNOUT

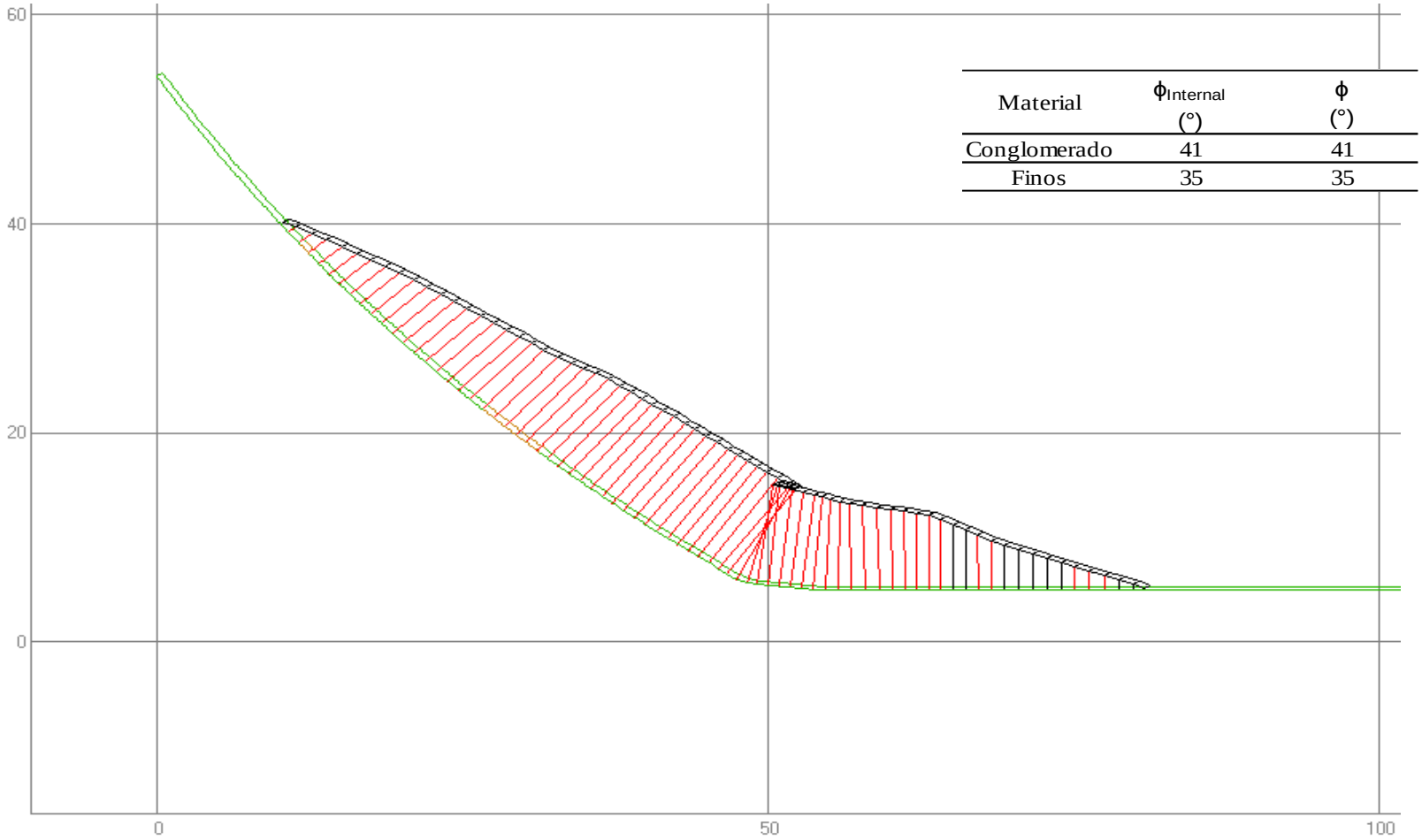
Proyecto: ANÁLISIS DE ESTABILIDAD PARA LA DETERMINACIÓN DEL RIESGO POR DESLIZAMIENTO DEL ACANTILADO DE LA COSTA VERDE, DISTRITO BARRANCO

Fecha: 28/03/2021

Distrito: Barranco

Sección: S007B

Elaborado por: BSR ; LVH



Material	$\phi_{Internal}$ (°)	ϕ (°)
Conglomerado	41	41
Finos	35	35

Geometría: Normal

Desplazamiento: 33.35 m

ANÁLISIS DE RUNOUT

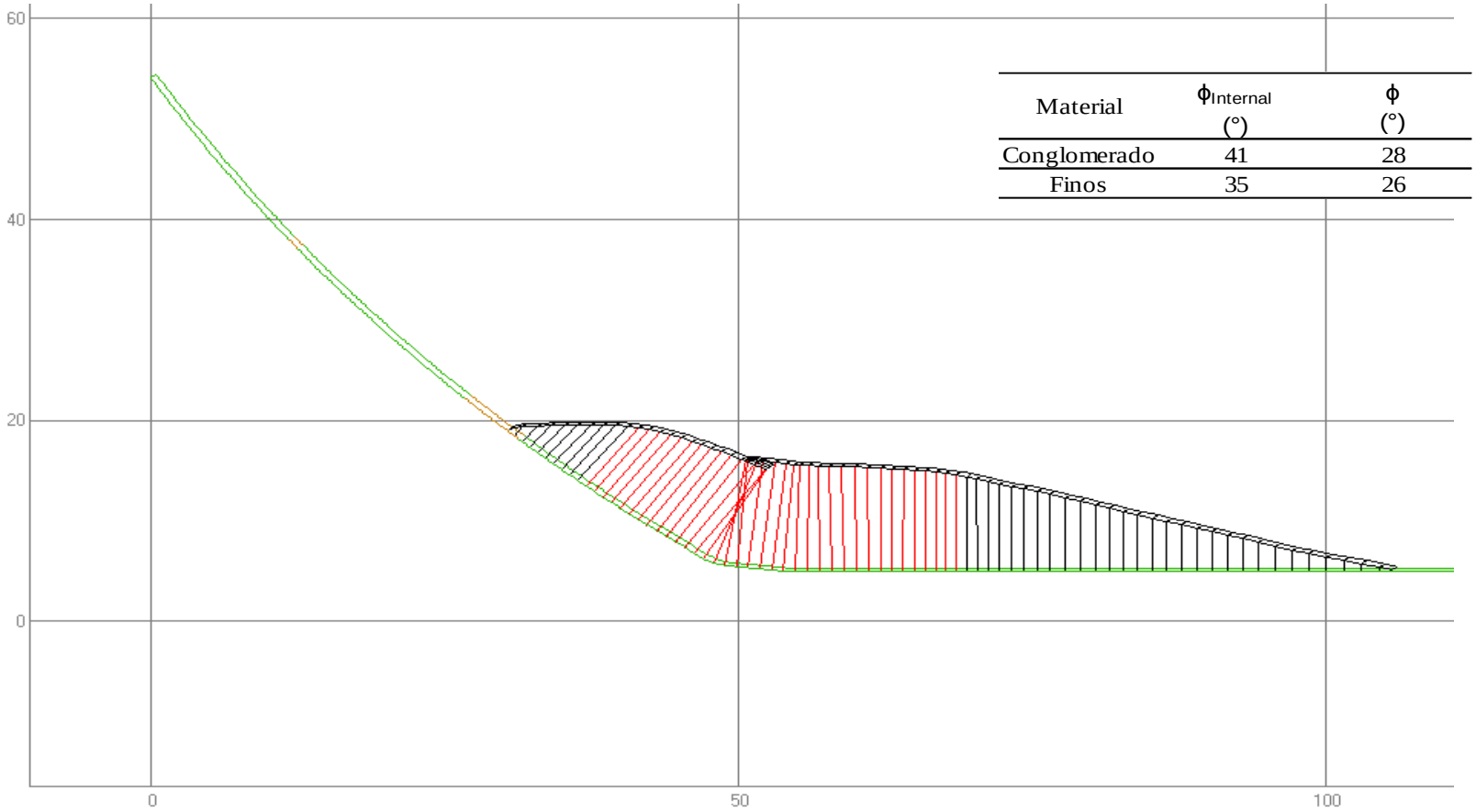
Proyecto: ANÁLISIS DE ESTABILIDAD PARA LA DETERMINACIÓN DEL RIESGO POR DESLIZAMIENTO DEL ACANTILADO DE LA COSTA VERDE, DISTRITO BARRANCO

Fecha: 28/03/2021

Distrito: Barranco

Sección: S007B

Elaborado por: BSR ; LVH



Material	$\phi_{Internal}$ (°)	ϕ (°)
Conglomerado	41	28
Finos	35	26

Geometría: Normal

Desplazamiento: 58.30 m

ANÁLISIS DE RUNOUT

Proyecto: ANÁLISIS DE ESTABILIDAD PARA LA DETERMINACIÓN DEL RIESGO POR DESLIZAMIENTO DEL ACANTILADO DE LA COSTA VERDE, DISTRITO BARRANCO

Fecha: 28/03/2021

Distrito: Barranco

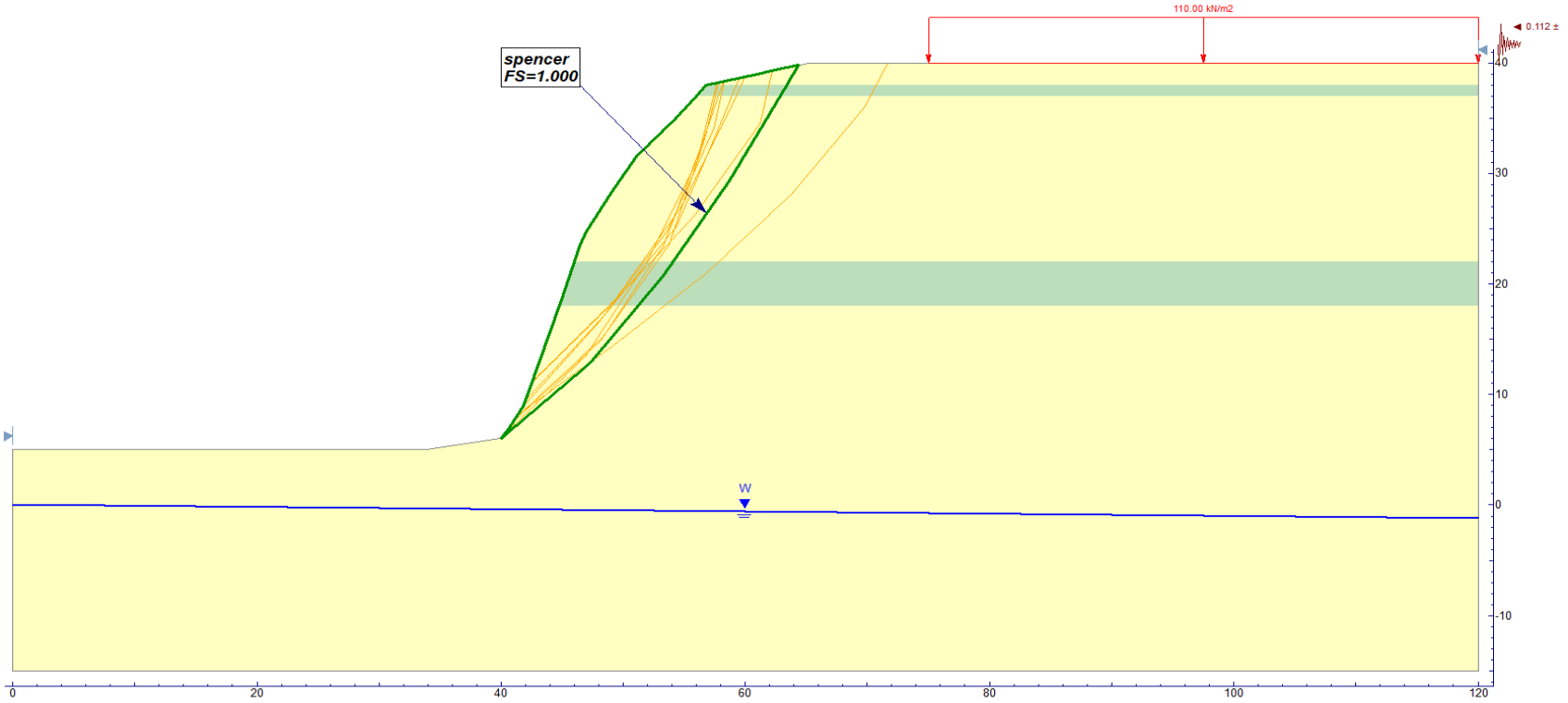
Sección: S008A

Elaborado por: BSR ; LVH

Material	γ_{Nat} (kPa)	γ_{Sat} (kPa)	C (kPa)	ϕ (°)
Conglomerado	21.0	22.0	47.62	40.64
Finos	17.0	18.0	18.50	34.80

Ky = 0.112

Falla global - Tipo no circular



ANÁLISIS DE RUNOUT

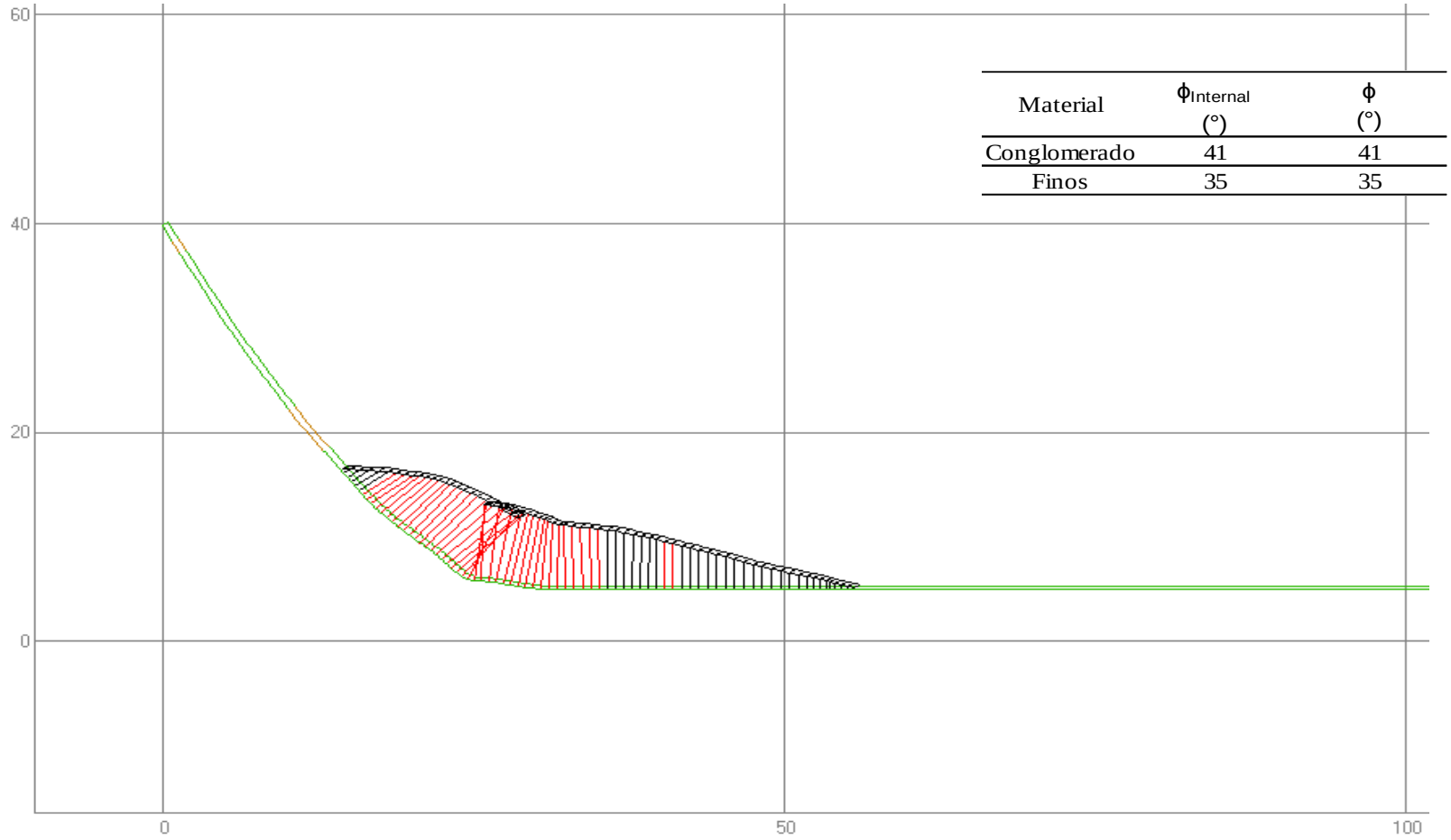
Proyecto: ANÁLISIS DE ESTABILIDAD PARA LA DETERMINACIÓN DEL RIESGO POR DESLIZAMIENTO DEL ACANTILADO DE LA COSTA VERDE, DISTRITO BARRANCO

Fecha: 28/03/2021

Distrito: Barranco

Sección: S008A

Elaborado por: BSR ; LVH



Material	$\phi_{Internal}$ (°)	ϕ (°)
Conglomerado	41	41
Finos	35	35

Geometría: Normal

Desplazamiento: 31.28 m

ANÁLISIS DE RUNOUT

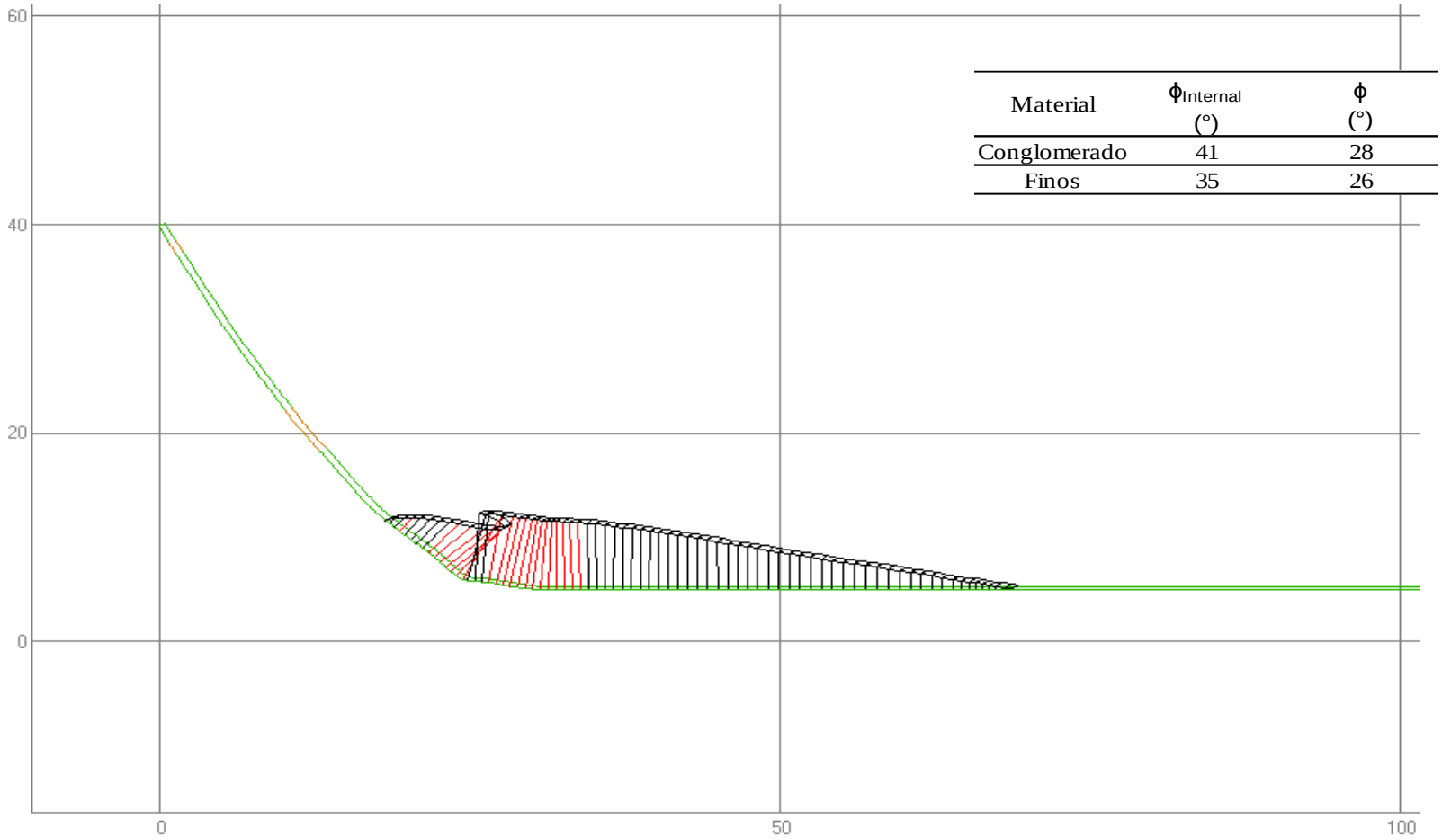
Proyecto: ANÁLISIS DE ESTABILIDAD PARA LA DETERMINACIÓN DEL RIESGO POR DESLIZAMIENTO DEL ACANTILADO DE LA COSTA VERDE, DISTRITO BARRANCO

Fecha: 28/03/2021

Distrito: Barranco

Sección: S008A

Elaborado por: BSR ; LVH



Material	$\phi_{Internal}$ (°)	ϕ (°)
Conglomerado	41	28
Finos	35	26

Geometría: Normal

Desplazamiento: 44.13 m

ANÁLISIS DE RUNOUT

Proyecto: ANÁLISIS DE ESTABILIDAD PARA LA DETERMINACIÓN DEL RIESGO POR DESLIZAMIENTO DEL ACANTILADO DE LA COSTA VERDE, DISTRITO BARRANCO

Fecha: 28/03/2021

Distrito: Barranco

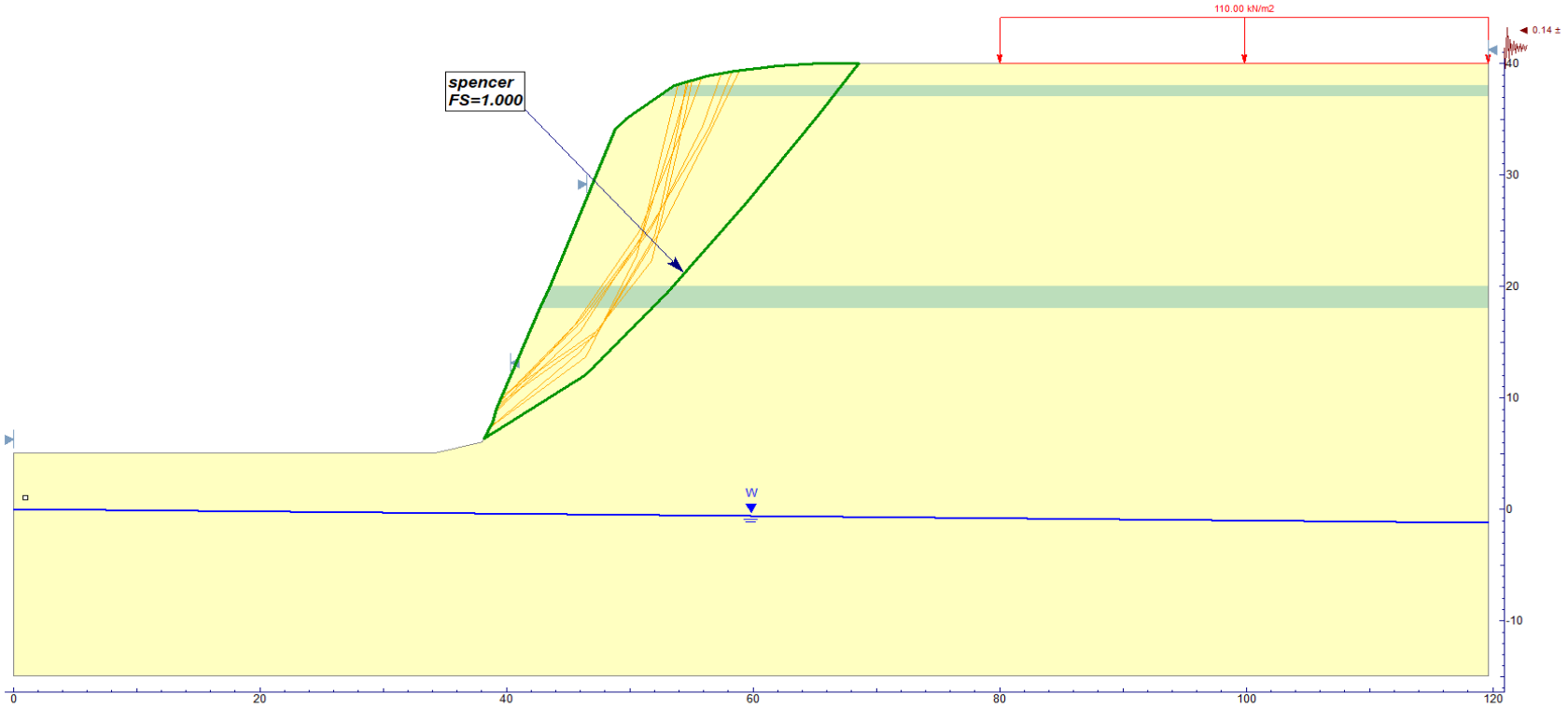
Sección: S008B

Elaborado por: BSR ; LVH

Material	γ_{Nat} (kPa)	γ_{Sat} (kPa)	C (kPa)	ϕ (°)
Conglomerado	21.0	22.0	47.62	40.64
Finos	17.0	18.0	18.50	34.80

Ky = 0.14

Falla global - Tipo no circular



ANÁLISIS DE RUNOUT

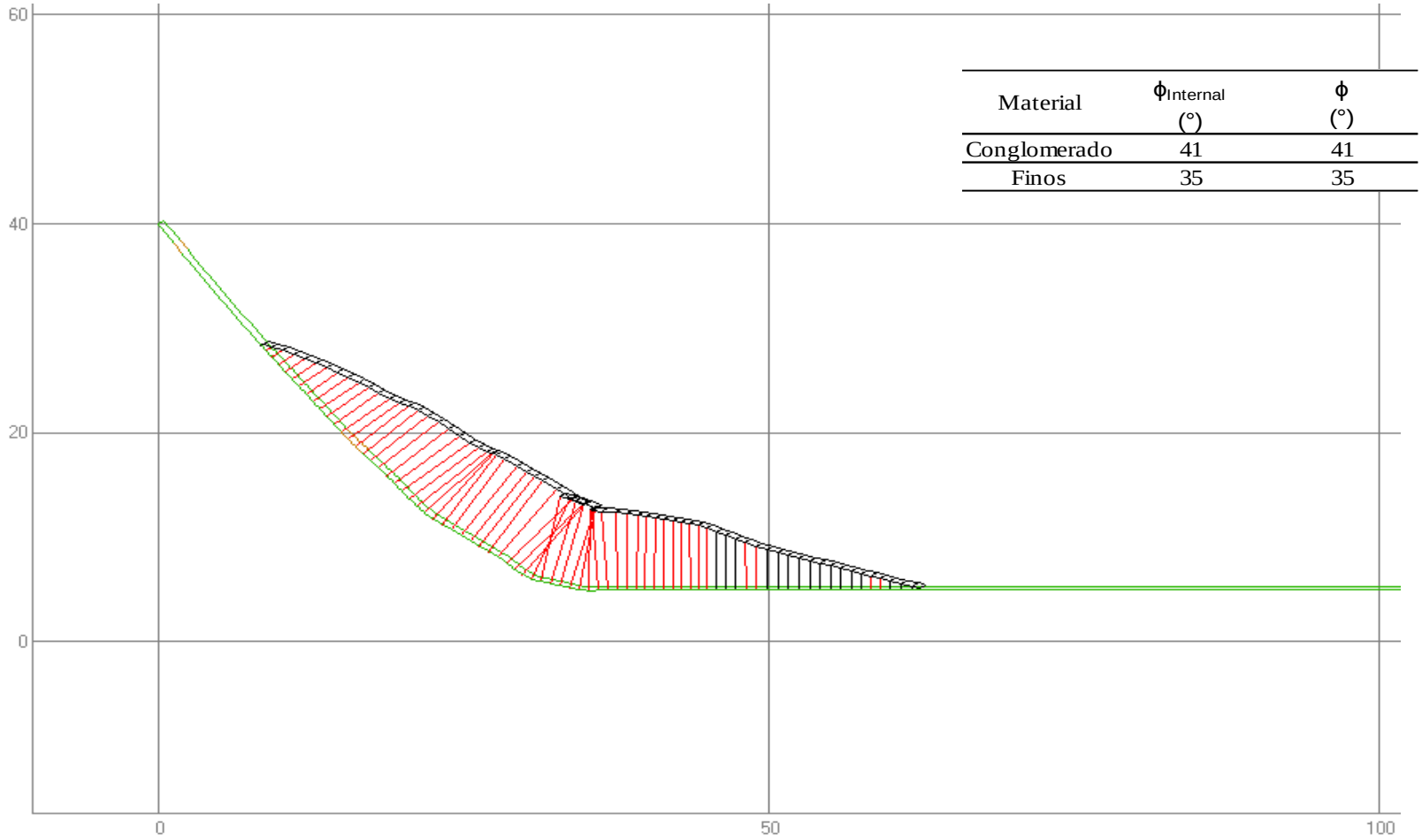
Proyecto: ANÁLISIS DE ESTABILIDAD PARA LA DETERMINACIÓN DEL RIESGO POR DESLIZAMIENTO DEL ACANTILADO DE LA COSTA VERDE, DISTRITO BARRANCO

Fecha: 28/03/2021

Distrito: Barranco

Sección: S008B

Elaborado por: BSR ; LVH



Material	$\phi_{Internal}$ (°)	ϕ (°)
Conglomerado	41	41
Finos	35	35

Geometría: Normal

Desplazamiento: 31.92 m

ANÁLISIS DE RUNOUT

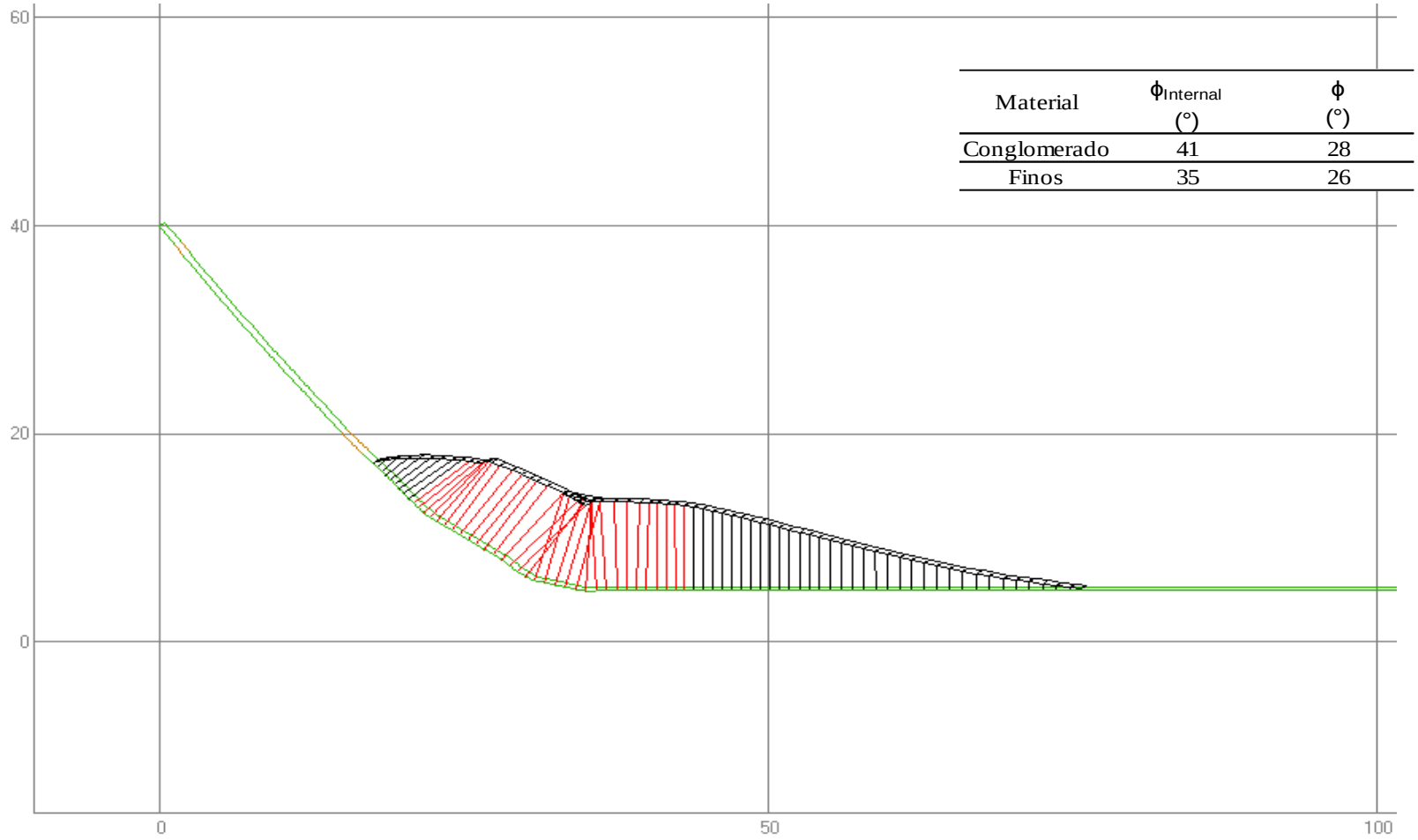
Proyecto: ANÁLISIS DE ESTABILIDAD PARA LA DETERMINACIÓN DEL RIESGO POR DESLIZAMIENTO DEL ACANTILADO DE LA COSTA VERDE, DISTRITO BARRANCO

Fecha: 28/03/2021

Distrito: Barranco

Sección: S008B

Elaborado por: BSR ; LVH



Material	$\phi_{Internal}$ (°)	ϕ (°)
Conglomerado	41	28
Finos	35	26

Geometría: Normal

Desplazamiento: 45.09 m

ANÁLISIS DE RUNOUT

Proyecto: ANÁLISIS DE ESTABILIDAD PARA LA DETERMINACIÓN DEL RIESGO POR DESLIZAMIENTO DEL ACANTILADO DE LA COSTA VERDE, DISTRITO BARRANCO

Fecha: 28/03/2021

Distrito: Barranco

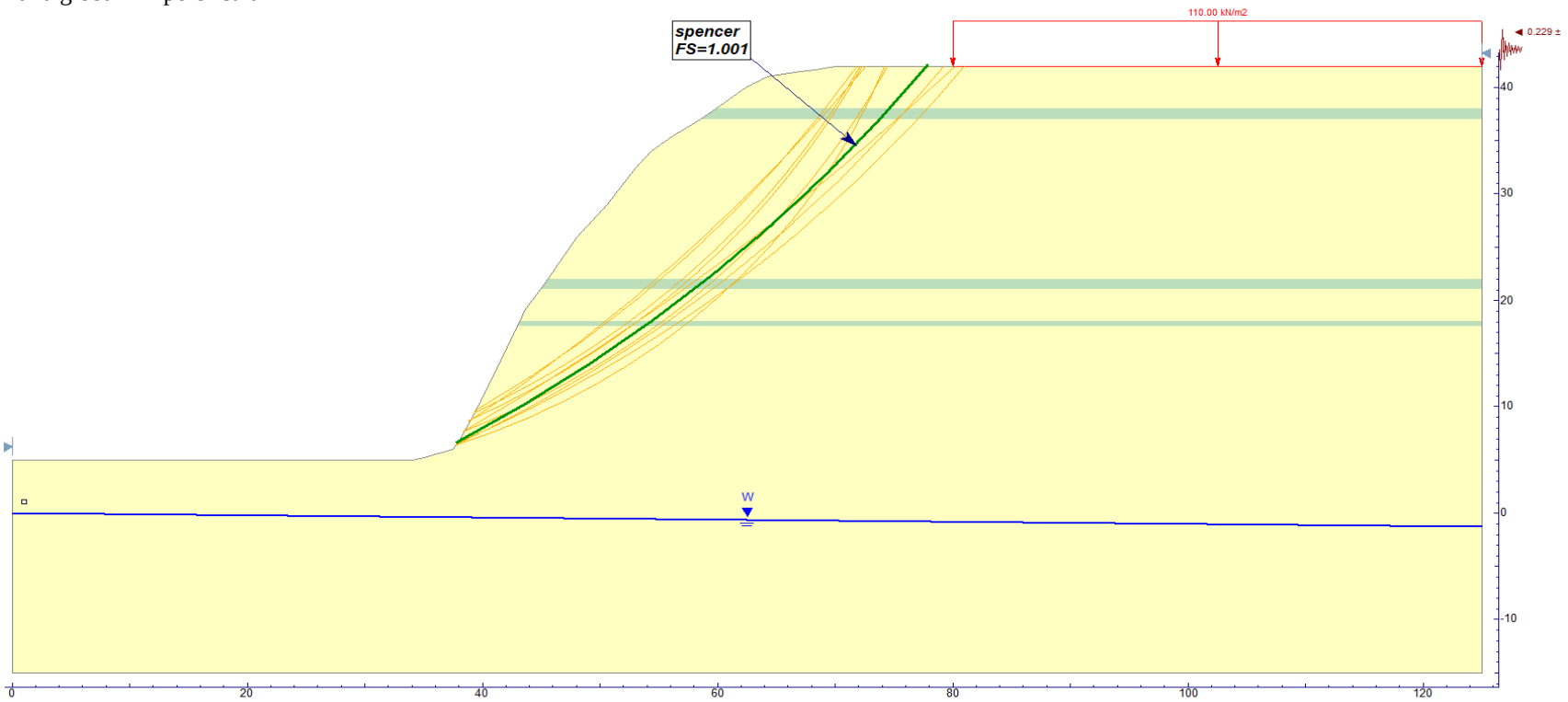
Sección: S008C

Elaborado por: BSR ; LVH

Material	γ_{Nat} (kPa)	γ_{Sat} (kPa)	C (kPa)	ϕ (°)
Conglomerado	21.0	22.0	47.62	40.64
Finos	17.0	18.0	18.50	34.80

Ky = 0.229

Falla global - Tipo circular



ANÁLISIS DE RUNOUT

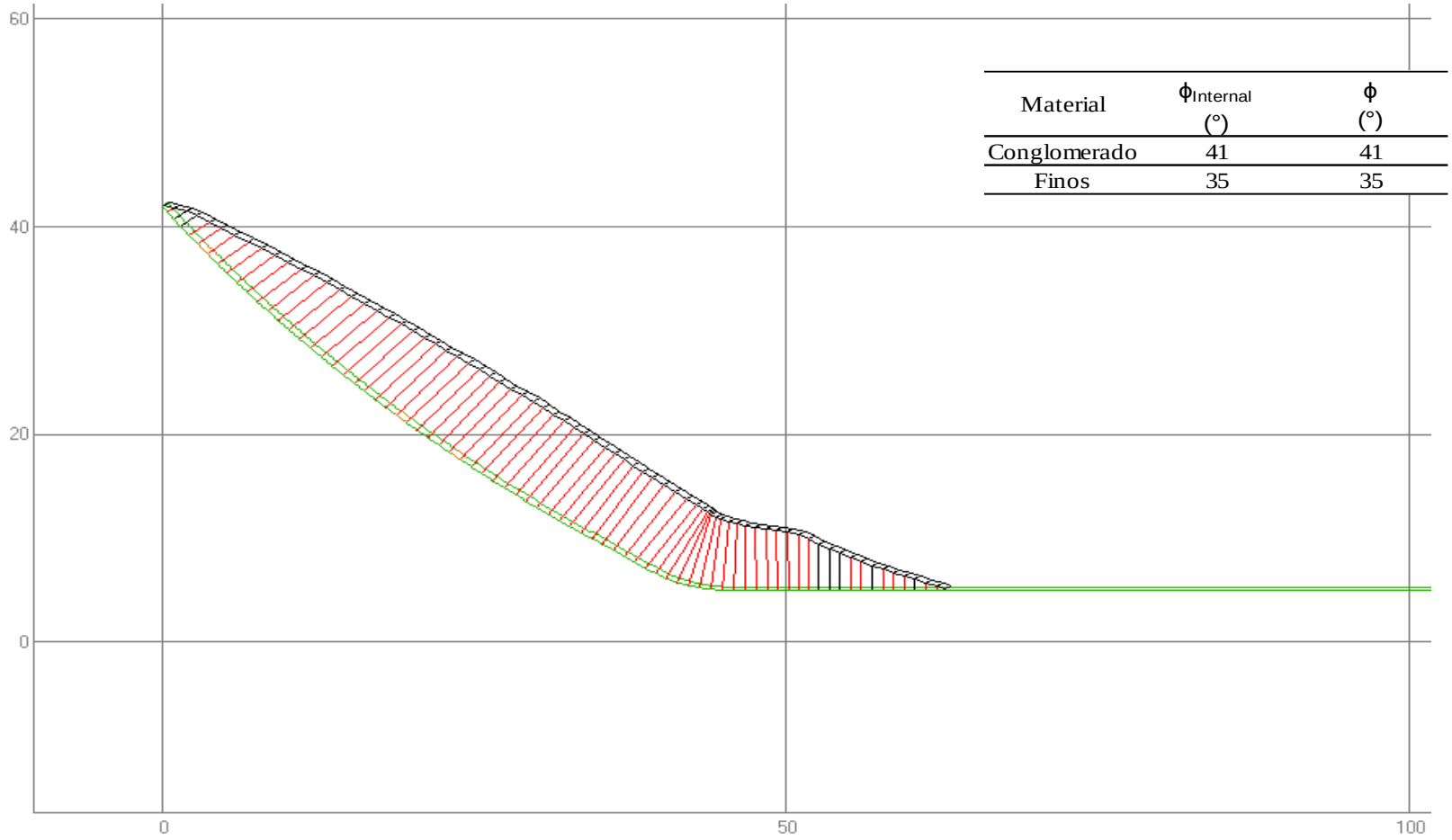
Proyecto: ANÁLISIS DE ESTABILIDAD PARA LA DETERMINACIÓN DEL RIESGO POR DESLIZAMIENTO DEL ACANTILADO DE LA COSTA VERDE, DISTRITO BARRANCO

Fecha: 28/03/2021

Distrito: Barranco

Sección: S008C

Elaborado por: BSR ; LVH



Material	$\phi_{Internal}$ (°)	ϕ (°)
Conglomerado	41	41
Finos	35	35

Geometría: Normal

Desplazamiento: 22.13 m

ANÁLISIS DE RUNOUT

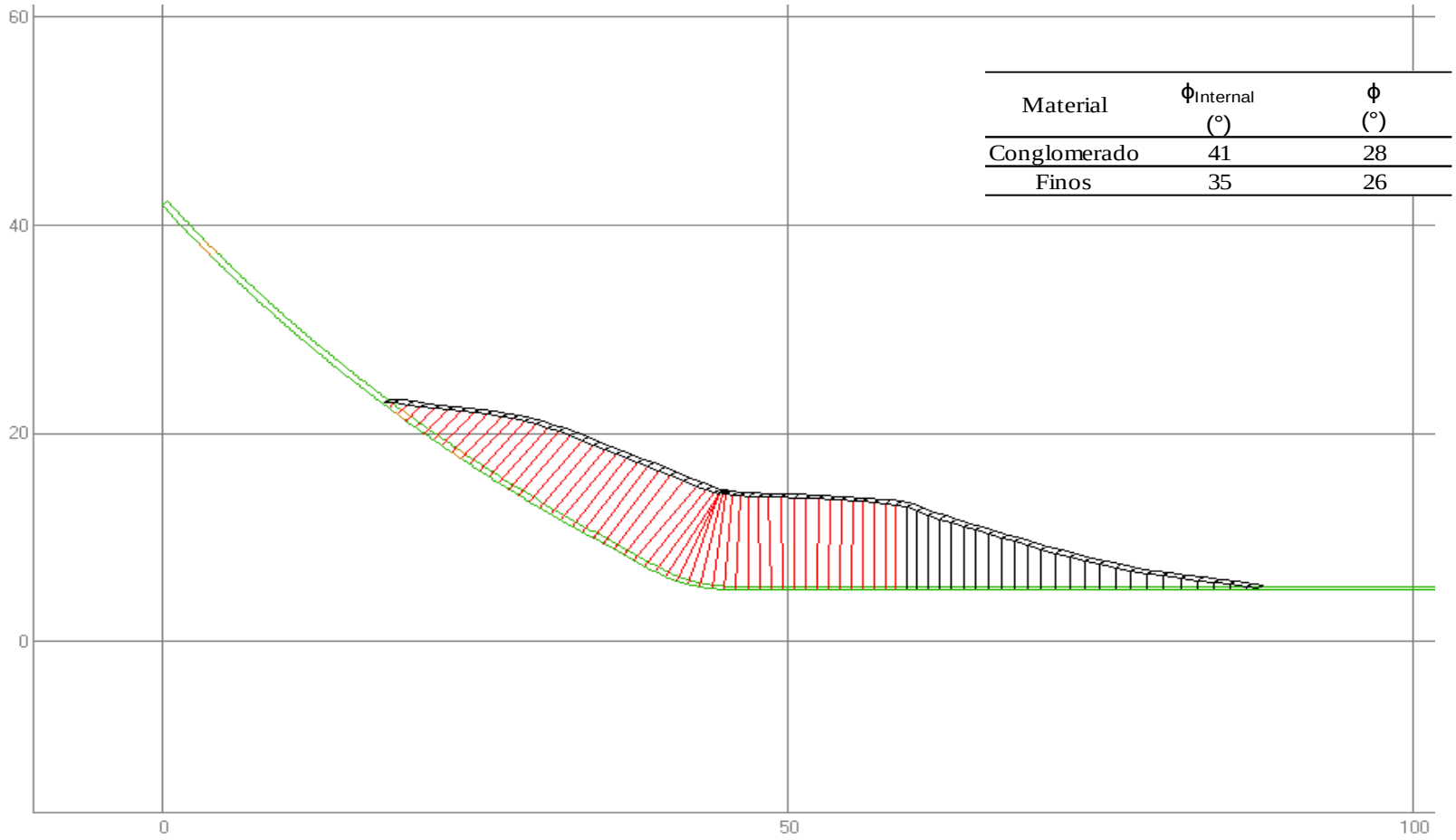
Proyecto: ANÁLISIS DE ESTABILIDAD PARA LA DETERMINACIÓN DEL RIESGO POR DESLIZAMIENTO DEL ACANTILADO DE LA COSTA VERDE, DISTRITO BARRANCO

Fecha: 28/03/2021

Distrito: Barranco

Sección: S008C

Elaborado por: BSR ; LVH



Material	$\phi_{Internal}$ (°)	ϕ (°)
Conglomerado	41	28
Finos	35	26

Geometría: Normal

Desplazamiento: 44.68 m

ANÁLISIS DE RUNOUT

Proyecto: ANÁLISIS DE ESTABILIDAD PARA LA DETERMINACIÓN DEL RIESGO POR DESLIZAMIENTO DEL ACANTILADO DE LA COSTA VERDE, DISTRITO BARRANCO

Fecha: 28/03/2021

Distrito: Barranco

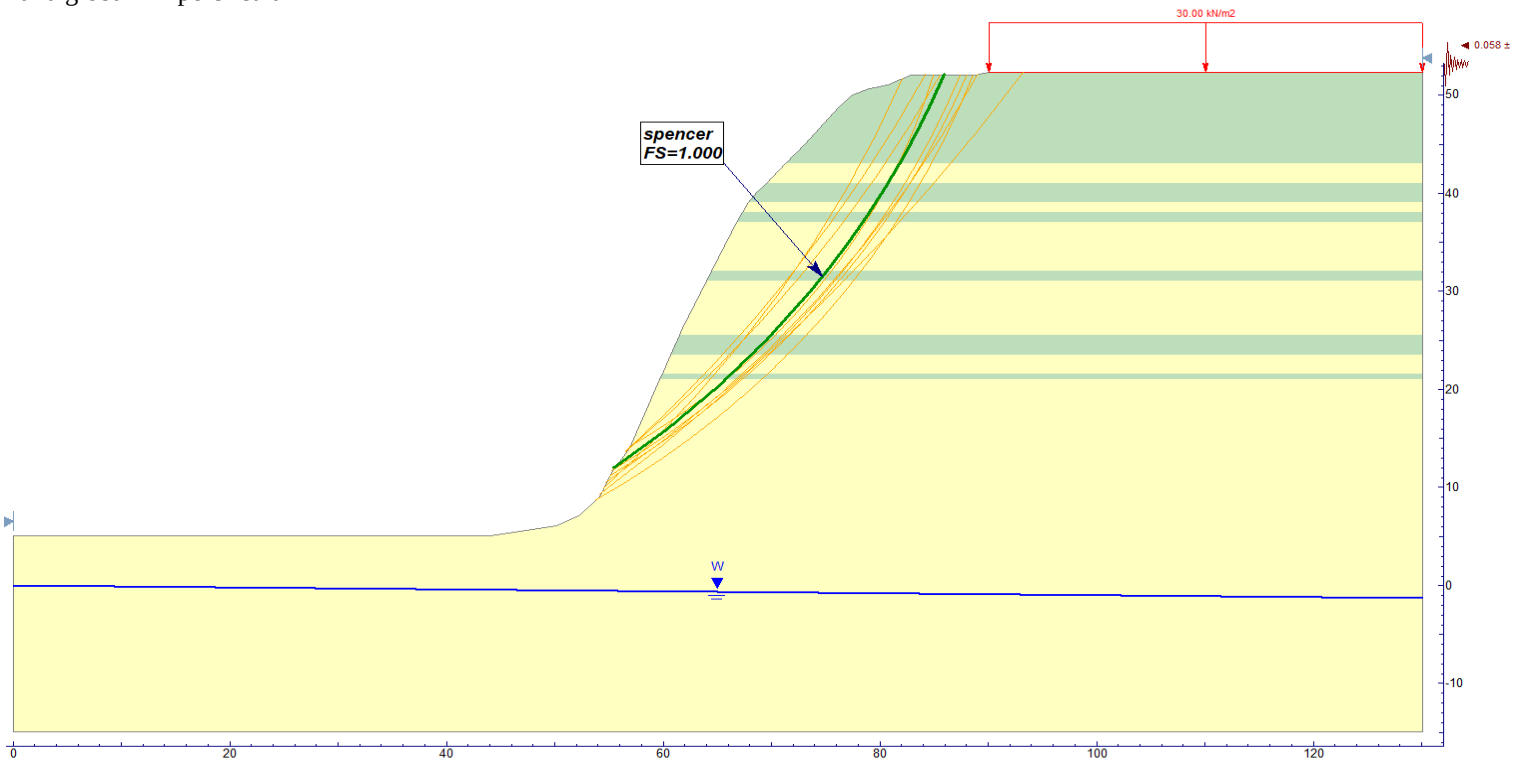
Sección: S009

Elaborado por: BSR ; LVH

Material	γ_{Nat} (kPa)	γ_{Sat} (kPa)	C (kPa)	ϕ (°)
Conglomerado	21.0	22.0	47.62	40.64
Finos	17.0	18.0	18.50	34.80

Ky = 0.058

Falla global - Tipo circular



ANÁLISIS DE RUNOUT

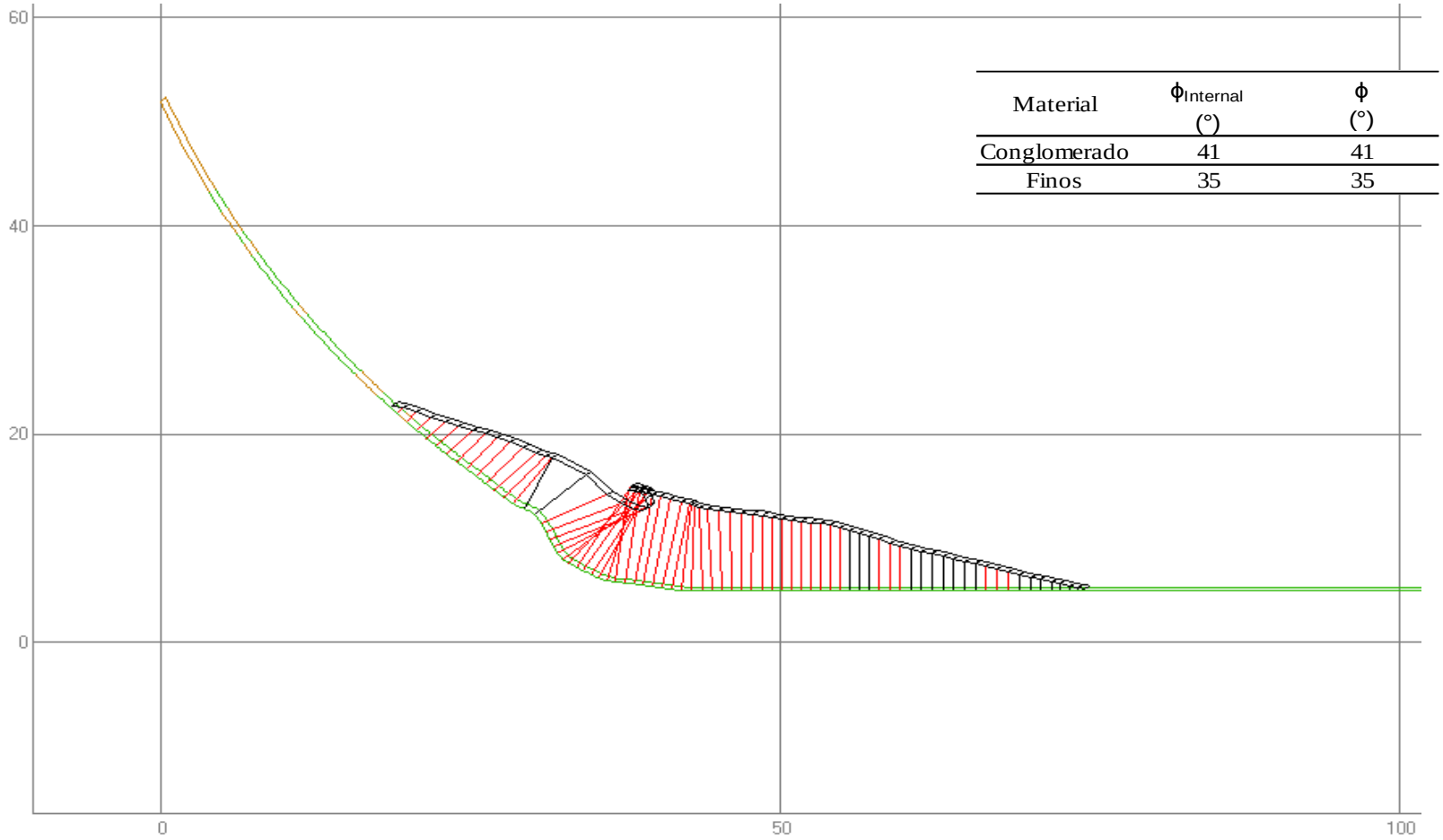
Proyecto: ANÁLISIS DE ESTABILIDAD PARA LA DETERMINACIÓN DEL RIESGO POR DESLIZAMIENTO DEL ACANTILADO DE LA COSTA VERDE, DISTRITO BARRANCO

Fecha: 28/03/2021

Distrito: Barranco

Sección: S009

Elaborado por: BSR ; LVH



Material	$\phi_{Internal}$ (°)	ϕ (°)
Conglomerado	41	41
Finos	35	35

Geometría: Normal

Desplazamiento: 44.06 m

ANÁLISIS DE RUNOUT

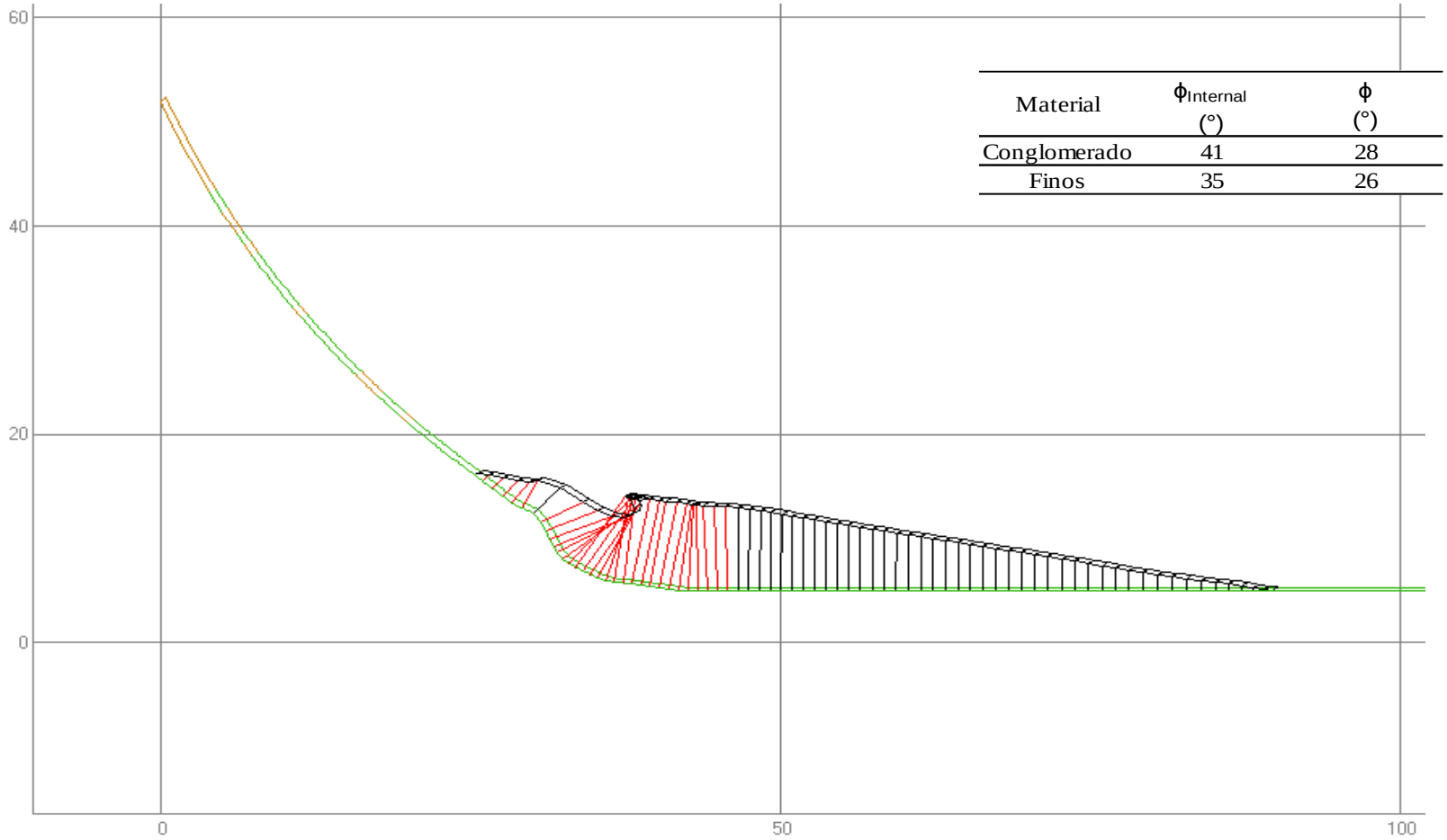
Proyecto: ANÁLISIS DE ESTABILIDAD PARA LA DETERMINACIÓN DEL RIESGO POR DESLIZAMIENTO DEL ACANTILADO DE LA COSTA VERDE, DISTRITO BARRANCO

Fecha: 28/03/2021

Distrito: Barranco

Sección: S009

Elaborado por: BSR ; LVH



Material	$\phi_{Internal}$ (°)	ϕ (°)
Conglomerado	41	28
Finos	35	26

Geometría: Normal

Desplazamiento: 56.94 m

ANÁLISIS DE RUNOUT

Proyecto: ANÁLISIS DE ESTABILIDAD PARA LA DETERMINACIÓN DEL RIESGO POR DESLIZAMIENTO DEL ACANTILADO DE LA COSTA VERDE, DISTRITO BARRANCO

Fecha: 28/03/2021

Distrito: Barranco

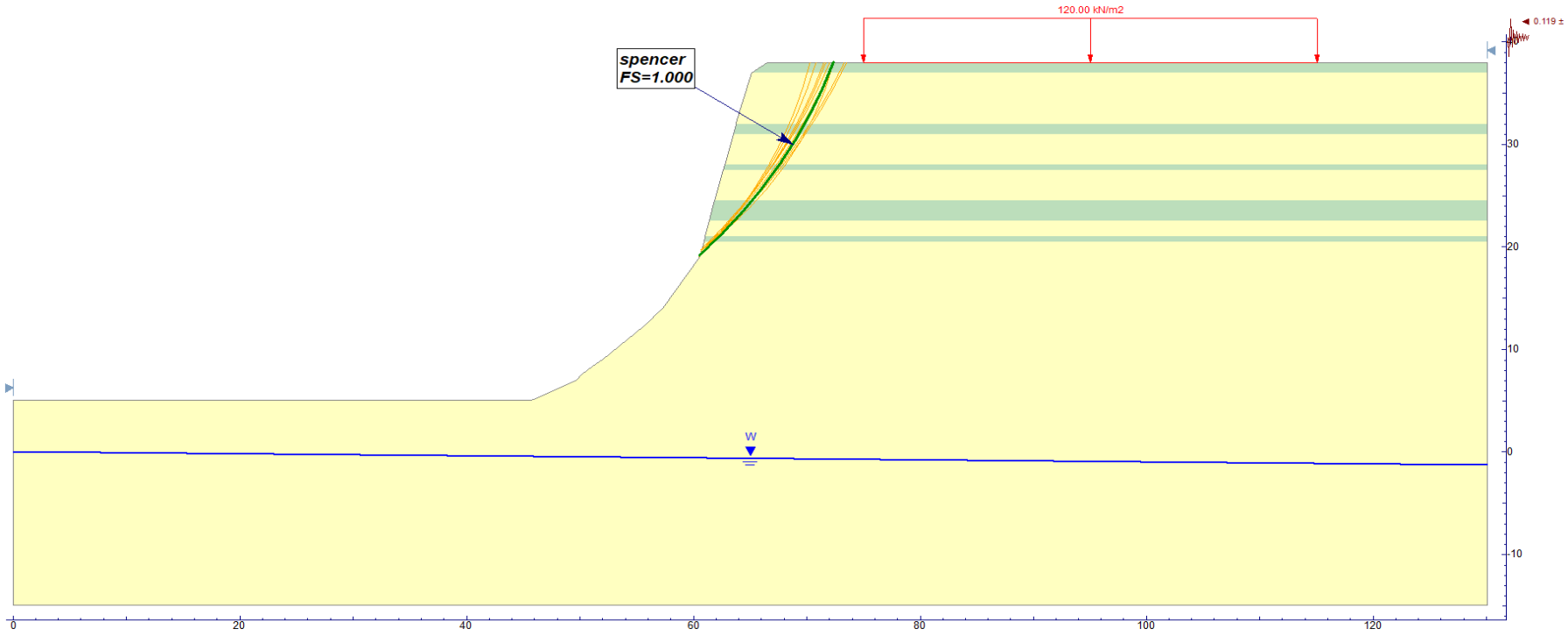
Sección: S010

Elaborado por: BSR ; LVH

Material	γ_{Nat} (kPa)	γ_{Sat} (kPa)	C (kPa)	ϕ (°)
Conglomerado	21.0	22.0	47.62	40.64
Finos	17.0	18.0	18.50	34.80

Ky = 0.119

Falla global - Tipo circular



ANÁLISIS DE RUNOUT

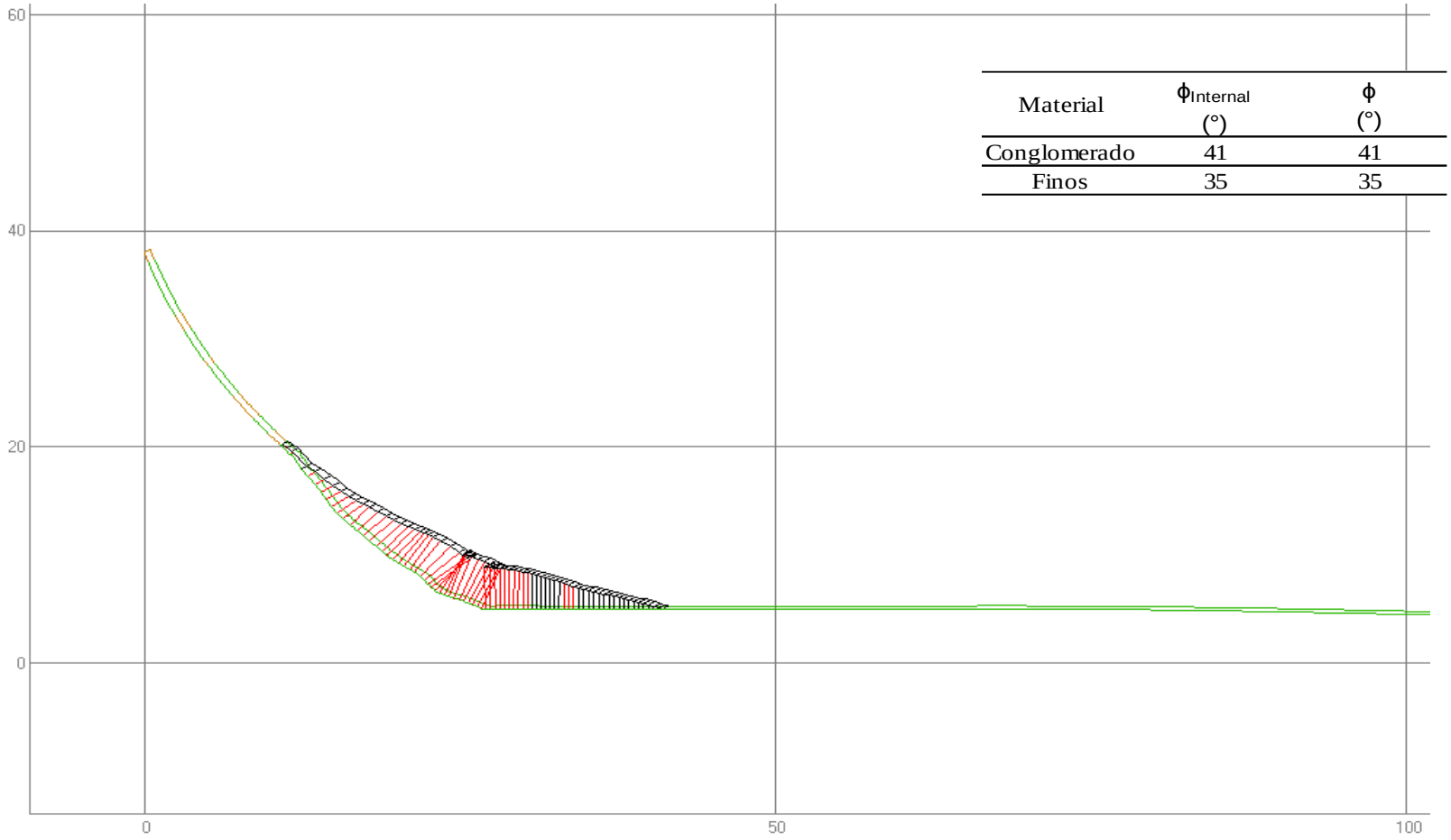
Proyecto: ANÁLISIS DE ESTABILIDAD PARA LA DETERMINACIÓN DEL RIESGO POR DESLIZAMIENTO DEL ACANTILADO DE LA COSTA VERDE, DISTRITO BARRANCO

Fecha: 28/03/2021

Distrito: Barranco

Sección: S010

Elaborado por: BSR ; LVH



Material	$\phi_{Internal}$ (°)	ϕ (°)
Conglomerado	41	41
Finos	35	35

Geometría: Normal

Desplazamiento: 29.23 m

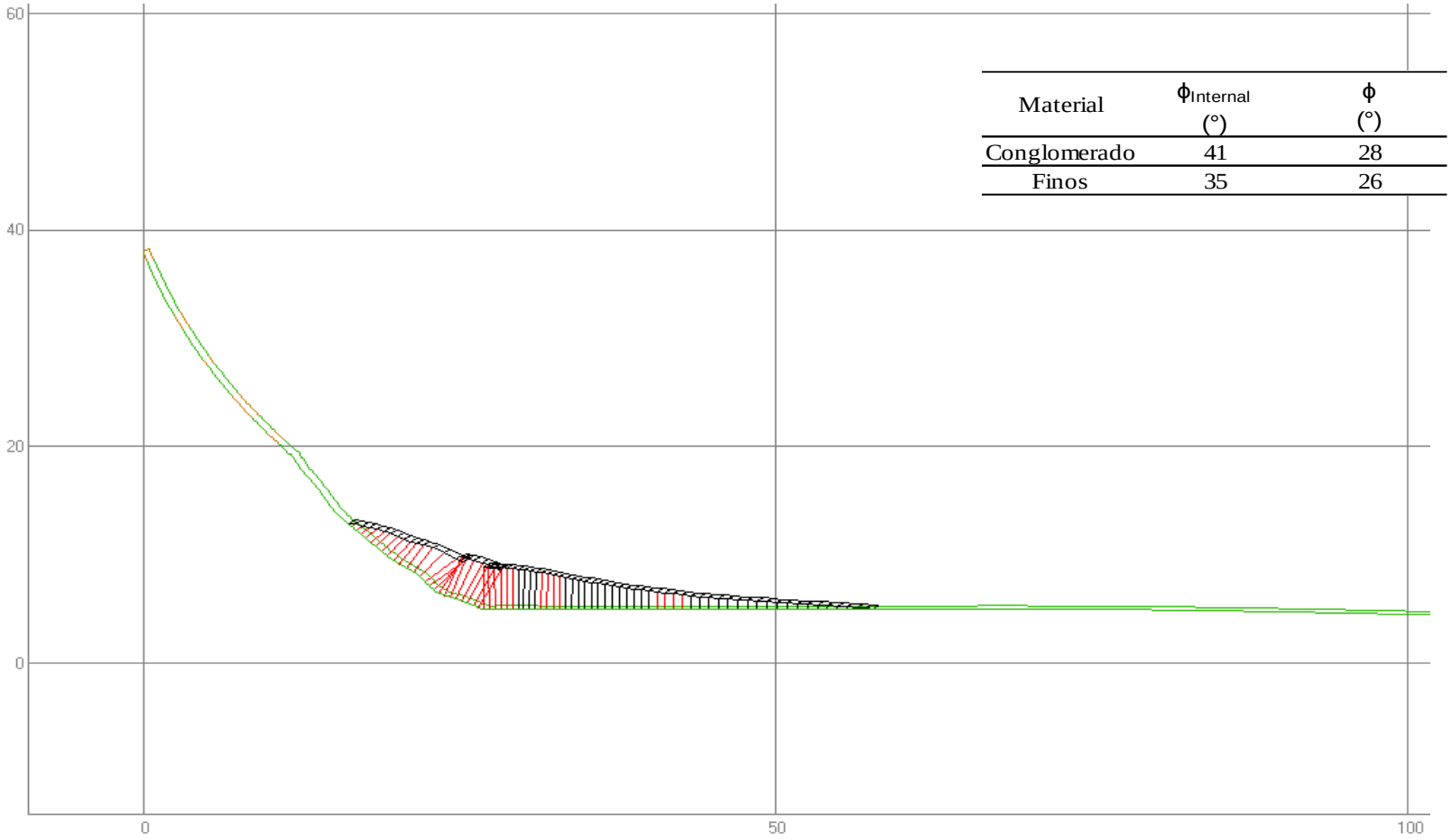
ANÁLISIS DE RUNOUT

Proyecto: ANÁLISIS DE ESTABILIDAD PARA LA DETERMINACIÓN DEL RIESGO POR DESLIZAMIENTO DEL ACANTILADO DE LA COSTA VERDE, DISTRITO BARRANCO

Fecha: 28/03/2021

Distrito: Barranco **Sección:** S010

Elaborado por: BSR ; LVH



Material	$\phi_{Internal}$ (°)	ϕ (°)
Conglomerado	41	28
Finos	35	26

Geometría: Normal

Desplazamiento: 45.88 m

ANÁLISIS DE RUNOUT

Proyecto: ANÁLISIS DE ESTABILIDAD PARA LA DETERMINACIÓN DEL RIESGO POR DESLIZAMIENTO DEL ACANTILADO DE LA COSTA VERDE, DISTRITO BARRANCO

Fecha: 28/03/2021

Distrito: Barranco

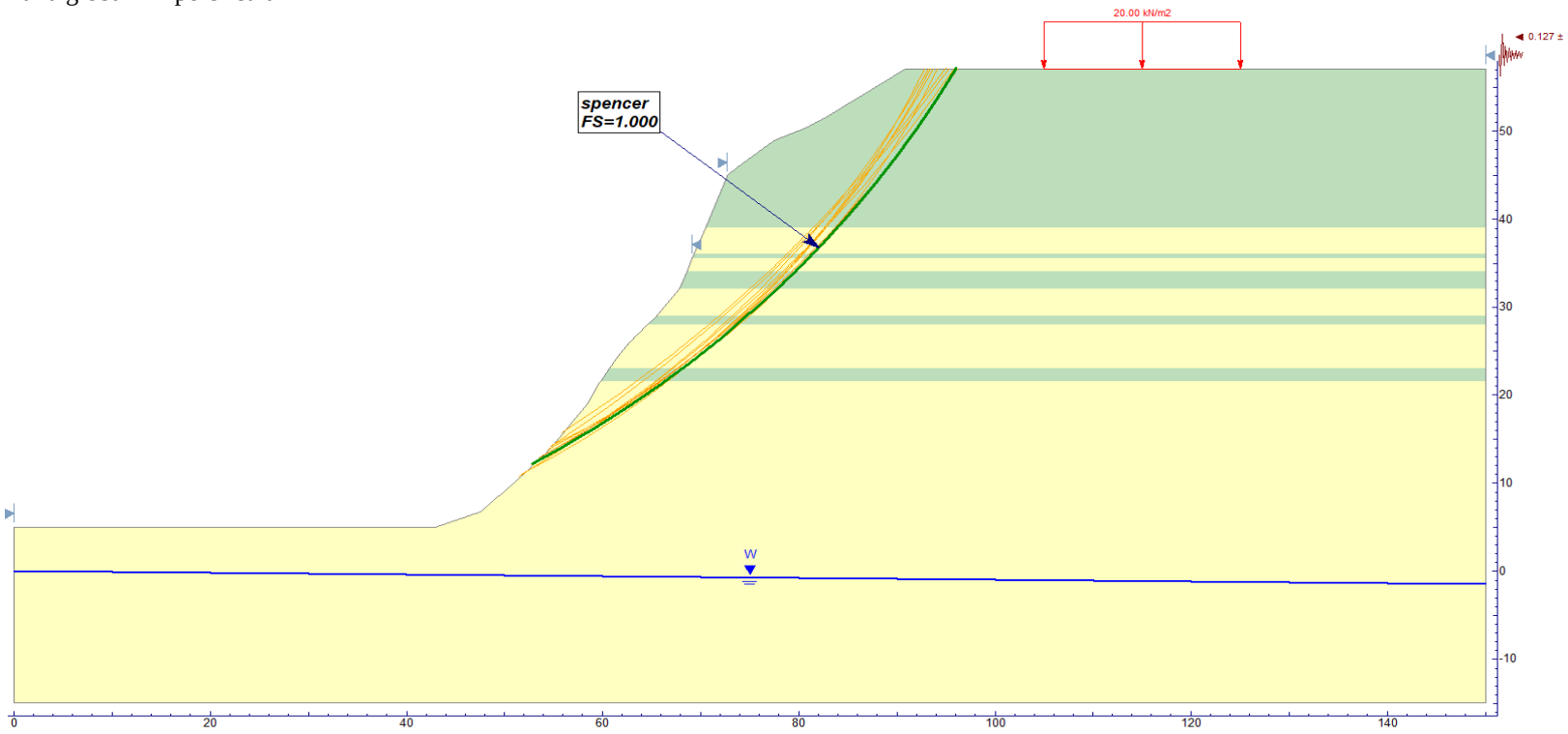
Sección: S011

Elaborado por: BSR ; LVH

Material	γ_{Nat} (kPa)	γ_{Sat} (kPa)	C (kPa)	ϕ (°)
Conglomerado	21.0	22.0	47.62	40.64
Finos	17.0	18.0	18.50	34.80

Ky = 0.127

Falla global - Tipo circular



ANÁLISIS DE RUNOUT

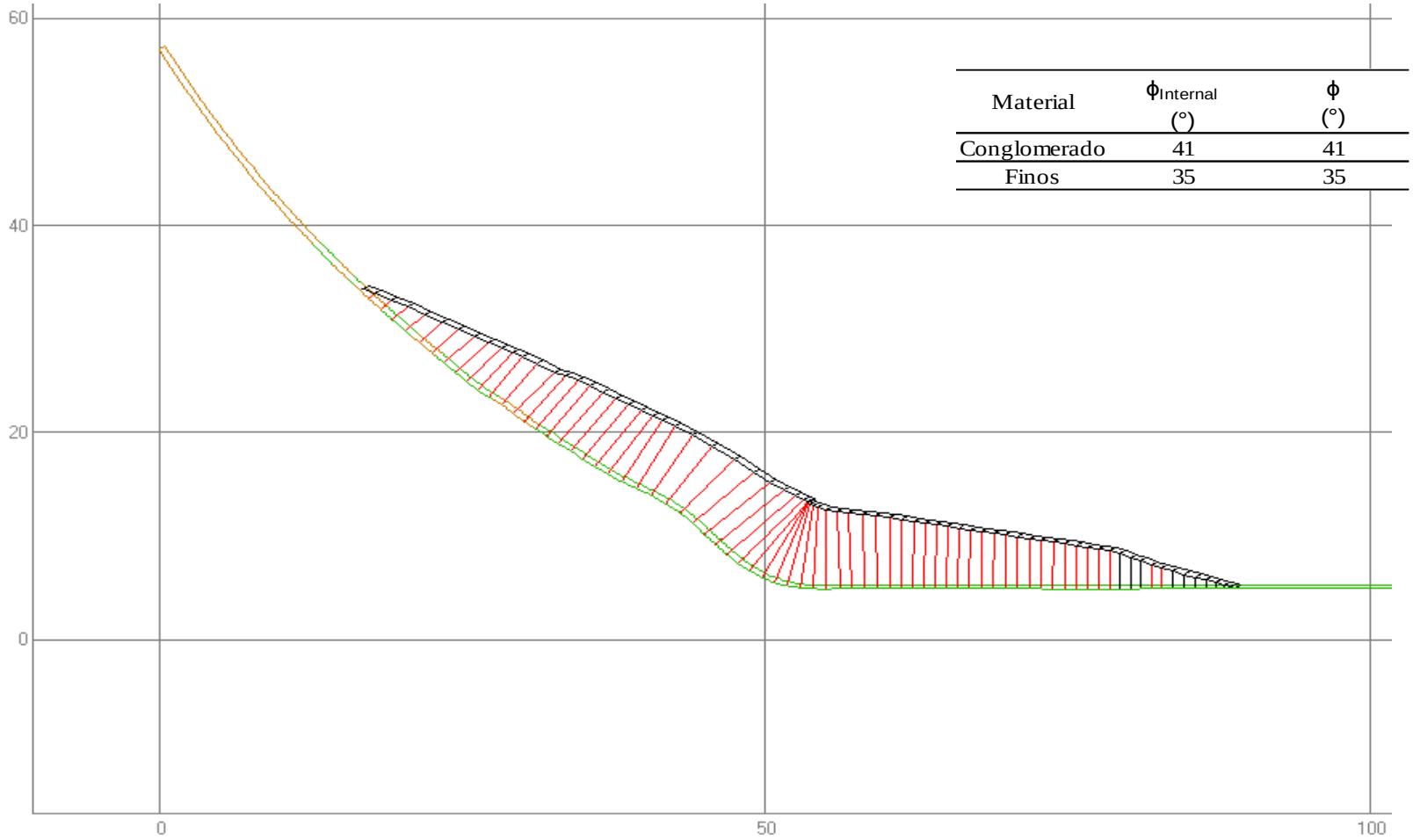
Proyecto: ANÁLISIS DE ESTABILIDAD PARA LA DETERMINACIÓN DEL RIESGO POR DESLIZAMIENTO DEL ACANTILADO DE LA COSTA VERDE, DISTRITO BARRANCO

Fecha: 28/03/2021

Distrito: Barranco

Sección: S011

Elaborado por: BSR ; LVH



Material	$\phi_{Internal}$ (°)	ϕ (°)
Conglomerado	41	41
Finos	35	35

Geometría: Normal

Desplazamiento: 46.07 m

ANÁLISIS DE RUNOUT

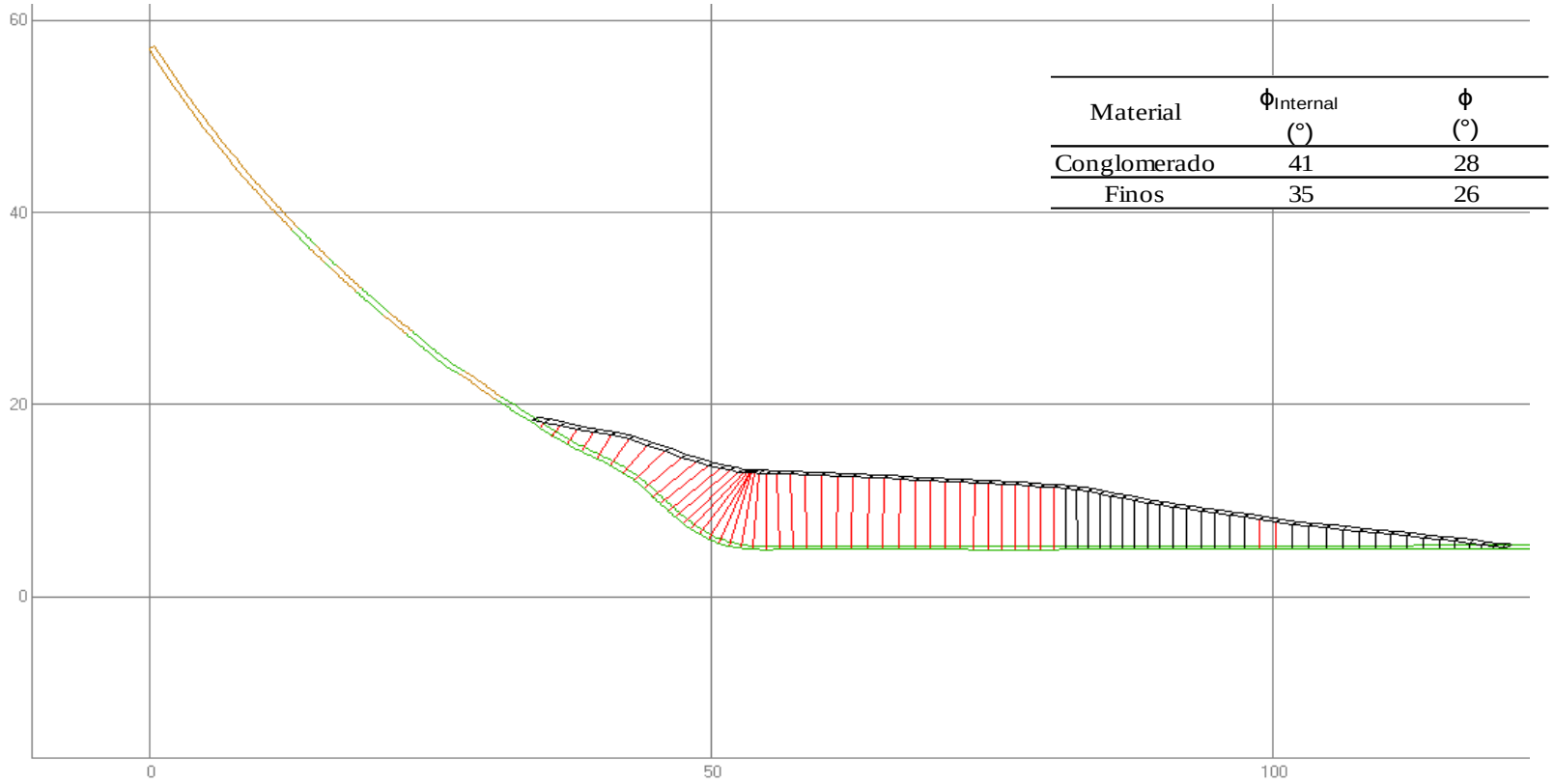
Proyecto: ANÁLISIS DE ESTABILIDAD PARA LA DETERMINACIÓN DEL RIESGO POR DESLIZAMIENTO DEL ACANTILADO DE LA COSTA VERDE, DISTRITO BARRANCO

Fecha: 28/03/2021

Distrito: Barranco

Sección: S011

Elaborado por: BSR ; LVH



Material	$\phi_{Internal}$ (°)	ϕ (°)
Conglomerado	41	28
Finos	35	26

Geometría: Normal

Desplazamiento: 77.62 m

ANÁLISIS DE RUNOUT

Proyecto: ANÁLISIS DE ESTABILIDAD PARA LA DETERMINACIÓN DEL RIESGO POR DESLIZAMIENTO DEL ACANTILADO DE LA COSTA VERDE, DISTRITO BARRANCO

Fecha: 28/03/2021

Distrito: Barranco

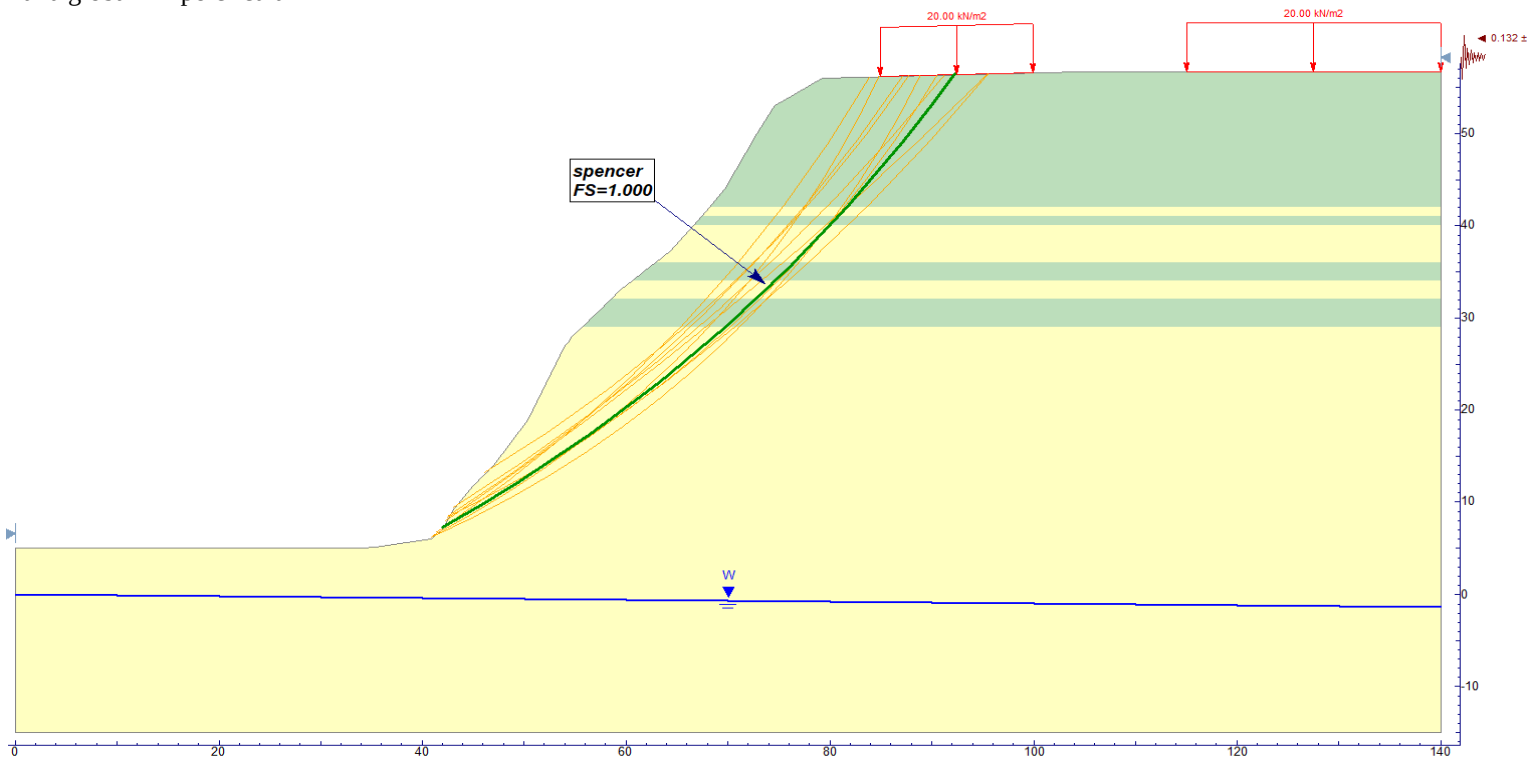
Sección: S012

Elaborado por: BSR ; LVH

Material	γ_{Nat} (kPa)	γ_{Sat} (kPa)	C (kPa)	ϕ (°)
Conglomerado	21.0	22.0	47.62	40.64
Finos	17.0	18.0	18.50	34.80

Ky = 0.132

Falla global - Tipo circular



ANÁLISIS DE RUNOUT

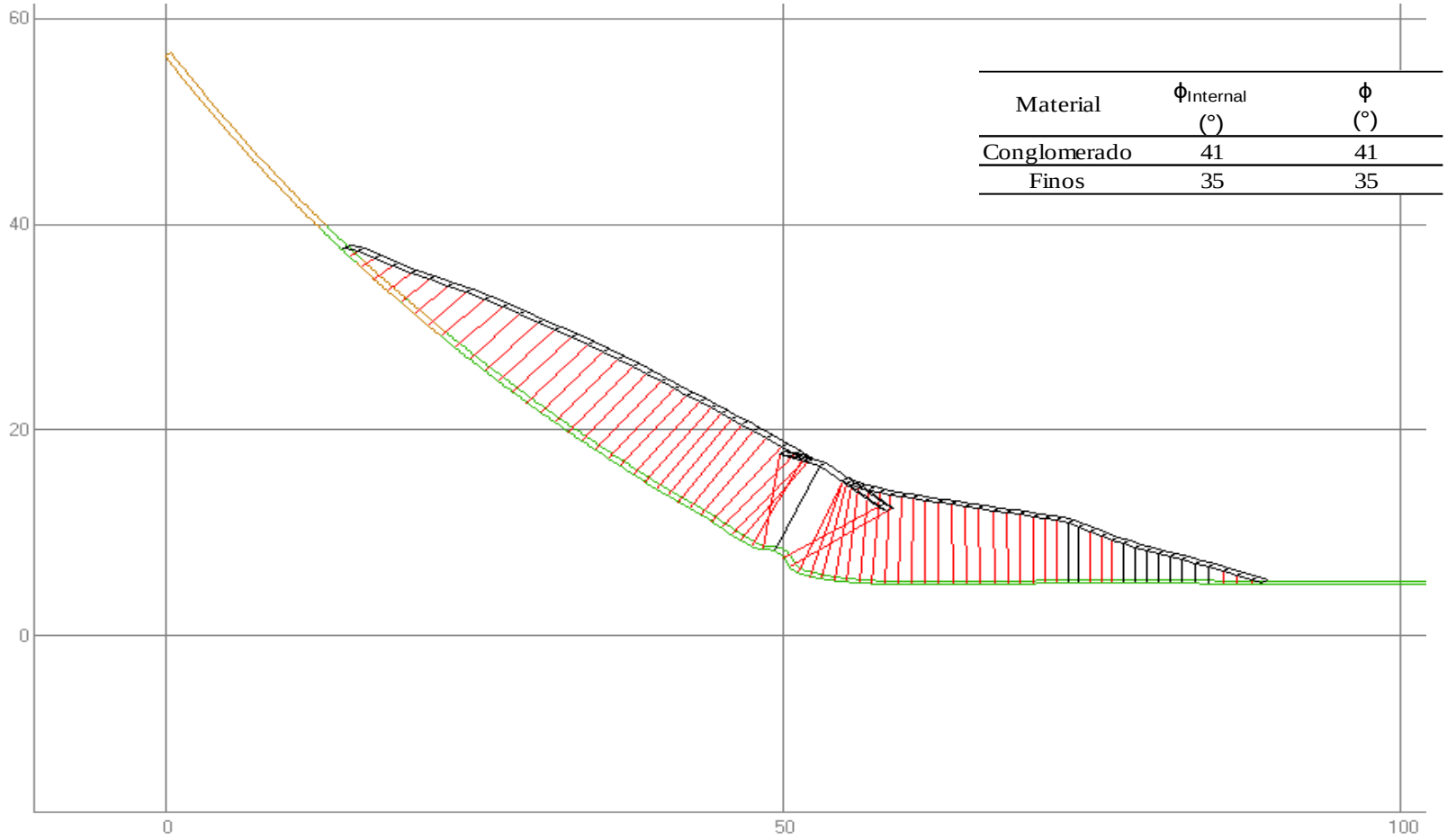
Proyecto: ANÁLISIS DE ESTABILIDAD PARA LA DETERMINACIÓN DEL RIESGO POR DESLIZAMIENTO DEL ACANTILADO DE LA COSTA VERDE, DISTRITO BARRANCO

Fecha: 28/03/2021

Distrito: Barranco

Sección: S012

Elaborado por: BSR ; LVH



Material	$\phi_{Internal}$ (°)	ϕ (°)
Conglomerado	41	41
Finos	35	35

Geometría: Normal

Desplazamiento: 38.50 m

ANÁLISIS DE RUNOUT

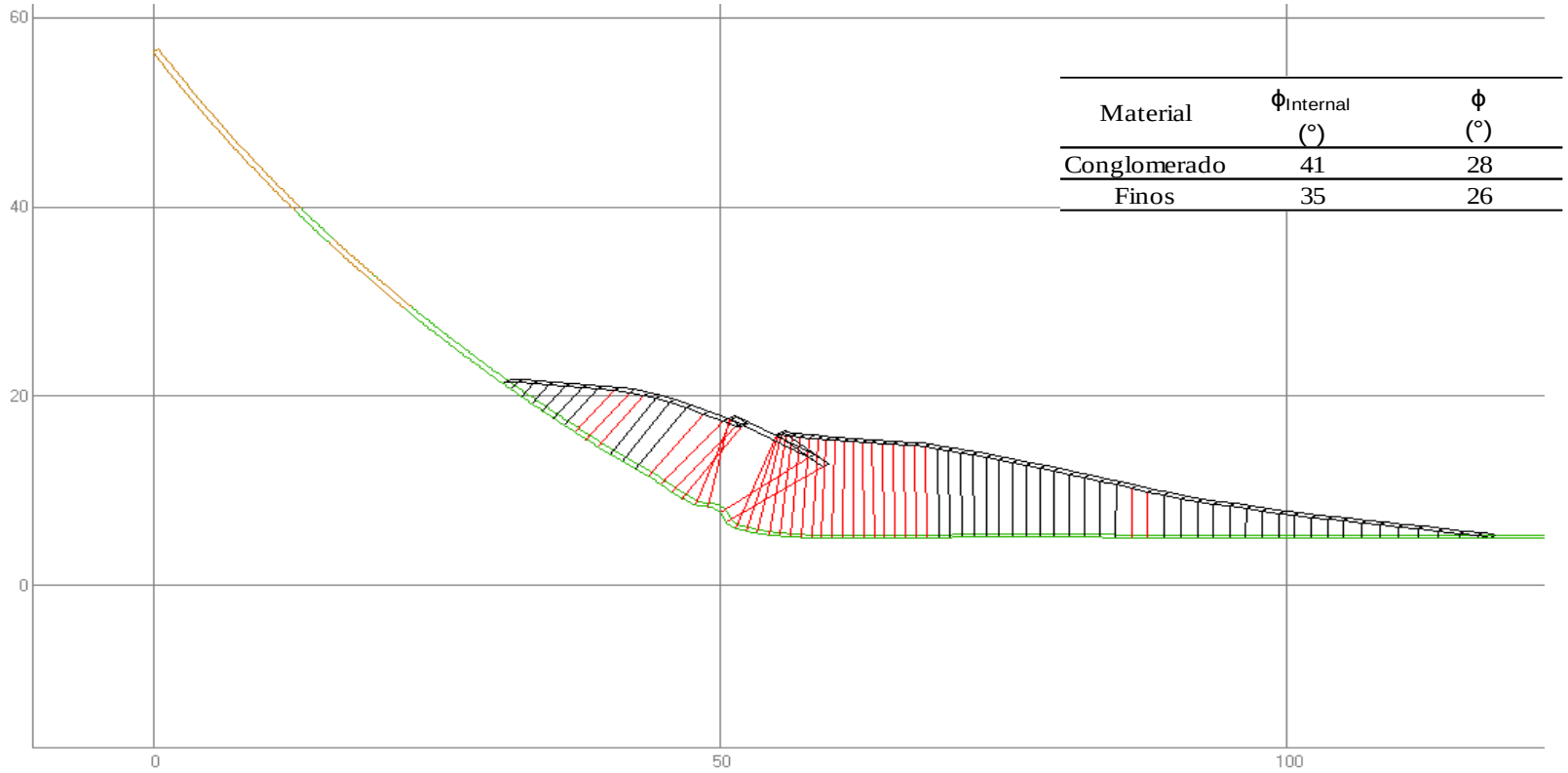
Proyecto: ANÁLISIS DE ESTABILIDAD PARA LA DETERMINACIÓN DEL RIESGO POR DESLIZAMIENTO DEL ACANTILADO DE LA COSTA VERDE, DISTRITO BARRANCO

Fecha: 28/03/2021

Distrito: Barranco

Sección: S012

Elaborado por: BSR ; LVH



Material	$\phi_{Internal}$ (°)	ϕ (°)
Conglomerado	41	28
Finos	35	26

Geometría: Normal

Desplazamiento: 67.67 m

ANÁLISIS DE RUNOUT

Proyecto: ANÁLISIS DE ESTABILIDAD PARA LA DETERMINACIÓN DEL RIESGO POR DESLIZAMIENTO DEL ACANTILADO DE LA COSTA VERDE, DISTRITO BARRANCO

Fecha: 28/03/2021

Distrito: Barranco

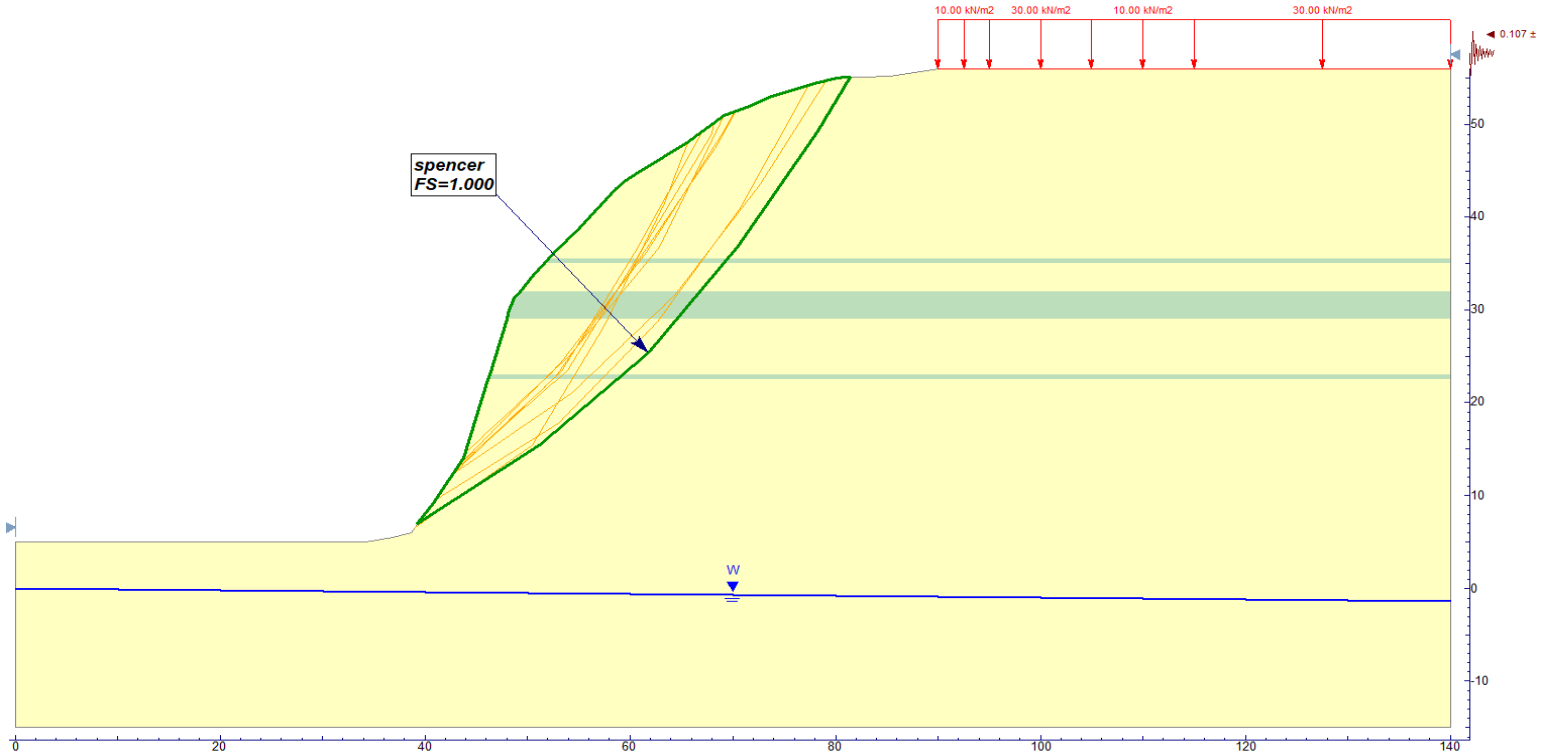
Sección: S013A

Elaborado por: BSR ; LVH

Material	γ_{Nat} (kPa)	γ_{Sat} (kPa)	C (kPa)	ϕ (°)
Conglomerado	21.0	22.0	47.62	40.64
Finos	17.0	18.0	18.50	34.80

Ky = 0.107

Falla global - Tipo no circular



ANÁLISIS DE RUNOUT

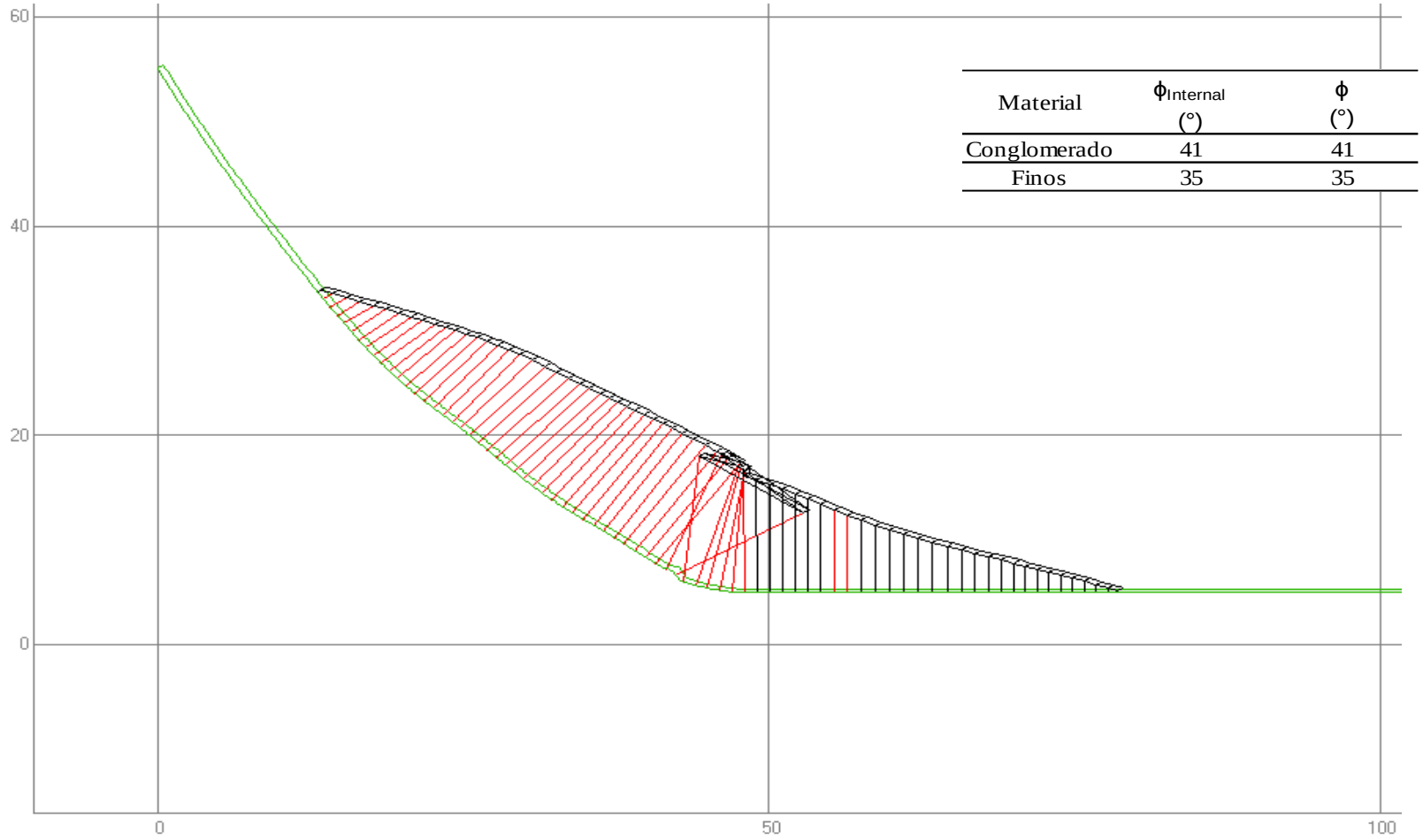
Proyecto: ANÁLISIS DE ESTABILIDAD PARA LA DETERMINACIÓN DEL RIESGO POR DESLIZAMIENTO DEL ACANTILADO DE LA COSTA VERDE, DISTRITO BARRANCO

Fecha: 28/03/2021

Distrito: Barranco

Sección: S013A

Elaborado por: BSR ; LVH



Material	$\phi_{Internal}$ (°)	ϕ (°)
Conglomerado	41	41
Finos	35	35

Geometría: Normal

Desplazamiento: 36.20 m

ANÁLISIS DE RUNOUT

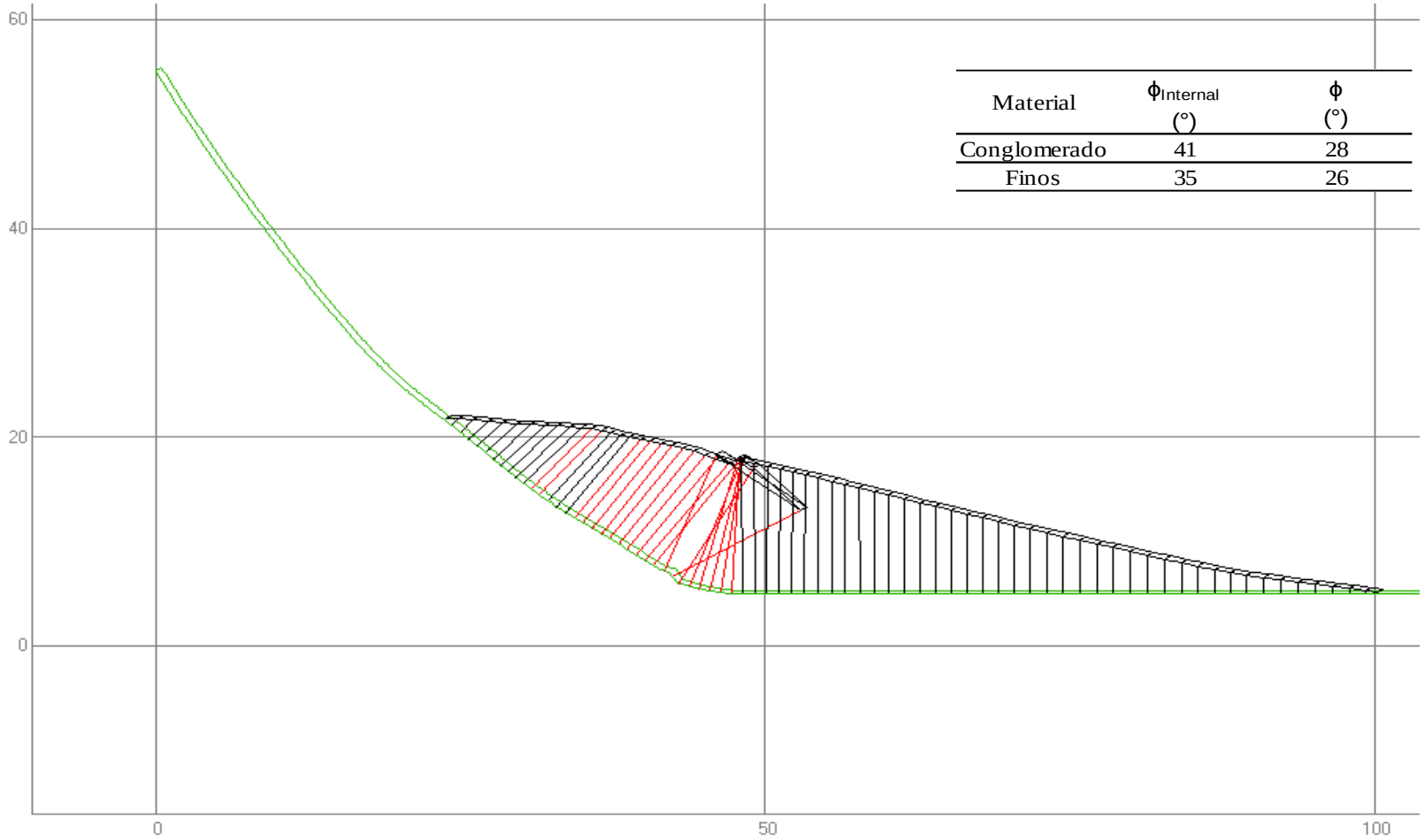
Proyecto: ANÁLISIS DE ESTABILIDAD PARA LA DETERMINACIÓN DEL RIESGO POR DESLIZAMIENTO DEL ACANTILADO DE LA COSTA VERDE, DISTRITO BARRANCO

Fecha: 28/03/2021

Distrito: Barranco

Sección: S013A

Elaborado por: BSR ; LVH



Material	$\phi_{Internal}$ (°)	ϕ (°)
Conglomerado	41	28
Finos	35	26

Geometría: Normal

Desplazamiento: 58.18 m

ANÁLISIS DE RUNOUT

Proyecto: ANÁLISIS DE ESTABILIDAD PARA LA DETERMINACIÓN DEL RIESGO POR DESLIZAMIENTO DEL ACANTILADO DE LA COSTA VERDE, DISTRITO BARRANCO

Fecha: 28/03/2021

Distrito: Barranco

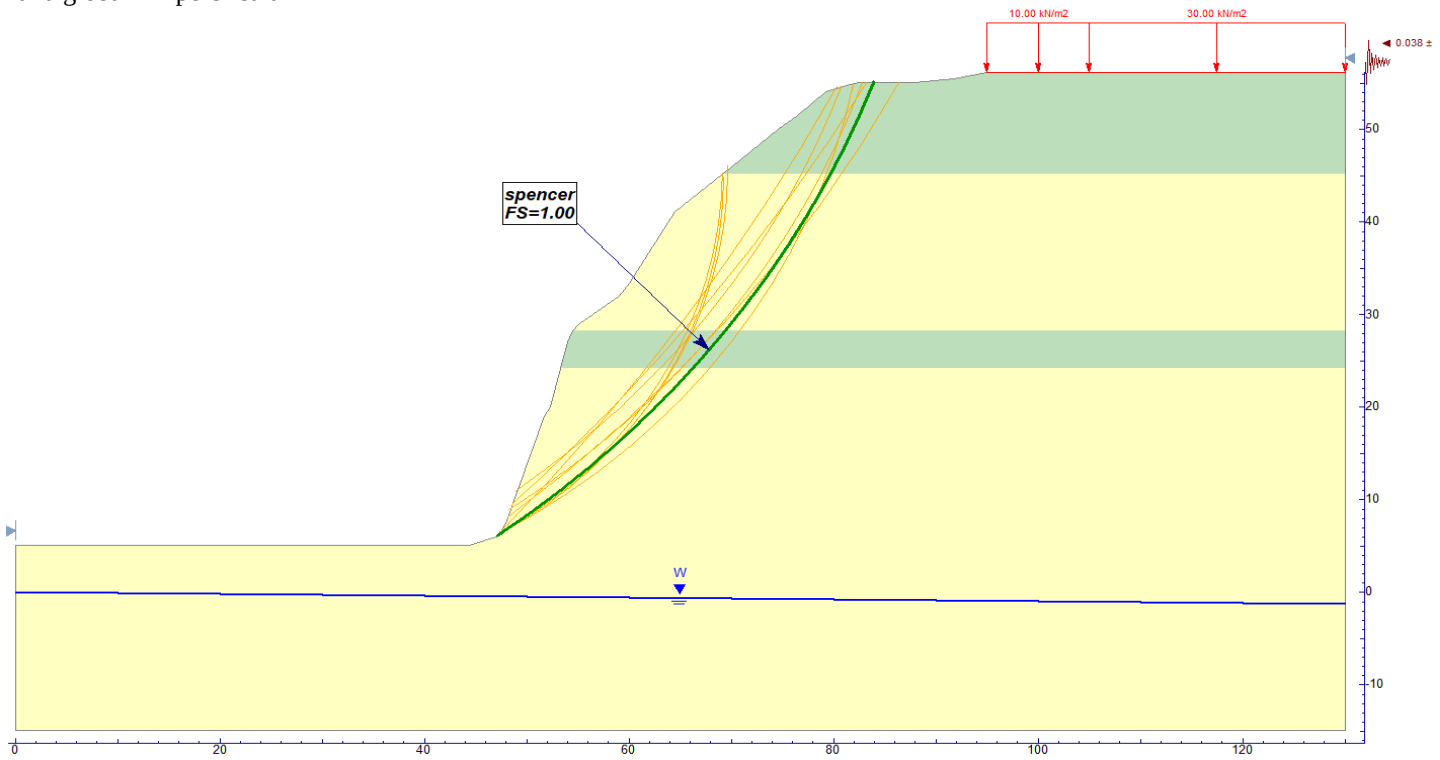
Sección: S013B

Elaborado por: BSR ; LVH

Material	γ_{Nat} (kPa)	γ_{Sat} (kPa)	C (kPa)	ϕ (°)
Conglomerado	21.0	22.0	47.62	40.64
Finos	17.0	18.0	18.50	34.80

Ky = 0.038

Falla global - Tipo circular



ANÁLISIS DE RUNOUT

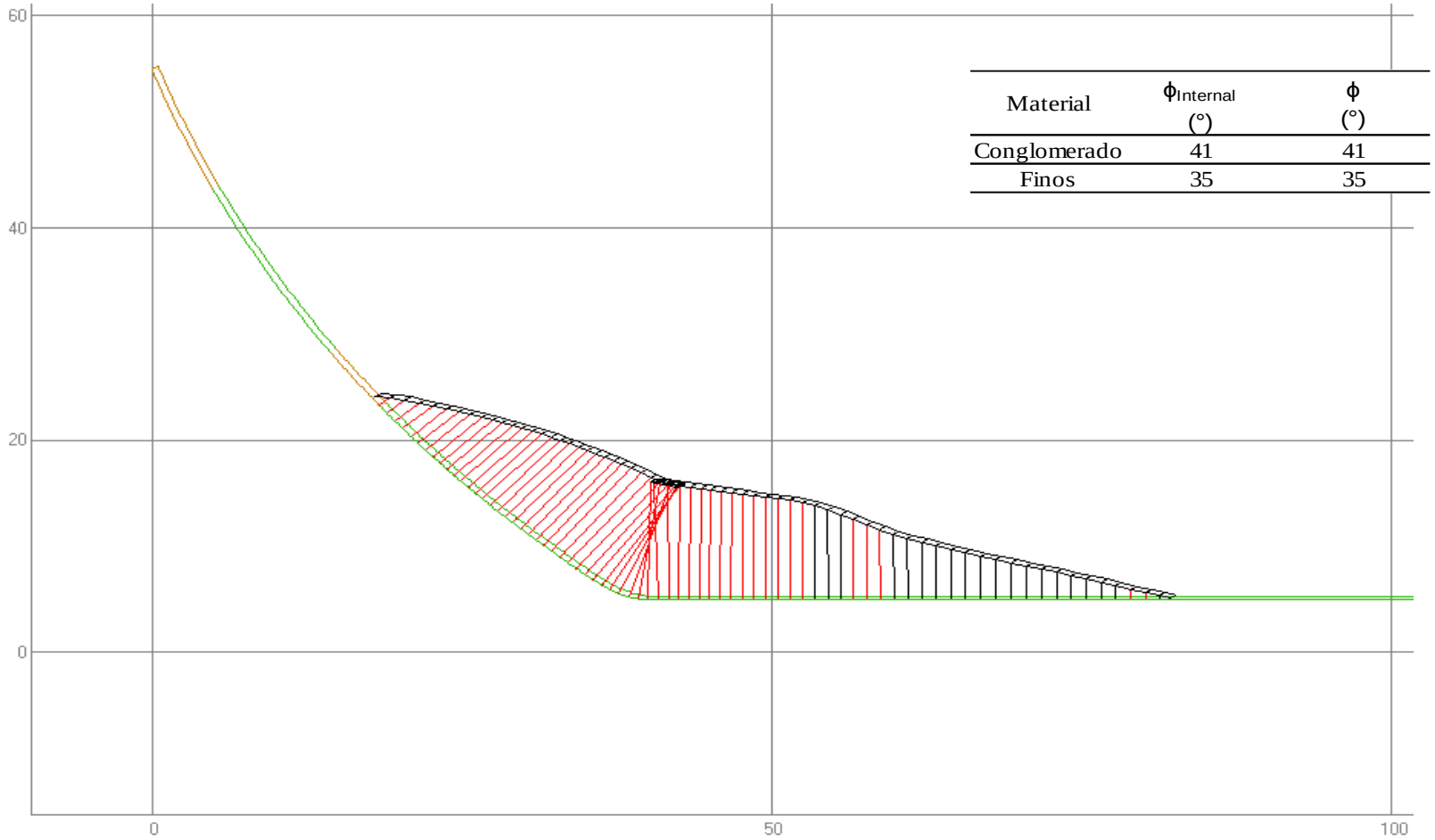
Proyecto: ANÁLISIS DE ESTABILIDAD PARA LA DETERMINACIÓN DEL RIESGO POR DESLIZAMIENTO DEL ACANTILADO DE LA COSTA VERDE, DISTRITO BARRANCO

Fecha: 28/03/2021

Distrito: Barranco

Sección: S013B

Elaborado por: BSR ; LVH



Material	$\phi_{Internal}$ (°)	ϕ (°)
Conglomerado	41	41
Finos	35	35

Geometría: Normal

Desplazamiento: 45.56 m

ANÁLISIS DE RUNOUT

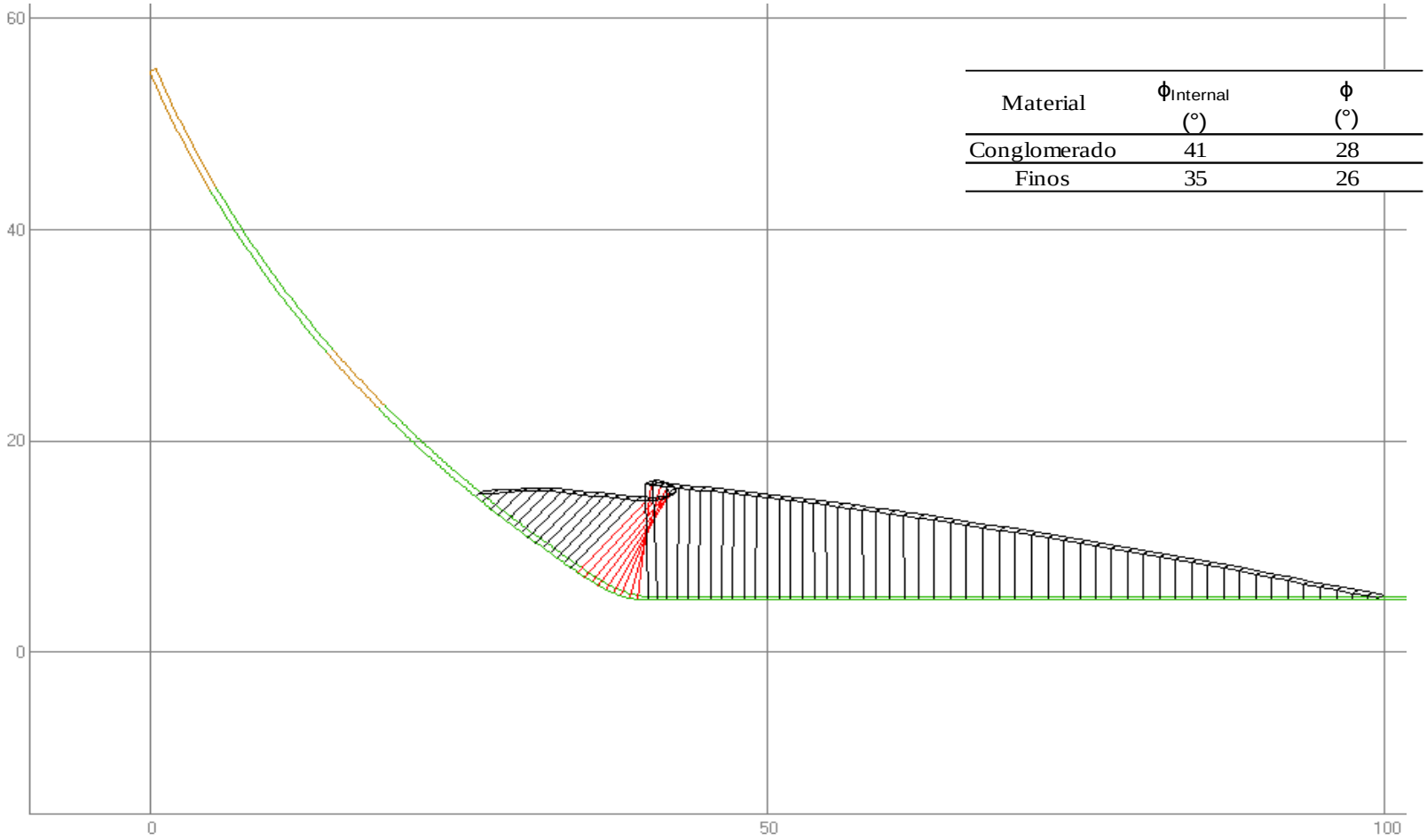
Proyecto: ANÁLISIS DE ESTABILIDAD PARA LA DETERMINACIÓN DEL RIESGO POR DESLIZAMIENTO DEL ACANTILADO DE LA COSTA VERDE, DISTRITO BARRANCO

Fecha: 28/03/2021

Distrito: Barranco

Sección: S013B

Elaborado por: BSR ; LVH



Material	$\phi_{Internal}$ (°)	ϕ (°)
Conglomerado	41	28
Finos	35	26

Geometría: Normal

Desplazamiento: 62.77 m

ANÁLISIS DE RUNOUT

Proyecto: ANÁLISIS DE ESTABILIDAD PARA LA DETERMINACIÓN DEL RIESGO POR DESLIZAMIENTO DEL ACANTILADO DE LA COSTA VERDE, DISTRITO BARRANCO

Fecha: 28/03/2021

Distrito: Barranco

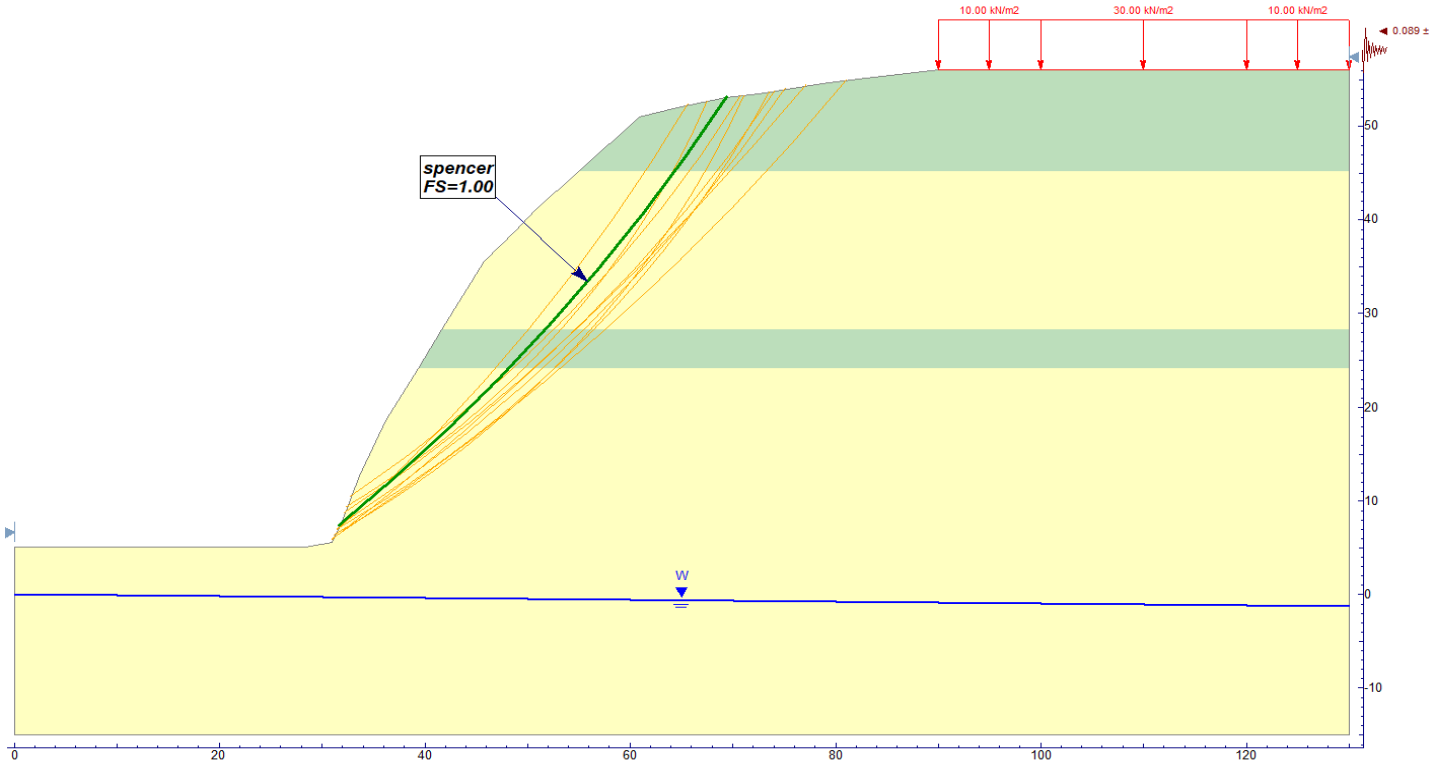
Sección: S013C

Elaborado por: BSR ; LVH

Material	γ_{Nat} (kPa)	γ_{Sat} (kPa)	C (kPa)	ϕ (°)
Conglomerado	21.0	22.0	47.62	40.64
Finos	17.0	18.0	18.50	34.80

Ky = 0.089

Falla global - Tipo circular



ANÁLISIS DE RUNOUT

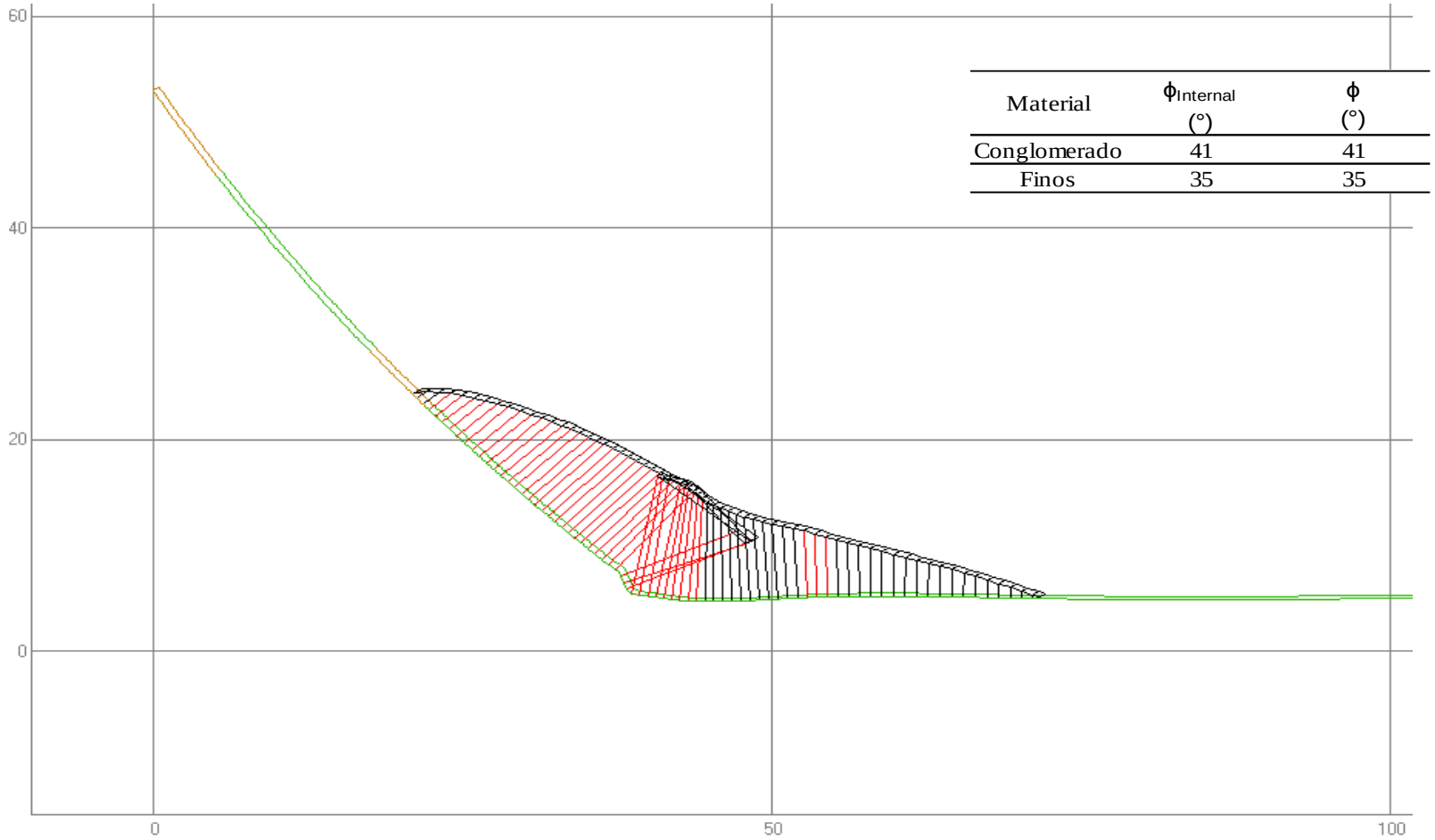
Proyecto: ANÁLISIS DE ESTABILIDAD PARA LA DETERMINACIÓN DEL RIESGO POR DESLIZAMIENTO DEL ACANTILADO DE LA COSTA VERDE, DISTRITO BARRANCO

Fecha: 28/03/2021

Distrito: Barranco

Sección: S013C

Elaborado por: BSR ; LVH



Material	$\phi_{Internal}$ (°)	ϕ (°)
Conglomerado	41	41
Finos	35	35

Geometría: Normal

Desplazamiento: 34.02 m

ANÁLISIS DE RUNOUT

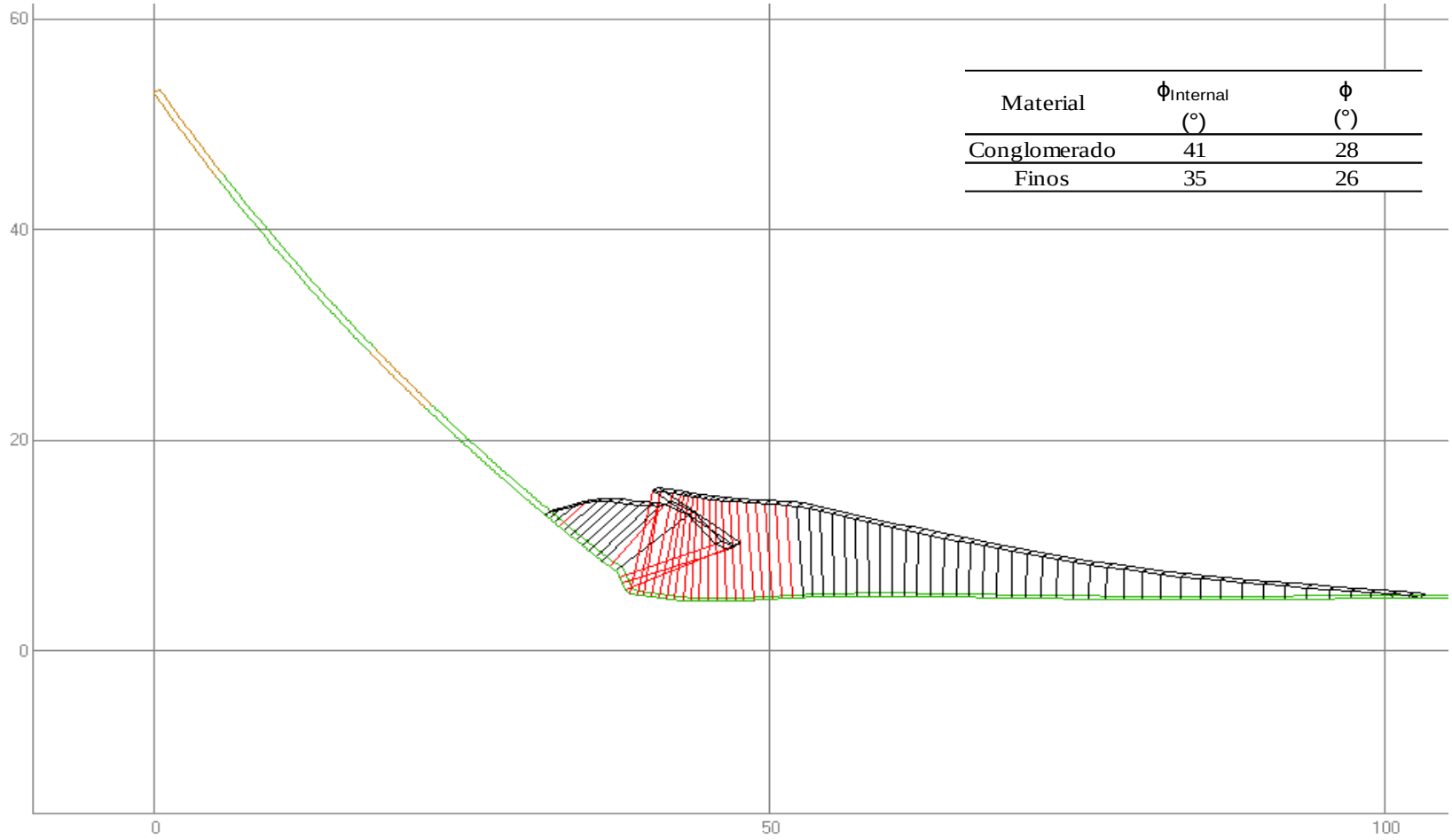
Proyecto: ANÁLISIS DE ESTABILIDAD PARA LA DETERMINACIÓN DEL RIESGO POR DESLIZAMIENTO DEL ACANTILADO DE LA COSTA VERDE, DISTRITO BARRANCO

Fecha: 28/03/2021

Distrito: Barranco

Sección: S013C

Elaborado por: BSR ; LVH



Material	$\phi_{Internal}$ (°)	ϕ (°)
Conglomerado	41	28
Finos	35	26

Geometría: Normal

Desplazamiento: 65.21 m

ANÁLISIS DE RUNOUT

Proyecto: ANÁLISIS DE ESTABILIDAD PARA LA DETERMINACIÓN DEL RIESGO POR DESLIZAMIENTO DEL ACANTILADO DE LA COSTA VERDE, DISTRITO BARRANCO

Fecha: 28/03/2021

Distrito: Barranco

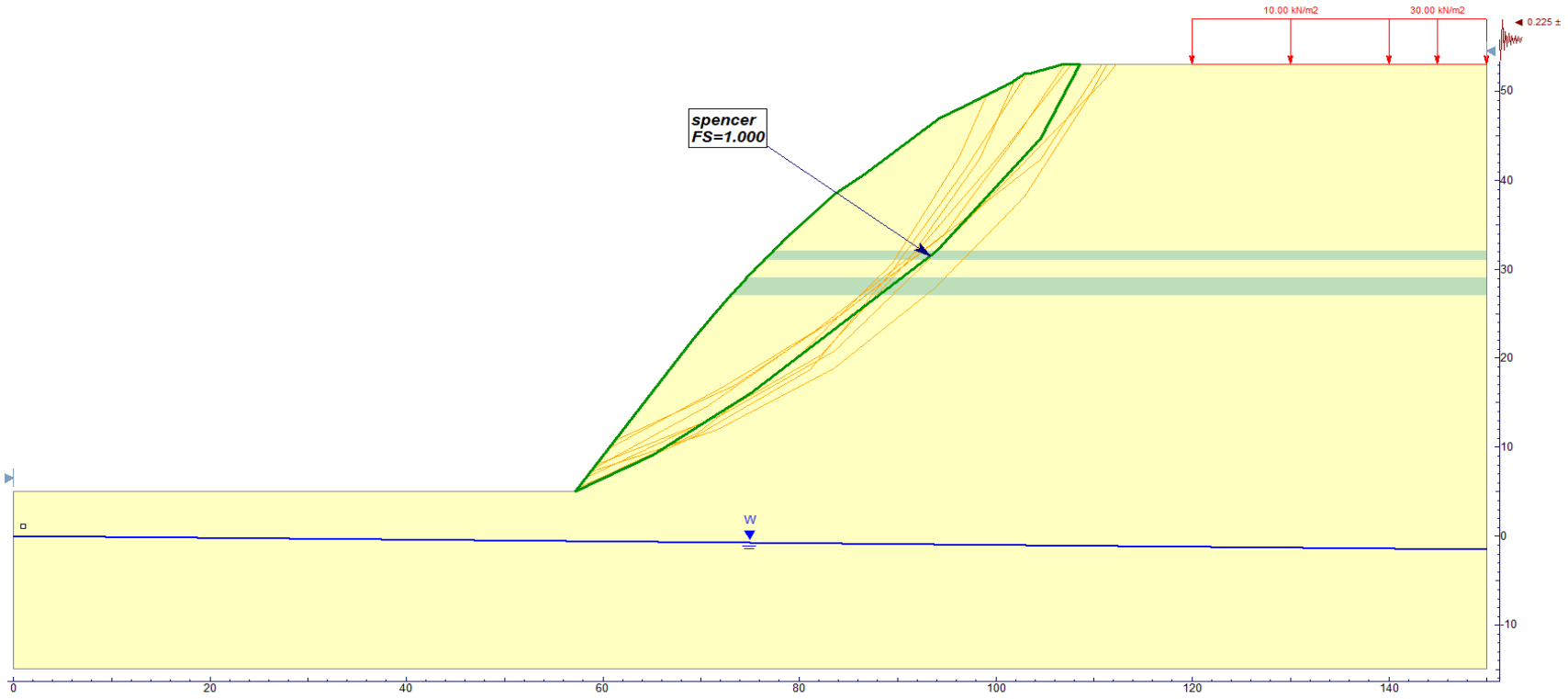
Sección: S016A

Elaborado por: BSR ; LVH

Material	γ_{Nat} (kPa)	γ_{Sat} (kPa)	C (kPa)	ϕ (°)
Conglomerado	21.0	22.0	47.62	40.64
Finos	17.0	18.0	18.50	34.80

Ky = 0.225

Falla global - Tipo no circular



ANÁLISIS DE RUNOUT

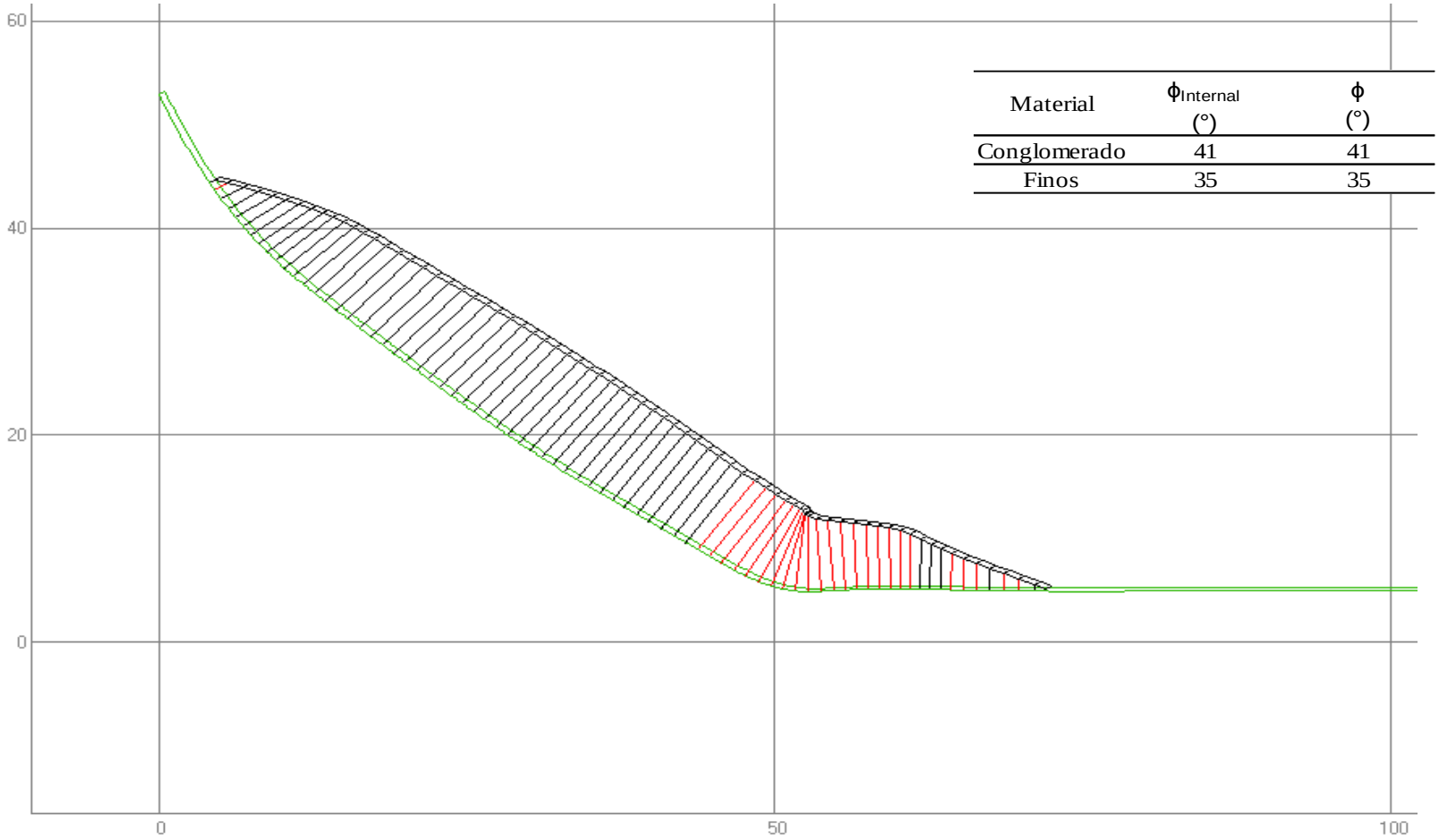
Proyecto: ANÁLISIS DE ESTABILIDAD PARA LA DETERMINACIÓN DEL RIESGO POR DESLIZAMIENTO DEL ACANTILADO DE LA COSTA VERDE, DISTRITO BARRANCO

Fecha: 28/03/2021

Distrito: Barranco

Sección: S016A

Elaborado por: BSR ; LVH



Material	$\phi_{Internal}$ (°)	ϕ (°)
Conglomerado	41	41
Finos	35	35

Geometría: Normal

Desplazamiento: 20.76 m

ANÁLISIS DE RUNOUT

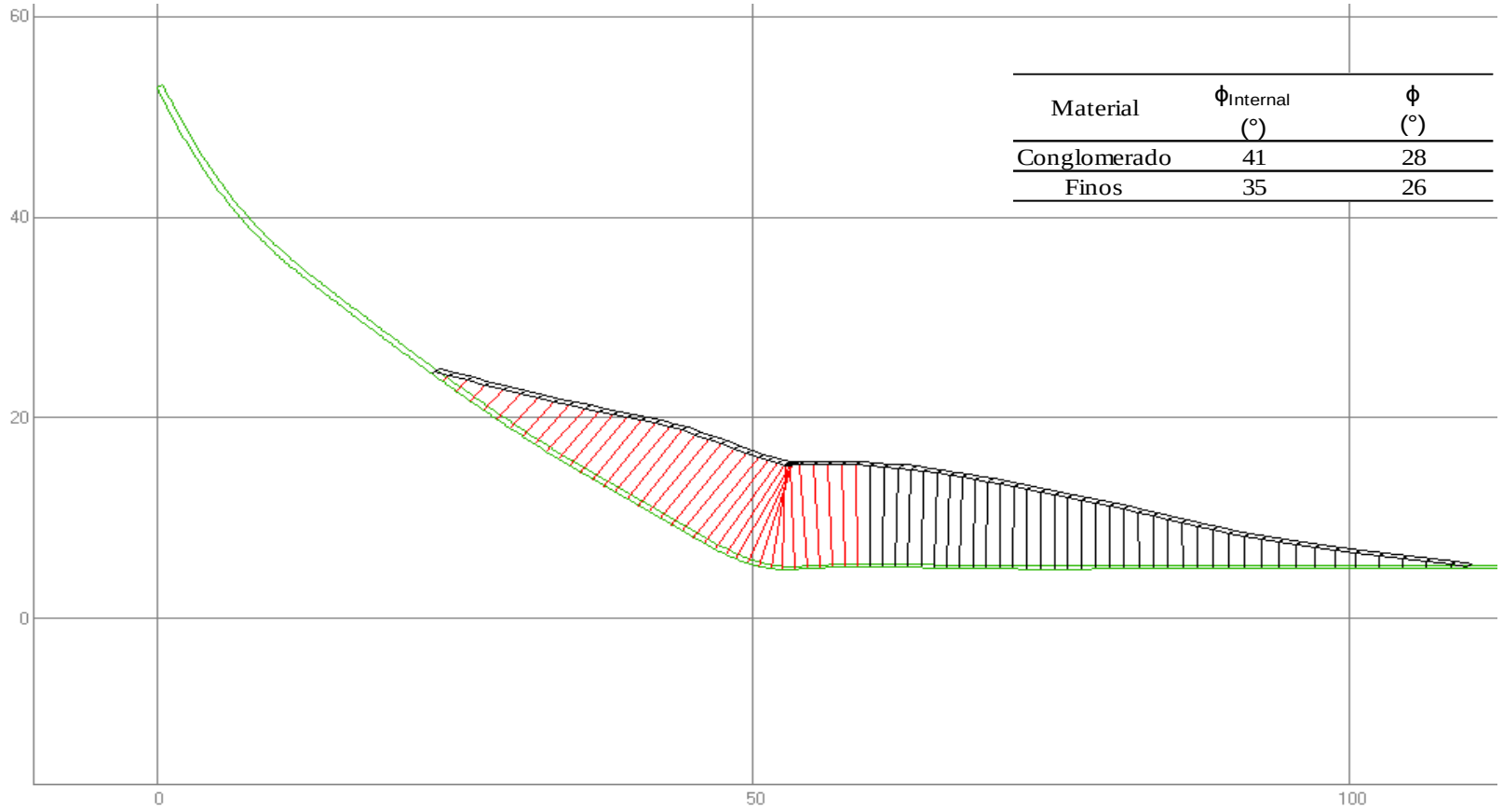
Proyecto: ANÁLISIS DE ESTABILIDAD PARA LA DETERMINACIÓN DEL RIESGO POR DESLIZAMIENTO DEL ACANTILADO DE LA COSTA VERDE, DISTRITO BARRANCO

Fecha: 28/03/2021

Distrito: Barranco

Sección: S016A

Elaborado por: BSR ; LVH



Material	$\phi_{Internal}$ (°)	ϕ (°)
Conglomerado	41	28
Finos	35	26

Geometría: Normal

Desplazamiento: 58.54 m

ANÁLISIS DE RUNOUT

Proyecto: ANÁLISIS DE ESTABILIDAD PARA LA DETERMINACIÓN DEL RIESGO POR DESLIZAMIENTO DEL ACANTILADO DE LA COSTA VERDE, DISTRITO BARRANCO

Fecha: 28/03/2021

Distrito: Barranco

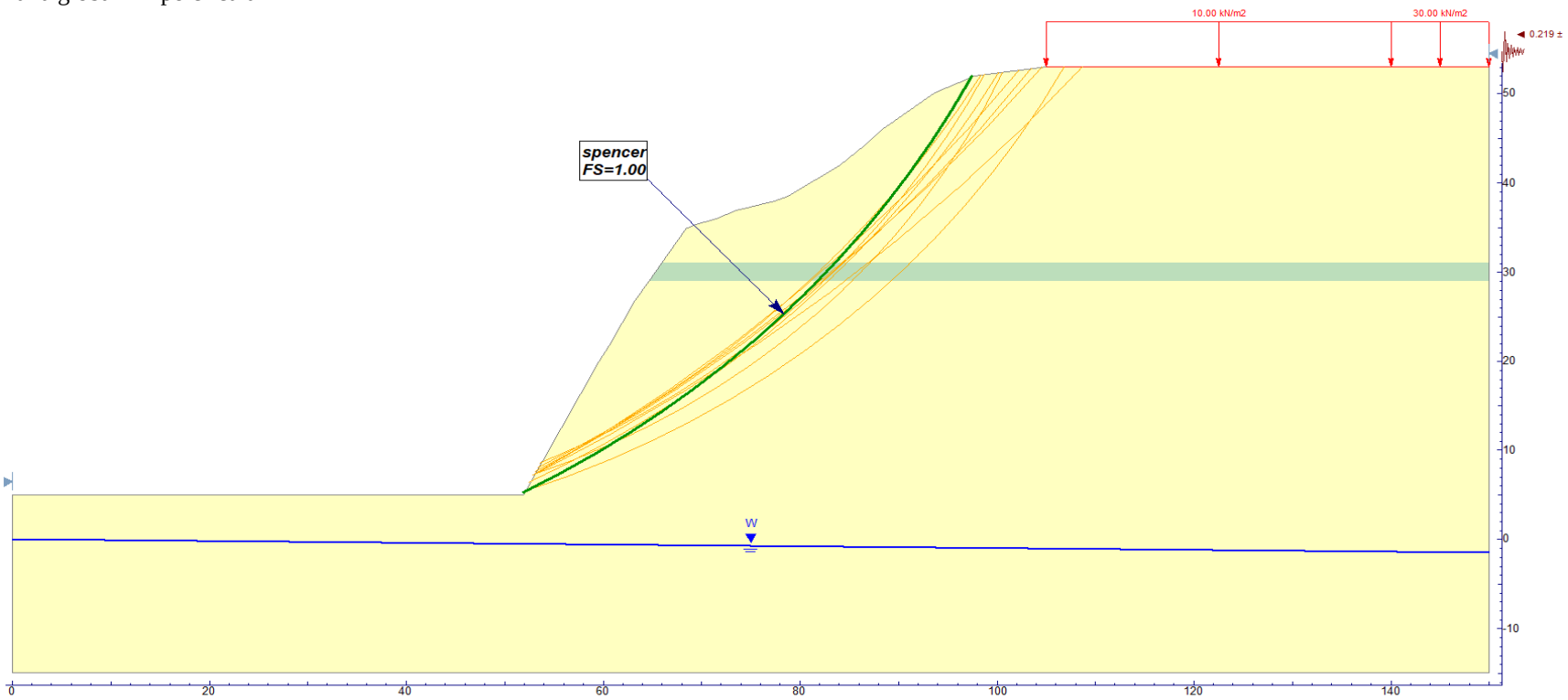
Sección: S017B

Elaborado por: BSR ; LVH

Material	γ_{Nat} (kPa)	γ_{Sat} (kPa)	C (kPa)	ϕ (°)
Conglomerado	21.0	22.0	47.62	40.64
Finos	17.0	18.0	18.50	34.80

Ky = 0.219

Falla global - Tipo circular



ANÁLISIS DE RUNOUT

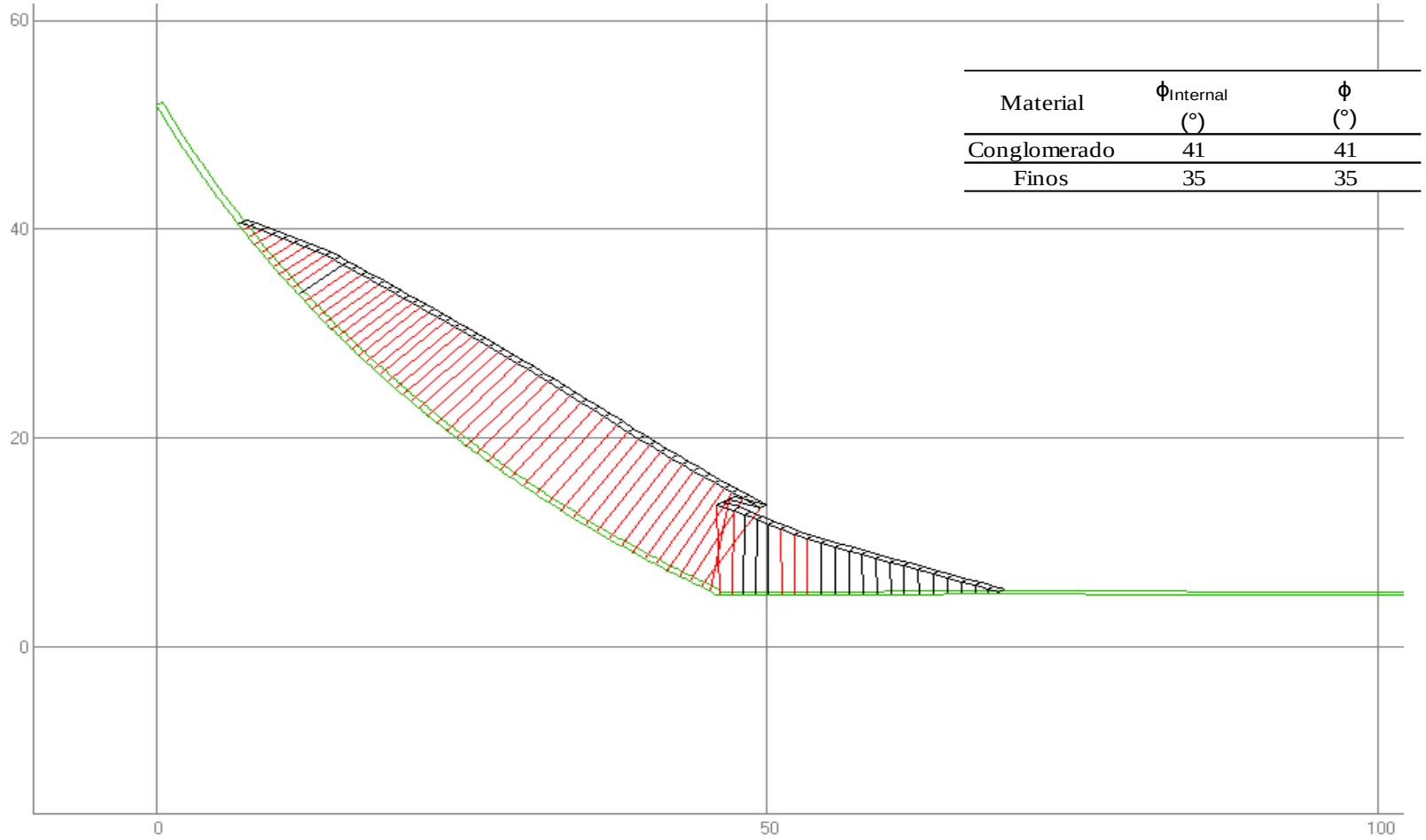
Proyecto: ANÁLISIS DE ESTABILIDAD PARA LA DETERMINACIÓN DEL RIESGO POR DESLIZAMIENTO DEL ACANTILADO DE LA COSTA VERDE, DISTRITO BARRANCO

Fecha: 28/03/2021

Distrito: Barranco

Sección: S017B

Elaborado por: BSR ; LVH



Material	$\phi_{Internal}$ (°)	ϕ (°)
Conglomerado	41	41
Finos	35	35

Geometría: Normal

Desplazamiento: 23.46 m

ANÁLISIS DE RUNOUT

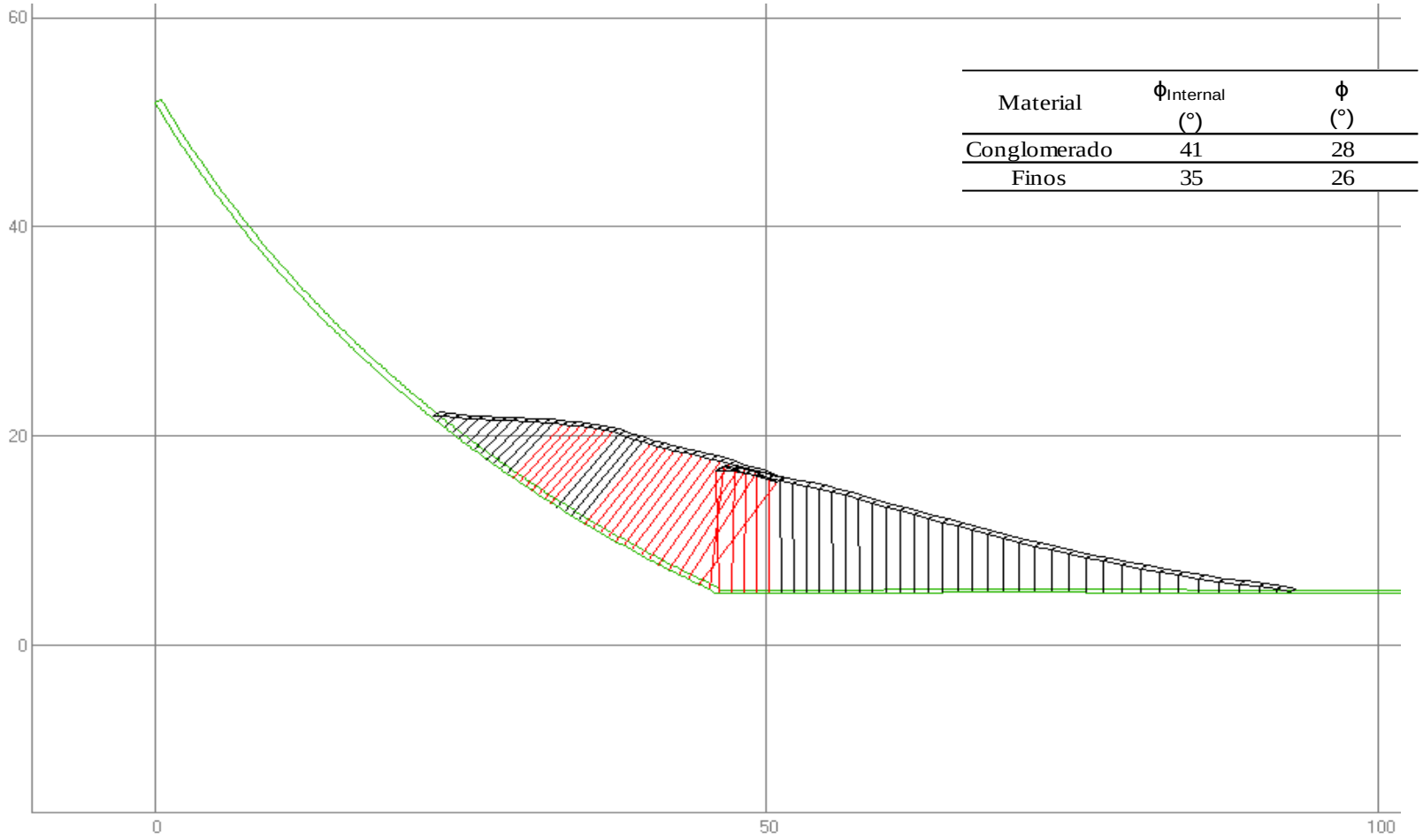
Proyecto: ANÁLISIS DE ESTABILIDAD PARA LA DETERMINACIÓN DEL RIESGO POR DESLIZAMIENTO DEL ACANTILADO DE LA COSTA VERDE, DISTRITO BARRANCO

Fecha: 28/03/2021

Distrito: Barranco

Sección: S017B

Elaborado por: BSR ; LVH



Material	$\phi_{Internal}$ (°)	ϕ (°)
Conglomerado	41	28
Finos	35	26

Geometría: Normal

Desplazamiento: 49.73 m

Anexo C.2. Matriz de Vulnerabilidad

Anexo C.2 Matriz de Vulnerabilidad

La matriz de Vulnerabilidad se elaboró para los fines de la investigación, adaptando lineamientos concernientes a la vulnerabilidad por deslizamiento a partir del estudio de Ciudades Sostenibles (2014). Se hace énfasis en la división del entorno urbano sobre el talud, elementos que se desarrollen en el talud y el entorno al pie del talud. Sobre estos niveles urbanos diferenciados se evalúa de manera descriptiva la ubicación en relación al borde o pie del talud; la afluencia o concurrencia de personas y el uso o relevancia de cada infraestructura.

Todos los parámetros de la matriz de vulnerabilidad se calificaron de acuerdo a los descrito en el Anexo B.

1.1. Ubicación de Edificaciones sobre el Talud.

El factor de ubicación de edificaciones sobre el talud se evalúa en función a la distancia de la edificación en relación al borde del talud de la Costa Verde. Se toma en consideración una distancia segura del borde a partir de los cincuenta metros (Ciudades Sostenibles, 2014). Las edificaciones que estén dentro de este rango serán evaluadas según la distancia en metros desde el borde del talud. Se debe considerar una valoración de cero cuando se estime del análisis de estabilidad que la falla compromete la cimentación de la estructura. El factor representa el 16% de la máxima puntuación de vulnerabilidad y se realizará de acuerdo a la *Tabla 1*.

Tabla 1. Valoración del factor de Ubicación de Edificaciones sobre el Talud.

Factor	Calificación				
Ubicación de Edificaciones sobre el Talud	Muy Alto	Alto	Moderado	Bajo	Muy Bajo
Distancia media de Edificaciones respecto del borde del talud (m)	Entre 0 a 10m; la edificación está dentro del sector que falla en el análisis pseudo-estático	Entre 10 a 20m	Entre 20 a 30m	Entre 30 a 50m	Mayor a 50m
Valoración	0	4	8	12	16

Nota: Elaboración propia

1.2. Ubicación de Infraestructura al pie del Talud.

El factor de ubicación de infraestructura al pie del talud se evalúa en función a los análisis de Runout de la investigación. De los resultados estimados de las distancias potenciales de derrumbe se determinará la infraestructura comprometida al pie del talud. El factor representa el 16% de la máxima puntuación de vulnerabilidad y se realizará de acuerdo a la *Tabla 2*

Tabla 2. Valoración del factor de Ubicación de Infraestructura al pie del Talud.

Factor	Calificación				
Ubicación de Infraestructura al pie del Talud	Muy Alto	Alto	Moderado	Bajo	Muy Bajo
Infraestructura potencialmente afectada al pie del talud	Afecta hasta Edificaciones	Afecta espacios de circulación peatonal	Afecta ambos sentidos de la vía rápida vehicular	Afecta solo un sentido de la vía rápida vehicular	Bajo o inexistente potencial de derrumbe
Valoración	0	4	8	12	16

Nota: Elaboración propia

1.3. Afluencia de Personas en Zona Alta.

El factor de afluencia de personas en zona alta se evaluará de manera descriptiva. Se otorgará una valoración de acuerdo a si se considere una afluencia alta, media o baja en el sector. Las consideraciones para la afluencia alta como centros de comercios, turísticos o espacios públicos muy concurridos. La afluencia media considera avenidas, viviendas multifamiliares o espacios públicos poco concurridos. Por último, una afluencia baja cuando se observe viviendas unifamiliares, calles de menor tránsito o similar. El factor representa el 16% de la máxima puntuación de vulnerabilidad y se realizará de acuerdo a la *Tabla 3*.

Tabla 3. Valoración del factor de Afluencia de Personas en Zona Alta.

Factor	Calificación		
Afluencia de Personas en Zona Alta			
Nivel de Afluencia	Afluencia Alta; Centros de comercio, espacios abiertos muy concurridos, zonas turísticas	Afluencia Media; Avenidas, viviendas multifamiliares, espacios abiertos poco concurridos	Afluencia Baja; Calles, viviendas unifamiliares

Factor	Calificación		
Valoración	0	8	16

Nota: Elaboración propia

1.4. Afluencia de Personas en Zona Intermedia.

El factor de afluencia de personas en zona intermedia se evaluará de manera descriptiva. Hace referencia principalmente a la afluencia mediante accesos que atraviesan por el talud. Se otorgará una valoración de acuerdo a si se considere una afluencia alta, media o baja en el sector. Las consideraciones para la afluencia alta como centros de comercios, turísticos o espacios públicos muy concurridos. La afluencia media considera avenidas, viviendas multifamiliares o espacios públicos poco concurridos. Por último, una afluencia baja cuando se observe viviendas unifamiliares, calles de menor tránsito o similar. El factor representa el 16% de la máxima puntuación de vulnerabilidad y se realizará de acuerdo a la *Tabla 4*.

Tabla 4. Valoración del factor de Afluencia de Personas en Zona Intermedia.

Factor	Calificación		
Afluencia de Personas en Zona Intermedia			
Nivel de Afluencia	Afluencia Alta; Centros de comercio; espacios abiertos muy concurridos; zonas turísticas	Afluencia Media; Avenidas, viviendas multifamiliares; espacios abiertos poco concurridos	Afluencia Baja; Calles, viviendas unifamiliares
Valoración	0	8	16

Nota: Elaboración propia

1.5. Afluencia de Personas en Zona Baja.

El factor de afluencia de personas en zona baja se evaluará de manera descriptiva. Se otorgará una valoración de acuerdo a si se considere una afluencia alta, media o baja en el sector. Las consideraciones para la afluencia alta como centros de comercios, turísticos o espacios públicos muy concurridos. La afluencia media considera avenidas, viviendas multifamiliares o espacios públicos poco concurridos. Por último, una afluencia baja cuando se observe viviendas unifamiliares, calles de menor tránsito o similar. El factor representa el 16% de la máxima puntuación de vulnerabilidad y se realizará de acuerdo a la *Tabla 5*.

Anexo C.2 Matriz de Vulnerabilidad

Tabla 5. Valoración del factor de Afluencia de Personas en Zona Baja.

Factor	Calificación		
Afluencia de Personas en Zona Baja			
Nivel de Afluencia	Afluencia Alta; Centros de comercio; espacios abiertos muy concurridos; zonas turísticas	Afluencia Media; Avenidas, viviendas multifamiliares; espacios abiertos poco concurridos	Afluencia Baja; Calles, viviendas unifamiliares
Valoración	0	8	16

Nota: Elaboración propia

1.6. Uso de Edificaciones en Zona Alta.

El factor de uso de edificaciones evalúa la importancia de la edificación. Se definen cinco rangos dentro de los cuales se calificarán la edificación en la zona alta. Las edificaciones a evaluar serán las que se encuentren dentro de los cincuenta metros del borde del talud. Además, se define un criterio adicional en relación a la importancia de la vía. Se puede calificar una vía principal, vías secundarias, estacionamientos o la ausencia de estas. El factor representa el 10% de la máxima puntuación de vulnerabilidad y se realizará de acuerdo a la *Tabla 6*.

Tabla 6. Valoración del factor de Uso de Edificaciones en Zona Alta.

Factor	Calificación				
Uso de Edificaciones en Zona Alta					
Uso de Edificaciones dentro de los 50m del borde del talud	Edificaciones Importantes (Centros comerciales, museos, centro de bomberos, similares)	Edificaciones de viviendas multifamiliares, oficinas, hoteles, restaurantes, centro de esparcimientos o similares	Edificaciones de viviendas unifamiliares	Edificaciones temporales, casetas de vigilancia, similar	No hay edificaciones dentro de los 50m próximos al borde del talud

Factor	Calificación				
Categoría de vía vehicular	Vías principales		Ciclovía, estacionamientos, vías secundarias		No hay vías
Valoración	0	2.5	5	7.5	10

Nota: Elaboración propia

1.7. Uso de Edificaciones en Zona Baja.

El factor de uso de edificaciones en la zona baja evalúa la importancia de la edificación. Se definen cinco rangos dentro de los cuales se calificarán la edificación en la zona baja. Las edificaciones a evaluar serán las que se encuentren próximas al pie del talud. Además, se define un criterio adicional en relación a la importancia de la vía. Se puede calificar una vía principal, vías secundarias, estacionamientos o la ausencia de estas. El factor representa el 10% de la máxima puntuación de vulnerabilidad y se realizará de acuerdo a la *Tabla 7*.

Tabla 7. Valoración del factor de Uso de Edificaciones en Zona Baja.

Factor	Calificación				
Uso de Edificaciones en Zona Baja					
Uso de Edificaciones próximos al pie del talud	Edificaciones Importantes (Centros comerciales, museos, centro de bomberos, similares)	Edificaciones de viviendas multifamiliares, oficinas, hoteles, restaurantes, centro de esparcimientos o similares	Edificaciones de viviendas unifamiliares	Edificaciones temporales, casetas de vigilancia, similar	No hay edificaciones dentro de los 50m próximos al borde del talud
Categoría de vía próxima al pie del vehicular	Vías principales		Ciclovía, estacionamientos, vías secundarias		No hay vías
Valoración	0	2.5	5	7.5	10

Nota: Elaboración propia

FORMATO DE EVALUACIÓN DE VULNERABILIDAD

Proyecto: ANÁLISIS DE ESTABILIDAD PARA LA DETERMINACIÓN DEL RIESGO POR DESLIZAMIENTO DEL ACANTILADO DE LA COSTA VERDE, DISTRITO BARRANCO
Distrito: Barranco

Fecha: 10/03/2021
Elaborado por: BSR ; LVH

Matriz	Factor	Puntaje Mínimo	Puntaje Máximo	S001	S002	S003	S004	S005	S006	S007	S008	S009	S010	S011	S012	S013	S014	S015	S016	S017
Factores de Vulnerabilidad	Ubicación de las edificaciones (unifamiliares/multifamiliares/locales) al	0	16	4	8	0	0	0	12	4	0	0	4	4	0	4	12	0	4	4
	Ubicación de infraestructura al pie del talud	0	16	0	16	16	0	0	16	0	0	4	8	4	4	4	16	16	4	4
	Afluencia de personas en Zona Alta	0	16	8	8	16	8	16	0	8	8	8	8	16	16	16	16	8	16	16
	Afluencia de personas en Zona Intermedia	0	16	16	16	16	16	0	0	0	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16
	Afluencia de personas en Zona Baja	0	16	8	0	0	8	8	8	8	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Uso de Edificaciones Zona Alta (dentro de los 50 metros)	0	10	2.5	2.5	5	5	5	0	2.5	2.5	2.5	2.5	5	5	5	2.5	2.5	5	5
	Uso de infraestructura Zona Baja	0	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total				38.5	50.5	53	37	29	36	22.5	34.5	30.5	38.5	45	41	45	62.5	42.5	45	45
Resultado:				Vulnerabilidad Alta	Vulnerabilidad Moderada	Vulnerabilidad Moderada	Vulnerabilidad Alta	Vulnerabilidad Alta	Vulnerabilidad Alta	Vulnerabilidad Alta	Vulnerabilidad Alta	Vulnerabilidad Alta	Vulnerabilidad Alta	Vulnerabilidad Moderada	Vulnerabilidad Moderada	Vulnerabilidad Moderada	Vulnerabilidad Baja	Vulnerabilidad Moderada	Vulnerabilidad Moderada	Vulnerabilidad Moderada

Puntaje	Grupo	Vulnerabilidad
80-100	I	Vulnerabilidad muy baja
60-80	II	Vulnerabilidad baja
40-60	III	Vulnerabilidad moderada
20-40	IV	Vulnerabilidad alta
<20	V	Vulnerabilidad muy alta

Anexo C.2. Matriz de Vulnerabilidad

Anexo C.3. Matriz de Riesgo

FORMATO DE EVALUACIÓN DE RIESGO

Proyecto: ANÁLISIS DE ESTABILIDAD PARA LA DETERMINACIÓN DEL RIESGO POR DESLIZAMIENTO DEL ACANTILADO DE LA COSTA VERDE, DISTRITO BARRANCO

Fecha: 10/03/2021

Distrito: Barranco **Sector:** S1 al S17 **Elaborado por:** BSR ; LVH

Valoración del Riesgo

RIESGO = PELIGRO X VULNERABILIDAD

PELIGRO						
	Muy alto					
	Alto					
	Moderado					
	Bajo					
	Muy bajo					
		Muy bajo	Bajo	Moderado	Alto	Muy alto
		VULNERABILIDAD				

Sector	Peligro		Vulnerabilidad		Nivel de Riesgo
	Puntaje Peligro	Nivel de Peligro	Puntaje Vulnerabilidad	Nivel de Vulnerabilidad	
S001	42.5	Peligro moderado	38.5	Vulnerabilidad alta	Riesgo alto
S002	50.5	Peligro moderado	50.5	Vulnerabilidad moderada	Riesgo moderado
S003	51.5	Peligro moderado	53.0	Vulnerabilidad moderada	Riesgo moderado
S004	43.0	Peligro moderado	37.0	Vulnerabilidad alta	Riesgo alto
S005	44.0	Peligro moderado	29.0	Vulnerabilidad alta	Riesgo alto
S006	62.0	Peligro bajo	36.0	Vulnerabilidad alta	Riesgo moderado
S007	42.5	Peligro moderado	22.5	Vulnerabilidad alta	Riesgo alto
S008	31.5	Peligro alto	34.5	Vulnerabilidad alta	Riesgo muy alto
S009	29.5	Peligro alto	30.5	Vulnerabilidad alta	Riesgo muy alto
S010	35.0	Peligro alto	38.5	Vulnerabilidad alta	Riesgo muy alto
S011	34.0	Peligro alto	45.0	Vulnerabilidad moderada	Riesgo alto
S012	37.5	Peligro alto	41.0	Vulnerabilidad moderada	Riesgo alto
S013	31.0	Peligro alto	45.0	Vulnerabilidad moderada	Riesgo alto
S014	55.5	Peligro moderado	62.5	Vulnerabilidad baja	Riesgo moderado
S015	56.5	Peligro moderado	42.5	Vulnerabilidad moderada	Riesgo moderado
S016	47.5	Peligro moderado	45.0	Vulnerabilidad moderada	Riesgo moderado
S017	42.5	Peligro moderado	45.0	Vulnerabilidad moderada	Riesgo moderado

Valoración de Riesgo
Riesgo muy bajo
Riesgo bajo
Riesgo Moderado
Riesgo alto
Riesgo Muy Alto

Anexo C.3 Matriz de Riesgo

Anexo D Análisis de respuesta sísmica

Anexo D.1. Análisis de Respuesta Sísmica por Métodos Simplificados – EPU NTP E030

Análisis de Desplazamientos Permanentes por Sismo
Metodo de Bray - Macedo & Travasarou - 2018

Proyecto: ANÁLISIS DE ESTABILIDAD PARA LA DETERMINACIÓN DEL RIESGO POR DESLIZAMIENTO DEL ACANTILADO DE LA COSTA VERDE, DISTRITO BARRANCO

Fecha: 9/03/2021

Distrito: Barranco

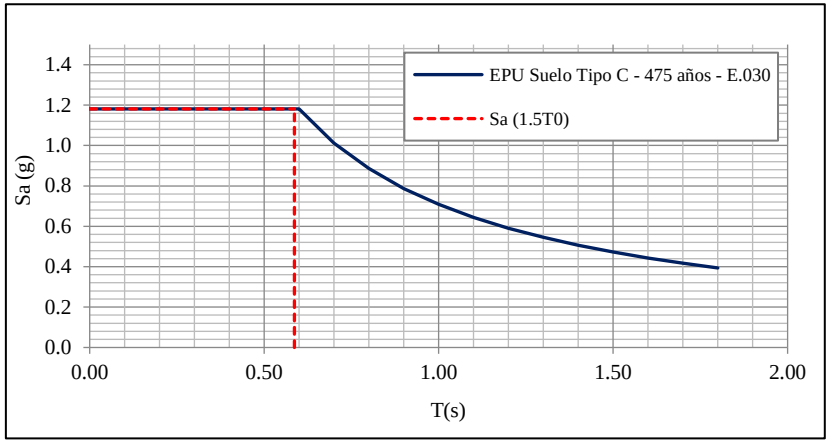
Sección: S001

Elaborado por: LVH ; BSR

1. Input

Ky:	0.1940	g
H (m):	44	m
$Vs_{máx}$:	450	m/s
T_0:	0.391	s
Mw:	8.4	
d:	24.00	cm
1.5T0:	0.587	s
PGA:	1.18	g
$Sa_{(1.5T0:)}$	1.18	g

EPU Suelo Tipo C - 475 años - E.030



2. Formulaciones

- $P(D=0)$
$= 1 - F\left(m - n * \ln(k_y) - p * (\ln(k_y))^2 - q * T_0 * \ln(k_y) + r * T_0 + s * S_a(1.5T_0)\right)$
  - *Para* $T_0 \leq 0.7$: $m = -2.64$, $n = 3.20$ $p = 0.17$, $q = 0.49$, $r = 2.09$, s=2.91
  - *Para* $T_0 > 0.7$: $m = -3.53$, $n = 4.78$, $p = 0.34$ $q = 0.30$, $r = 0.67$, s=2.66
- $\ln(D) = -a_1 - 3.353 * \ln(k_y) - 0.390 * (\ln(k_y))^2 + 0.538 * \ln(k_y) * \ln(b)$
$+3.060 * \ln(b) - 0.225 * (\ln(b))^2 + a_2 * T_0 + a_3 * (T_0)^2 + 0.550 * M \pm \varepsilon$
  - *Para* $T_0 \leq 0.1$: $a1 = 6.896$, $b = S_a(1.5T_0)$, $a_2 = 3.081$, $a_3 = -0.803$
  - *Para* $T_0 > 0.1$: $a1 = 5.864, b = S_a(1.5T_0), a_2 = -9.421, a_3 = 0.0$
- $P(D > d) = [1 - P(D=0)] * (1 - F\left(\frac{\ln d - \ln \hat{d}}{\sigma}\right))$

T (s)	Sa (g)
PGA (T=0)	1.18
0.60	1.18
0.70	1.01
0.80	0.89
0.90	0.79
1.00	0.71
1.10	0.64
1.20	0.59
1.30	0.55
1.40	0.51
1.50	0.47
1.60	0.44
1.70	0.42
1.80	0.39

3. Resultados

Mw	K_y	T_0	PGA	$Sa_{(1.5T0)}$	$P_{(D=0)}$	Deformación Permanente por sismo (cm)*			P(D>d)
						Mín	Promedio	Máx	
8.4	0.194	0.391	1.18	1.18	0.00	17.9	37.1	76.9	0.72

Abreviaturas:

d: Deformación Permanente Máxima considerada para la estructura analizada.
To : Período Fundamental (ver "Simplified Seismic Slope Displacement Procedures" - Bray, 2018).
H: Altura promedio de apilamiento, definido por la potencial superficie de falla.
e: Variable aleatoria de distribución normal con media (m) cero y desviación estándar (s) igual a 0.73.
P(D=0): Probabilidad de ocurrencia de una deformación permanente despreciable (<1 cm).
P(D>d): Probabilidad de ocurrencia de una deformación permanente mayor a la máxima (d).
***d*̂:** Deformación permanente calculada para la media de ln (D) ;
g: gravedad.
***** Los valores Mín. y Máx. de Deformación permanente fueron calculados para valores de ln(D) +/- s.

PGA: Aceleración Horizontal Máxima (T=0).
Sa(1.5T0): Aceleración Espectral Degradada.
Mw: Magnitud de Momento Sísmico.
FSpse: Factor de seguridad pseudoestático.
Ky: Aceleración de fluencia.
Vsmáx: Velocidad de Corte máxima promedio.
F: Función de Distribución Normal Acumulada.
Def. Perm.: Deformación Permanente por Sismo.

Referencia:

Simplified Procedure For Estimating Seismic Slope Displacements In Subduction Zones Earthquakes" (Bray, Macedo and Travasarou, 2018).

Análisis de Desplazamientos Permanentes por Sismo
Metodo de Bray - Macedo & Travasarou - 2018

Proyecto: ANÁLISIS DE ESTABILIDAD PARA LA DETERMINACIÓN DEL RIESGO POR DESLIZAMIENTO DEL ACANTILADO DE LA COSTA VERDE, DISTRITO BARRANCO

Fecha: 18/03/2021

Distrito: Barranco

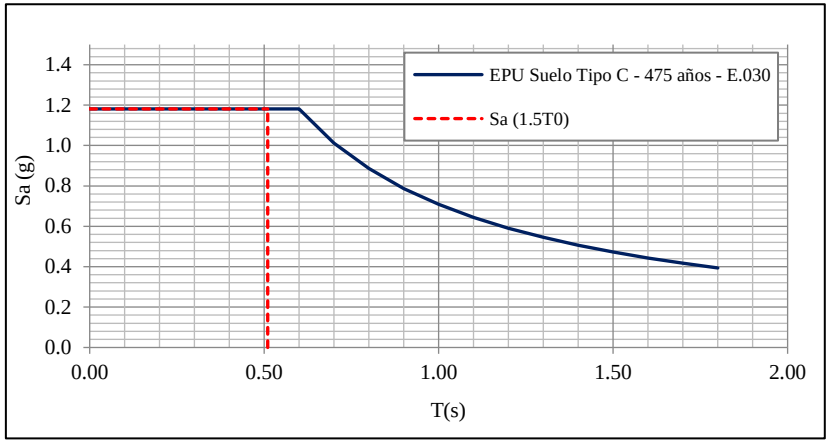
Sección: S004

Elaborado por: BSR; LVH

1. Input

Ky:	0.1670	g
H (m):	38.26	m
$Vs_{máx}$:	450	m/s
T_0:	0.340	s
Mw:	8.4	
d:	22.00	cm
1.5T0:	0.510	s
PGA:	1.18	g
$Sa_{(1.5T0:)}$	1.18	g

EPU Suelo Tipo C - 475 años - E.030



2. Formulaciones

- $P(D=0)$
$= 1 - F\left(m - n * \ln(k_y) - p * (\ln(k_y))^2 - q * T_0 * \ln(k_y) + r * T_0 + s * S_a(1.5T_0)\right)$
  - *Para* $T_0 \le 0.7$: $m = -2.64$, $n = 3.20$ $p = 0.17$, $q = 0.49$, $r = 2.09$, s=2.91
  - *Para* $T_0 > 0.7$: $m = -3.53$, $n = 4.78$, $p = 0.34$ $q = 0.30$, $r = 0.67$, s=2.66
- $\ln(D) = -a_1 - 3.353 * \ln(k_y) - 0.390 * (\ln(k_y))^2 + 0.538 * \ln(k_y) * \ln(b)$
$+3.060 * \ln(b) - 0.225 * (\ln(b))^2 + a_2 * T_0 + a_3 * (T_0)^2 + 0.550 * M \pm \varepsilon$
  - *Para* $T_0 \le 0.1$: $a1 = 6.896$, $b = S_a(1.5T_0)$, $a_2 = 3.081$, $a_3 = -0.803$
  - *Para* $T_0 > 0.1$: $a1 = 5.864, b = S_a(1.5T_0), a_2 = -9.421, a_3 = 0.0$
- $P(D > d) = [1 - P(D=0)] * (1 - F\left(\frac{\ln d - \ln \hat{d}}{\sigma}\right))$

T (s)	Sa (g)
PGA (T=0)	1.18
0.60	1.18
0.70	1.01
0.80	0.89
0.90	0.79
1.00	0.71
1.10	0.64
1.20	0.59
1.30	0.55
1.40	0.51
1.50	0.47
1.60	0.44
1.70	0.42
1.80	0.39

3. Resultados

Mw	K_y	T_0	PGA	$Sa_{(1.5T0)}$	$P_{(D=0)}$	Deformación Permanente por sismo (cm)*			P(D>d)
						Mín	Promedio	Máx	
8.4	0.167	0.340	1.18	1.18	0.00	21.0	43.5	90.4	0.83

Abreviaturas:

d: Deformación Permanente Máxima considerada para la estructura analizada.
To : Período Fundamental (ver "Simplified Seismic Slope Displacement Procedures" - Bray, 2018).
H: Altura promedio de apilamiento, definido por la potencial superficie de falla.
e: Variable aleatoria de distribución normal con media (m) cero y desviación estándar (s) igual a 0.73.
P(D=0): Probabilidad de ocurrencia de una deformación permanente despreciable (<1 cm).
P(D>d): Probabilidad de ocurrencia de una deformación permanente mayor a la máxima (d).
***d*̂:** Deformación permanente calculada para la media de ln (D) ;
g: gravedad.
***** Los valores Mín. y Máx. de Deformación permanente fueron calculados para valores de ln(D) +/- s.

PGA: Aceleración Horizontal Máxima (T=0).
Sa(1.5T0): Aceleración Espectral Degradada.
Mw: Magnitud de Momento Sísmico.
FSpse: Factor de seguridad pseudoestático.
Ky: Aceleración de fluencia.
Vsmáx: Velocidad de Corte máxima promedio.
F: Función de Distribución Normal Acumulada.
Def. Perm.: Deformación Permanente por Sismo.

Referencia:

Simplified Procedure For Estimating Seismic Slope Displacements In Subduction Zones Earthquakes" (Bray, Macedo and Travasarou, 2018).

Análisis de Desplazamientos Permanentes por Sismo
Metodo de Bray - Macedo & Travasarou - 2018

Proyecto: ANÁLISIS DE ESTABILIDAD PARA LA DETERMINACIÓN DEL RIESGO POR DESLIZAMIENTO DEL ACANTILADO DE LA COSTA VERDE, DISTRITO BARRANCO

Fecha: 18/03/2021

Distrito: Barranco

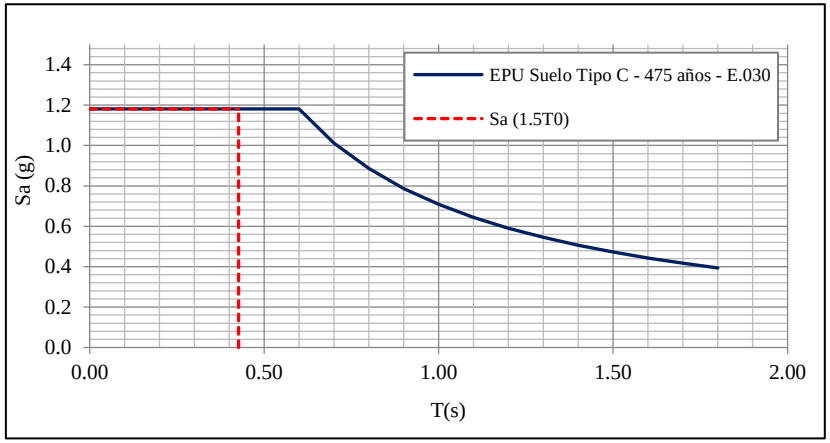
Sección: S005-Global

Elaborado por: BSR; LVH

1. Input

Ky:	0.2170	g
H (m):	32.00	m
$Vs_{máx}$:	450	m/s
T_0:	0.284	s
Mw:	8.4	
d:	17.20	cm
1.5T0:	0.427	s
PGA:	1.18	g
$Sa_{(1.5T0:)}$	1.18	g

EPU Suelo Tipo C - 475 años - E.030



2. Formulaciones

- $P(D=0) = 1 - F\left(m - n * \ln(k_y) - p * (\ln(k_y))^2 - q * T_0 * \ln(k_y) + r * T_0 + s * S_a(1.5T_0)\right)$
  - *Para* $T_0 \le 0.7$: $m = -2.64$, $n = 3.20$ $p = 0.17$, $q = 0.49$, $r = 2.09$, s=2.91
  - *Para* $T_0 > 0.7$: $m = -3.53$, $n = 4.78$, $p = 0.34$ $q = 0.30$, $r = 0.67$, s=2.66
- $\ln(D) = -a_1 - 3.353 * \ln(k_y) - 0.390 * (\ln(k_y))^2 + 0.538 * \ln(k_y) * \ln(b) + 3.060 * \ln(b) - 0.225 * (\ln(b))^2 + a_2 * T_0 + a_3 * (T_0)^2 + 0.550 * M \pm \varepsilon$
  - *Para* $T_0 \le 0.1$: $a1 = 6.896$, $b = S_a(1.5T_0)$, $a_2 = 3.081$, $a_3 = -0.803$
  - *Para* $T_0 > 0.1$: $a1 = 5.864, b = S_a(1.5T_0), a_2 = -9.421, a_3 = 0.0$
- $P(D > d) = [1 - P(D=0)] * (1 - F\left(\frac{\ln d - \ln \hat{d}}{\sigma}\right))$

T (s)	Sa (g)
PGA (T=0)	1.18
0.60	1.18
0.70	1.01
0.80	0.89
0.90	0.79
1.00	0.71
1.10	0.64
1.20	0.59
1.30	0.55
1.40	0.51
1.50	0.47
1.60	0.44
1.70	0.42
1.80	0.39

3. Resultados

Mw	K_y	T_0	PGA	$Sa_{(1.5T0)}$	$P_{(D=0)}$	Deformación Permanente por sismo (cm)*			P(D>d)
						Mín	Promedio	Máx	
8.4	0.217	0.284	1.18	1.18	0.00	10.9	22.5	46.7	0.64

Abreviaturas:

d: Deformación Permanente Máxima considerada para la estructura analizada.
To : Período Fundamental (ver "Simplified Seismic Slope Displacement Procedures" - Bray, 2018).
H: Altura promedio de apilamiento, definido por la potencial superficie de falla.
e: Variable aleatoria de distribución normal con media (m) cero y desviación estándar (s) igual a 0.73.
P(D=0): Probabilidad de ocurrencia de una deformación permanente despreciable (<1 cm).
P(D>d): Probabilidad de ocurrencia de una deformación permanente mayor a la máxima (d).
***d*̂:** Deformación permanente calculada para la media de ln (D) ;
g: gravedad.
***** Los valores Mín. y Máx. de Deformación permanente fueron calculados para valores de ln(D) +/- s.

PGA: Aceleración Horizontal Máxima (T=0).
Sa(1.5T0): Aceleración Espectral Degradada.
Mw: Magnitud de Momento Sísmico.
FSpse: Factor de seguridad pseudoestático.
Ky: Aceleración de fluencia.
Vsmáx: Velocidad de Corte máxima promedio.
F: Función de Distribución Normal Acumulada.
Def. Perm.: Deformación Permanente por Sismo.

Referencia:

Simplified Procedure For Estimating Seismic Slope Displacements In Subduction Zones Earthquakes" (Bray, Macedo and Travasarou, 2018).

Análisis de Desplazamientos Permanentes por Sismo
Metodo de Bray - Macedo & Travasarou - 2018

Proyecto: ANÁLISIS DE ESTABILIDAD PARA LA DETERMINACIÓN DEL RIESGO POR DESLIZAMIENTO DEL ACANTILADO DE LA COSTA VERDE, DISTRITO BARRANCO

Fecha: 18/03/2021

Distrito: Barranco

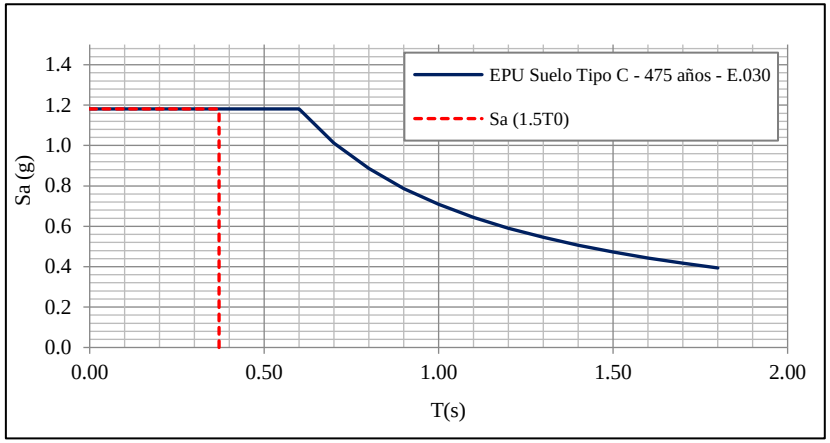
Sección: S005-Local

Elaborado por: BSR; LVH

1. Input

Ky:	0.1490	g
H (m):	27.80	m
$Vs_{máx}$:	450	m/s
T_0:	0.247	s
Mw:	8.4	
d:	17.20	cm
1.5T0:	0.371	s
PGA:	1.18	g
$Sa_{(1.5T0:)}$	1.18	g

EPU Suelo Tipo C - 475 años - E.030



2. Formulaciones

- $P(D=0)$
$= 1 - F\left(m - n * \ln(k_y) - p * (\ln(k_y))^2 - q * T_0 * \ln(k_y) + r * T_0 + s * S_a(1.5T_0)\right)$
  - *Para* $T_0 \leq 0.7$: $m = -2.64$, $n = 3.20$ $p = 0.17$, $q = 0.49$, $r = 2.09$, s=2.91
  - *Para* $T_0 > 0.7$: $m = -3.53$, $n = 4.78$, $p = 0.34$ $q = 0.30$, $r = 0.67$, s=2.66
- $\ln(D) = -a_1 - 3.353 * \ln(k_y) - 0.390 * (\ln(k_y))^2 + 0.538 * \ln(k_y) * \ln(b)$
$+3.060 * \ln(b) - 0.225 * (\ln(b))^2 + a_2 * T_0 + a_3 * (T_0)^2 + 0.550 * M \pm \varepsilon$
  - *Para* $T_0 \leq 0.1$: $a1 = 6.896$, $b = S_a(1.5T_0)$, $a_2 = 3.081$, $a_3 = -0.803$
  - *Para* $T_0 > 0.1$: $a1 = 5.864, b = S_a(1.5T_0), a_2 = -9.421, a_3 = 0.0$
- $P(D > d) = [1 - P(D=0)] * (1 - F\left(\frac{\ln d - \ln \hat{d}}{\sigma}\right))$

T (s)	Sa (g)
PGA (T=0)	1.18
0.60	1.18
0.70	1.01
0.80	0.89
0.90	0.79
1.00	0.71
1.10	0.64
1.20	0.59
1.30	0.55
1.40	0.51
1.50	0.47
1.60	0.44
1.70	0.42
1.80	0.39

3. Resultados

Mw	K_y	T_0	PGA	$Sa_{(1.5T0)}$	$P_{(D=0)}$	Deformación Permanente por sismo (cm)*			P(D>d)
						Mín	Promedio	Máx	
8.4	0.149	0.247	1.18	1.18	0.00	20.3	42.1	87.3	0.89

Abreviaturas:

d: Deformación Permanente Máxima considerada para la estructura analizada.
To : Período Fundamental (ver "Simplified Seismic Slope Displacement Procedures" - Bray, 2018).
H: Altura promedio de apilamiento, definido por la potencial superficie de falla.
e: Variable aleatoria de distribución normal con media (m) cero y desviación estándar (s) igual a 0.73.
P(D=0): Probabilidad de ocurrencia de una deformación permanente despreciable (<1 cm).
P(D>d): Probabilidad de ocurrencia de una deformación permanente mayor a la máxima (d).
***d*̂:** Deformación permanente calculada para la media de ln (D) ;
g: gravedad.
***** Los valores Mín. y Máx. de Deformación permanente fueron calculados para valores de ln(D) +/- s.

PGA: Aceleración Horizontal Máxima (T=0).
Sa(1.5T0): Aceleración Espectral Degradada.
Mw: Magnitud de Momento Sísmico.
FSpse: Factor de seguridad pseudoestático.
Ky: Aceleración de fluencia.
Vsmáx: Velocidad de Corte máxima promedio.
F: Función de Distribución Normal Acumulada.
Def. Perm.: Deformación Permanente por Sismo.

Referencia:

Simplified Procedure For Estimating Seismic Slope Displacements In Subduction Zones Earthquakes" (Bray, Macedo and Travasarou, 2018).

Análisis de Desplazamientos Permanentes por Sismo
Metodo de Bray - Macedo & Travasarou - 2018

Proyecto: ANÁLISIS DE ESTABILIDAD PARA LA DETERMINACIÓN DEL RIESGO POR DESLIZAMIENTO DEL ACANTILADO DE LA COSTA VERDE, DISTRITO BARRANCO

Fecha: 18/03/2021

Distrito: Barranco

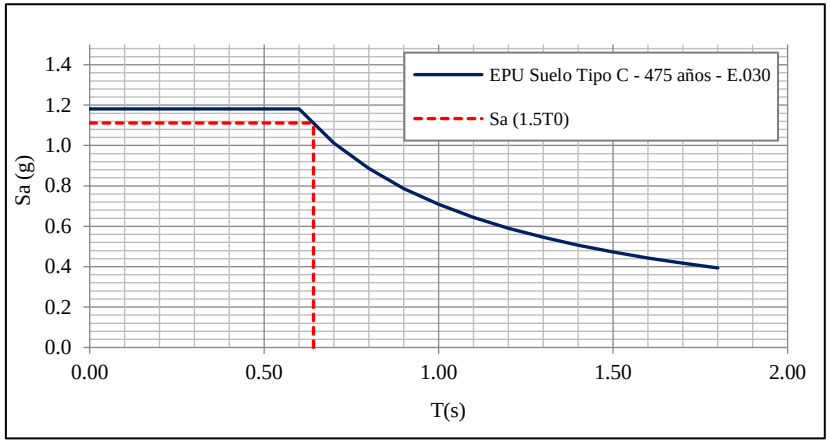
Sección: S007B

Elaborado por: BSR; LVH

1. Input

Ky:	0.1430	g
H (m):	48.10	m
$Vs_{máx}$:	450	m/s
T_0:	0.428	s
Mw:	8.4	
d:	24.92	cm
1.5T0:	0.641	s
PGA:	1.18	g
$Sa_{(1.5T0:)}$	1.11	g

EPU Suelo Tipo C - 475 años - E.030



2. Formulaciones

- $P(D=0) = 1 - F\left(m - n * \ln(k_y) - p * (\ln(k_y))^2 - q * T_0 * \ln(k_y) + r * T_0 + s * S_a(1.5T_0)\right)$
  - *Para* $T_0 \le 0.7$: $m = -2.64$, $n = 3.20$ $p = 0.17$, $q = 0.49$, $r = 2.09$, s=2.91
  - *Para* $T_0 > 0.7$: $m = -3.53$, $n = 4.78$, $p = 0.34$ $q = 0.30$, $r = 0.67$, s=2.66
- $\ln(D) = -a_1 - 3.353 * \ln(k_y) - 0.390 * (\ln(k_y))^2 + 0.538 * \ln(k_y) * \ln(b) + 3.060 * \ln(b) - 0.225 * (\ln(b))^2 + a_2 * T_0 + a_3 * (T_0)^2 + 0.550 * M \pm \varepsilon$
  - *Para* $T_0 \le 0.1$: $a1 = 6.896$, $b = S_a(1.5T_0)$, $a_2 = 3.081$, $a_3 = -0.803$
  - *Para* $T_0 > 0.1$: $a1 = 5.864, b = S_a(1.5T_0), a_2 = -9.421, a_3 = 0.0$
- $P(D > d) = [1 - P(D=0)] * (1 - F\left(\frac{\ln d - \ln \hat{d}}{\sigma}\right))$

T (s)	Sa (g)
PGA (T=0)	1.18
0.60	1.18
0.70	1.01
0.80	0.89
0.90	0.79
1.00	0.71
1.10	0.64
1.20	0.59
1.30	0.55
1.40	0.51
1.50	0.47
1.60	0.44
1.70	0.42
1.80	0.39

3. Resultados

Mw	K_y	T_0	PGA	$Sa_{(1.5T0)}$	$P_{(D=0)}$	Deformación Permanente por sismo (cm)*			P(D>d)
						Mín	Promedio	Máx	
8.4	0.143	0.428	1.18	1.11	0.00	30.6	63.5	131.7	0.90

Abreviaturas:

d: Deformación Permanente Máxima considerada para la estructura analizada.
To : Período Fundamental (ver "Simplified Seismic Slope Displacement Procedures" - Bray, 2018).
H: Altura promedio de apilamiento, definido por la potencial superficie de falla.
e: Variable aleatoria de distribución normal con media (m) cero y desviación estándar (s) igual a 0.73.
P(D=0): Probabilidad de ocurrencia de una deformación permanente despreciable (<1 cm).
P(D>d): Probabilidad de ocurrencia de una deformación permanente mayor a la máxima (d).
***d*̂:** Deformación permanente calculada para la media de ln (D) ;
g: gravedad.
***** Los valores Mín. y Máx. de Deformación permanente fueron calculados para valores de ln(D) +/- s.

PGA: Aceleración Horizontal Máxima (T=0).
Sa(1.5T0): Aceleración Espectral Degradada.
Mw: Magnitud de Momento Sísmico.
FSpse: Factor de seguridad pseudoestático.
Ky: Aceleración de fluencia.
Vsmáx: Velocidad de Corte máxima promedio.
F: Función de Distribución Normal Acumulada.
Def. Perm.: Deformación Permanente por Sismo.

Referencia:

Simplified Procedure For Estimating Seismic Slope Displacements In Subduction Zones Earthquakes" (Bray, Macedo and Travasarou, 2018).

Análisis de Desplazamientos Permanentes por Sismo
Metodo de Bray - Macedo & Travasarou - 2018

Proyecto: ANÁLISIS DE ESTABILIDAD PARA LA DETERMINACIÓN DEL RIESGO POR DESLIZAMIENTO DEL ACANTILADO DE LA COSTA VERDE, DISTRITO BARRANCO

Fecha: 18/03/2021

Distrito: Barranco

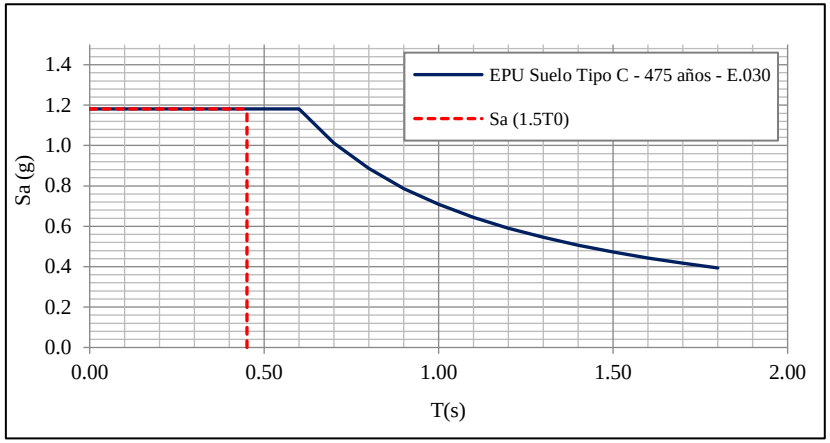
Sección: S008A

Elaborado por: BSR; LVH

1. Input

Ky:	0.1120	g
H (m):	33.80	m
$Vs_{máx}$:	450	m/s
T_0:	0.300	s
Mw:	8.4	
d:	17.50	cm
1.5T0:	0.451	s
PGA:	1.18	g
$Sa_{(1.5T0:)}$	1.18	g

EPU Suelo Tipo C - 475 años - E.030



2. Formulaciones

- $P(D=0)$
$= 1 - F\left(m - n * \ln(k_y) - p * (\ln(k_y))^2 - q * T_0 * \ln(k_y) + r * T_0 + s * S_a(1.5T_0)\right)$
  - *Para* $T_0 \le 0.7$: $m = -2.64$, $n = 3.20$ $p = 0.17$, $q = 0.49$, $r = 2.09$, s=2.91
  - *Para* $T_0 > 0.7$: $m = -3.53$, $n = 4.78$, $p = 0.34$ $q = 0.30$, $r = 0.67$, s=2.66
- $\ln(D) = -a_1 - 3.353 * \ln(k_y) - 0.390 * (\ln(k_y))^2 + 0.538 * \ln(k_y) * \ln(b)$
$+3.060 * \ln(b) - 0.225 * (\ln(b))^2 + a_2 * T_0 + a_3 * (T_0)^2 + 0.550 * M \pm \varepsilon$
  - *Para* $T_0 \le 0.1$: $a1 = 6.896$, $b = S_a(1.5T_0)$, $a_2 = 3.081$, $a_3 = -0.803$
  - *Para* $T_0 > 0.1$: $a1 = 5.864, b = S_a(1.5T_0), a_2 = -9.421, a_3 = 0.0$
- $P(D > d) = [1 - P(D=0)] * (1 - F\left(\frac{\ln d - \ln \hat{d}}{\sigma}\right))$

T (s)	Sa (g)
PGA (T=0)	1.18
0.60	1.18
0.70	1.01
0.80	0.89
0.90	0.79
1.00	0.71
1.10	0.64
1.20	0.59
1.30	0.55
1.40	0.51
1.50	0.47
1.60	0.44
1.70	0.42
1.80	0.39

3. Resultados

Mw	K_y	T_0	PGA	$Sa_{(1.5T0)}$	$P_{(D=0)}$	Deformación Permanente por sismo (cm)*			P(D>d)
						Mín	Promedio	Máx	
8.4	0.112	0.300	1.18	1.18	0.00	37.6	77.9	161.7	0.98

Abreviaturas:

d: Deformación Permanente Máxima considerada para la estructura analizada.
To : Período Fundamental (ver "Simplified Seismic Slope Displacement Procedures" - Bray, 2018).
H: Altura promedio de apilamiento, definido por la potencial superficie de falla.
e: Variable aleatoria de distribución normal con media (m) cero y desviación estándar (s) igual a 0.73.
P(D=0): Probabilidad de ocurrencia de una deformación permanente despreciable (<1 cm).
P(D>d): Probabilidad de ocurrencia de una deformación permanente mayor a la máxima (d).
***d*̂:** Deformación permanente calculada para la media de ln (D) ;
g: gravedad.
***** Los valores Mín. y Máx. de Deformación permanente fueron calculados para valores de ln(D) +/- s.

PGA: Aceleración Horizontal Máxima (T=0).
Sa(1.5T0): Aceleración Espectral Degradada.
Mw: Magnitud de Momento Sísmico.
FSpse: Factor de seguridad pseudoestático.
Ky: Aceleración de fluencia.
Vsmáx: Velocidad de Corte máxima promedio.
F: Función de Distribución Normal Acumulada.
Def. Perm.: Deformación Permanente por Sismo.

Referencia:

Simplified Procedure For Estimating Seismic Slope Displacements In Subduction Zones Earthquakes" (Bray, Macedo and Travasarou, 2018).

Análisis de Desplazamientos Permanentes por Sismo
Metodo de Bray - Macedo & Travasarou - 2018

Proyecto: ANÁLISIS DE ESTABILIDAD PARA LA DETERMINACIÓN DEL RIESGO POR DESLIZAMIENTO DEL ACANTILADO DE LA COSTA VERDE, DISTRITO BARRANCO

Fecha: 18/03/2021

Distrito: Barranco

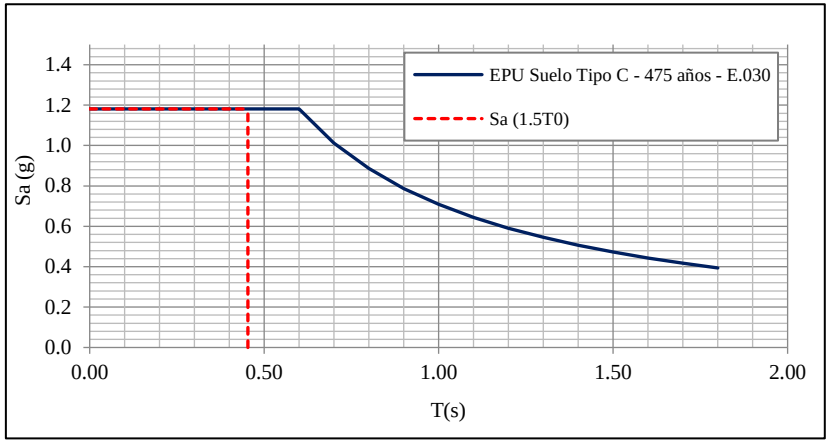
Sección: S008B

Elaborado por: BSR; LVH

1. Input

Ky:	0.1400	g
H (m):	34.00	m
$Vs_{máx}$:	450	m/s
T_0:	0.302	s
Mw:	8.4	
d:	17.50	cm
1.5T0:	0.453	s
PGA:	1.18	g
$Sa_{(1.5T0:)}$	1.18	g

EPU Suelo Tipo C - 475 años - E.030



2. Formulaciones

- $P(D=0) = 1 - F\left(m - n * \ln(k_y) - p * (\ln(k_y))^2 - q * T_0 * \ln(k_y) + r * T_0 + s * S_a(1.5T_0)\right)$
  - *Para* $T_0 \le 0.7$: $m = -2.64$, $n = 3.20$ $p = 0.17$, $q = 0.49$, $r = 2.09$, s=2.91
  - *Para* $T_0 > 0.7$: $m = -3.53$, $n = 4.78$, $p = 0.34$ $q = 0.30$, $r = 0.67$, s=2.66
- $\ln(D) = -a_1 - 3.353 * \ln(k_y) - 0.390 * (\ln(k_y))^2 + 0.538 * \ln(k_y) * \ln(b) + 3.060 * \ln(b) - 0.225 * (\ln(b))^2 + a_2 * T_0 + a_3 * (T_0)^2 + 0.550 * M \pm \varepsilon$
  - *Para* $T_0 \le 0.1$: $a1 = 6.896$, $b = S_a(1.5T_0)$, $a_2 = 3.081$, $a_3 = -0.803$
  - *Para* $T_0 > 0.1$: $a1 = 5.864, b = S_a(1.5T_0), a_2 = -9.421, a_3 = 0.0$
- $P(D > d) = [1 - P(D=0)] * (1 - F\left(\frac{\ln d - \ln \hat{d}}{\sigma}\right))$

T (s)	Sa (g)
PGA (T=0)	1.18
0.60	1.18
0.70	1.01
0.80	0.89
0.90	0.79
1.00	0.71
1.10	0.64
1.20	0.59
1.30	0.55
1.40	0.51
1.50	0.47
1.60	0.44
1.70	0.42
1.80	0.39

3. Resultados

Mw	K_y	T_0	PGA	$Sa_{(1.5T0)}$	$P_{(D=0)}$	Deformación Permanente por sismo (cm)*			P(D>d)
						Mín	Promedio	Máx	
8.4	0.140	0.302	1.18	1.18	0.00	26.2	54.3	112.6	0.94

Abreviaturas:

d: Deformación Permanente Máxima considerada para la estructura analizada.
To : Período Fundamental (ver "Simplified Seismic Slope Displacement Procedures" - Bray, 2018).
H: Altura promedio de apilamiento, definido por la potencial superficie de falla.
e: Variable aleatoria de distribución normal con media (m) cero y desviación estándar (s) igual a 0.73.
P(D=0): Probabilidad de ocurrencia de una deformación permanente despreciable (<1 cm).
P(D>d): Probabilidad de ocurrencia de una deformación permanente mayor a la máxima (d).
***d*̂:** Deformación permanente calculada para la media de ln (D) ;
g: gravedad.
***** Los valores Mín. y Máx. de Deformación permanente fueron calculados para valores de ln(D) +/- s.

PGA: Aceleración Horizontal Máxima (T=0).
Sa(1.5T0): Aceleración Espectral Degradada.
Mw: Magnitud de Momento Sísmico.
FSpse: Factor de seguridad pseudoestático.
Ky: Aceleración de fluencia.
Vsmáx: Velocidad de Corte máxima promedio.
F: Función de Distribución Normal Acumulada.
Def. Perm.: Deformación Permanente por Sismo.

Referencia:

Simplified Procedure For Estimating Seismic Slope Displacements In Subduction Zones Earthquakes" (Bray, Macedo and Travasarou, 2018).

Análisis de Desplazamientos Permanentes por Sismo
Metodo de Bray - Macedo & Travasarou - 2018

Proyecto: ANÁLISIS DE ESTABILIDAD PARA LA DETERMINACIÓN DEL RIESGO POR DESLIZAMIENTO DEL ACANTILADO DE LA COSTA VERDE, DISTRITO BARRANCO

Fecha: 18/03/2021

Distrito: Barranco

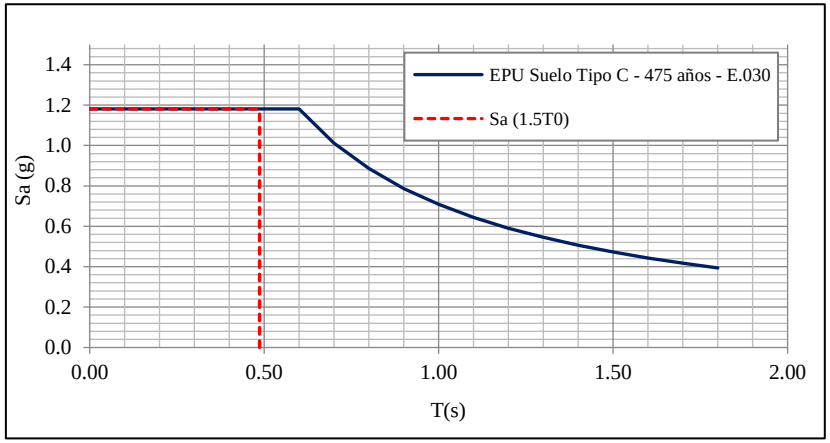
Sección: S008C

Elaborado por: BSR; LVH

1. Input

Ky:	0.2290	g
H (m):	36.50	m
$Vs_{máx}$:	450	m/s
T_0:	0.324	s
Mw:	8.4	
d:	18.50	cm
1.5T0:	0.487	s
PGA:	1.18	g
$Sa_{(1.5T0:)}$	1.18	g

EPU Suelo Tipo C - 475 años - E.030



2. Formulaciones

- $P(D=0)$
$= 1 - F\left(m - n * \ln(k_y) - p * \left(\ln(k_y)\right)^2 - q * T_0 * \ln(k_y) + r * T_0 + s * S_a(1.5T_0)\right)$
  - *Para* $T_0 \leq 0.7$: $m = -2.64$, $n = 3.20$ $p = 0.17$, $q = 0.49$, $r = 2.09$, s=2.91
  - *Para* $T_0 > 0.7$: $m = -3.53$, $n = 4.78$, $p = 0.34$ $q = 0.30$, $r = 0.67$, s=2.66
- $\ln(D) = -a_1 - 3.353 * \ln(k_y) - 0.390 * \left(\ln(k_y)\right)^2 + 0.538 * \ln(k_y) * \ln(b) + 3.060 * \ln(b) - 0.225 * (\ln(b))^2 + a_2 * T_0 + a_3 * (T_0)^2 + 0.550 * M \pm \varepsilon$
  - *Para* $T_0 \leq 0.1$: $a1 = 6.896$, $b = S_a(1.5T_0)$, $a_2 = 3.081$, $a_3 = -0.803$
  - *Para* $T_0 > 0.1$: $a1 = 5.864, b = S_a(1.5T_0), a_2 = -9.421, a_3 = 0.0$
- $P(D > d) = [1 - P(D=0)] * (1 - \mathrm{F}\left(\frac{\ln d - \ln \hat{d}}{\sigma}\right))$

T (s)	Sa (g)
PGA (T=0)	1.18
0.60	1.18
0.70	1.01
0.80	0.89
0.90	0.79
1.00	0.71
1.10	0.64
1.20	0.59
1.30	0.55
1.40	0.51
1.50	0.47
1.60	0.44
1.70	0.42
1.80	0.39

3. Resultados

Mw	K_y	T_0	PGA	$Sa_{(1.5T0)}$	$P_{(D=0)}$	Deformación Permanente por sismo (cm)*			P(D>d)
						Mín	Promedio	Máx	
8.4	0.229	0.324	1.18	1.18	0.00	10.8	22.3	46.3	0.60

Abreviaturas:

d: Deformación Permanente Máxima considerada para la estructura analizada.
To : Período Fundamental (ver "Simplified Seismic Slope Displacement Procedures" - Bray, 2018).
H: Altura promedio de apilamiento, definido por la potencial superficie de falla.
e: Variable aleatoria de distribución normal con media (m) cero y desviación estándar (s) igual a 0.73.
P(D=0): Probabilidad de ocurrencia de una deformación permanente despreciable (<1 cm).
P(D>d): Probabilidad de ocurrencia de una deformación permanente mayor a la máxima (d).
***d*̂:** Deformación permanente calculada para la media de ln (D) ;
g: gravedad.
***** Los valores Mín. y Máx. de Deformación permanente fueron calculados para valores de ln(D) +/- s.

PGA: Aceleración Horizontal Máxima (T=0).
Sa(1.5T0): Aceleración Espectral Degradada.
Mw: Magnitud de Momento Sísmico.
FSpse: Factor de seguridad pseudoestático.
Ky: Aceleración de fluencia.
Vsmáx: Velocidad de Corte máxima promedio.
F: Función de Distribución Normal Acumulada.
Def. Perm.: Deformación Permanente por Sismo.

Referencia:

Simplified Procedure For Estimating Seismic Slope Displacements In Subduction Zones Earthquakes" (Bray, Macedo and Travasarou, 2018).

Análisis de Desplazamientos Permanentes por Sismo
Metodo de Bray - Macedo & Travasarou - 2018

Proyecto: ANÁLISIS DE ESTABILIDAD PARA LA DETERMINACIÓN DEL RIESGO POR DESLIZAMIENTO DEL ACANTILADO DE LA COSTA VERDE, DISTRITO BARRANCO

Fecha: 18/03/2021

Distrito: Barranco

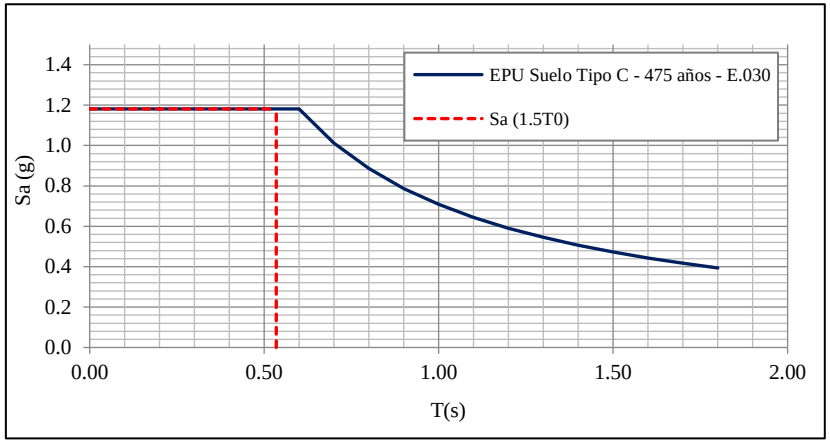
Sección: S009

Elaborado por: BSR; LVH

1. Input

Ky:	0.0580	g
H (m):	40.10	m
$Vs_{máx}$:	450	m/s
T_0:	0.356	s
Mw:	8.4	
d:	23.65	cm
1.5T0:	0.535	s
PGA:	1.18	g
$Sa_{(1.5T0:)}$	1.18	g

EPU Suelo Tipo C - 475 años - E.030



2. Formulaciones

- $P(D=0) = 1 - F\left(m - n * \ln(k_y) - p * (\ln(k_y))^2 - q * T_0 * \ln(k_y) + r * T_0 + s * S_a(1.5T_0)\right)$
  - *Para* $T_0 \le 0.7$: $m = -2.64$, $n = 3.20$ $p = 0.17$, $q = 0.49$, $r = 2.09$, s=2.91
  - *Para* $T_0 > 0.7$: $m = -3.53$, $n = 4.78$, $p = 0.34$ $q = 0.30$, $r = 0.67$, s=2.66
- $\ln(D) = -a_1 - 3.353 * \ln(k_y) - 0.390 * (\ln(k_y))^2 + 0.538 * \ln(k_y) * \ln(b) + 3.060 * \ln(b) - 0.225 * (\ln(b))^2 + a_2 * T_0 + a_3 * (T_0)^2 + 0.550 * M \pm \varepsilon$
  - *Para* $T_0 \le 0.1$: $a1 = 6.896$, $b = S_a(1.5T_0)$, $a_2 = 3.081$, $a_3 = -0.803$
  - *Para* $T_0 > 0.1$: $a1 = 5.864, b = S_a(1.5T_0), a_2 = -9.421, a_3 = 0.0$
- $P(D > d) = [1 - P(D=0)] * (1 - F\left(\frac{\ln d - \ln \hat{d}}{\sigma}\right))$

T (s)	Sa (g)
PGA (T=0)	1.18
0.60	1.18
0.70	1.01
0.80	0.89
0.90	0.79
1.00	0.71
1.10	0.64
1.20	0.59
1.30	0.55
1.40	0.51
1.50	0.47
1.60	0.44
1.70	0.42
1.80	0.39

3. Resultados

Mw	K_y	T_0	PGA	$Sa_{(1.5T0)}$	$P_{(D=0)}$	Deformación Permanente por sismo (cm)*			P(D>d)
						Mín	Promedio	Máx	
8.4	0.058	0.356	1.18	1.18	0.00	101.9	211.4	438.7	1.00

Abreviaturas:

d: Deformación Permanente Máxima considerada para la estructura analizada.
To : Período Fundamental (ver "Simplified Seismic Slope Displacement Procedures" - Bray, 2018).
H: Altura promedio de apilamiento, definido por la potencial superficie de falla.
e: Variable aleatoria de distribución normal con media (m) cero y desviación estándar (s) igual a 0.73.
P(D=0): Probabilidad de ocurrencia de una deformación permanente despreciable (<1 cm).
P(D>d): Probabilidad de ocurrencia de una deformación permanente mayor a la máxima (d).
***d*̂:** Deformación permanente calculada para la media de ln (D) ;
g: gravedad.
***** Los valores Mín. y Máx. de Deformación permanente fueron calculados para valores de ln(D) +/- s.

PGA: Aceleración Horizontal Máxima (T=0).
Sa(1.5T0): Aceleración Espectral Degradada.
Mw: Magnitud de Momento Sísmico.
FSpse: Factor de seguridad pseudoestático.
Ky: Aceleración de fluencia.
Vsmáx: Velocidad de Corte máxima promedio.
F: Función de Distribución Normal Acumulada.
Def. Perm.: Deformación Permanente por Sismo.

Referencia:

Simplified Procedure For Estimating Seismic Slope Displacements In Subduction Zones Earthquakes" (Bray, Macedo and Travasarou, 2018).

Análisis de Desplazamientos Permanentes por Sismo
Metodo de Bray - Macedo & Travasarou - 2018

Proyecto: ANÁLISIS DE ESTABILIDAD PARA LA DETERMINACIÓN DEL RIESGO POR DESLIZAMIENTO DEL ACANTILADO DE LA COSTA VERDE, DISTRITO BARRANCO

Fecha: 18/03/2021

Distrito: Barranco

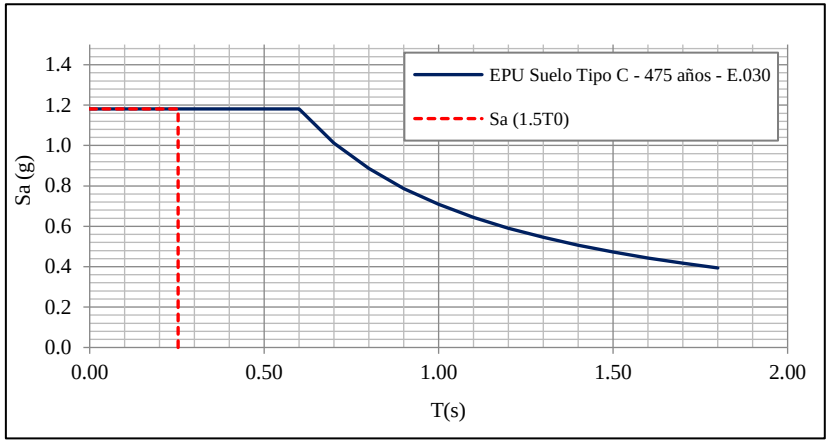
Sección: S0010

Elaborado por: LVH ; BSR

1. Input

Ky:	0.1190	g
H (m):	19	m
$Vs_{máx}$:	450	m/s
T_0:	0.169	s
Mw:	8.4	
d:	16.50	cm
1.5T0:	0.253	s
PGA:	1.18	g
$Sa_{(1.5T0:)}$	1.18	g

EPU Suelo Tipo C - 475 años - E.030



2. Formulaciones

- $P(D=0)$
$= 1 - F\left(m - n * \ln(k_y) - p * (\ln(k_y))^2 - q * T_0 * \ln(k_y) + r * T_0 + s * S_a(1.5T_0)\right)$
  - *Para* $T_0 \leq 0.7$: $m = -2.64$, $n = 3.20$ $p = 0.17$, $q = 0.49$, $r = 2.09$, s=2.91
  - *Para* $T_0 > 0.7$: $m = -3.53$, $n = 4.78$, $p = 0.34$ $q = 0.30$, $r = 0.67$, s=2.66
- $\ln(D) = -a_1 - 3.353 * \ln(k_y) - 0.390 * (\ln(k_y))^2 + 0.538 * \ln(k_y) * \ln(b)$
$+3.060 * \ln(b) - 0.225 * (\ln(b))^2 + a_2 * T_0 + a_3 * (T_0)^2 + 0.550 * M \pm \varepsilon$
  - *Para* $T_0 \leq 0.1$: $a1 = 6.896$, $b = S_a(1.5T_0)$, $a_2 = 3.081$, $a_3 = -0.803$
  - *Para* $T_0 > 0.1$: $a1 = 5.864, b = S_a(1.5T_0), a_2 = -9.421, a_3 = 0.0$
- $P(D > d) = [1 - P(D=0)] * (1 - \mathrm{F}\left(\frac{\ln d - \ln \hat{d}}{\sigma}\right))$

T (s)	Sa (g)
PGA (T=0)	1.18
0.60	1.18
0.70	1.01
0.80	0.89
0.90	0.79
1.00	0.71
1.10	0.64
1.20	0.59
1.30	0.55
1.40	0.51
1.50	0.47
1.60	0.44
1.70	0.42
1.80	0.39

3. Resultados

Mw	K_y	T_0	PGA	$Sa_{(1.5T0)}$	$P_{(D=0)}$	Deformación Permanente por sismo (cm)*			P(D>d)
						Mín	Promedio	Máx	
8.4	0.119	0.169	1.18	1.18	0.00	23.9	49.6	103.0	0.93

Abreviaturas:

d: Deformación Permanente Máxima considerada para la estructura analizada.
To : Período Fundamental (ver "Simplified Seismic Slope Displacement Procedures" - Bray, 2018).
H: Altura promedio de apilamiento, definido por la potencial superficie de falla.
e: Variable aleatoria de distribución normal con media (m) cero y desviación estándar (s) igual a 0.73.
P(D=0): Probabilidad de ocurrencia de una deformación permanente despreciable (<1 cm).
P(D>d): Probabilidad de ocurrencia de una deformación permanente mayor a la máxima (d).
***d*̂:** Deformación permanente calculada para la media de ln (D) ;
g: gravedad.
***** Los valores Mín. y Máx. de Deformación permanente fueron calculados para valores de ln(D) +/- s.

PGA: Aceleración Horizontal Máxima (T=0).
Sa(1.5T0): Aceleración Espectral Degradada.
Mw: Magnitud de Momento Sísmico.
FSpse: Factor de seguridad pseudoestático.
Ky: Aceleración de fluencia.
Vsmáx: Velocidad de Corte máxima promedio.
F: Función de Distribución Normal Acumulada.
Def. Perm.: Deformación Permanente por Sismo.

Referencia:

Simplified Procedure For Estimating Seismic Slope Displacements In Subduction Zones Earthquakes" (Bray, Macedo and Travasarou, 2018).

Análisis de Desplazamientos Permanentes por Sismo
Metodo de Bray - Macedo & Travasarou - 2018

Proyecto: ANÁLISIS DE ESTABILIDAD PARA LA DETERMINACIÓN DEL RIESGO POR DESLIZAMIENTO DEL ACANTILADO DE LA COSTA VERDE, DISTRITO BARRANCO

Fecha: 18/03/2021

Distrito: Barranco

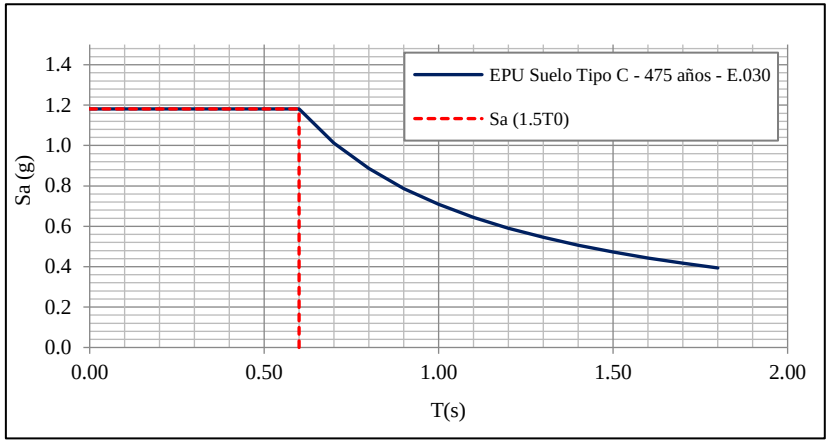
Sección: S0011

Elaborado por: LVH ; BSR

1. Input

Ky:	0.1270	g
H (m):	45	m
$Vs_{máx}$:	450	m/s
T_0:	0.400	s
Mw:	8.4	
d:	26.00	cm
1.5T0:	0.600	s
PGA:	1.18	g
$Sa_{(1.5T0:)}$	1.18	g

EPU Suelo Tipo C - 475 años - E.030



2. Formulaciones

- $P(D=0)$
$= 1 - F\left(m - n * \ln(k_y) - p * (\ln(k_y))^2 - q * T_0 * \ln(k_y) + r * T_0 + s * S_a(1.5T_0)\right)$
  - *Para* $T_0 \leq 0.7$: $m = -2.64$, $n = 3.20$ $p = 0.17$, $q = 0.49$, $r = 2.09$, s=2.91
  - *Para* $T_0 > 0.7$: $m = -3.53$, $n = 4.78$, $p = 0.34$ $q = 0.30$, $r = 0.67$, s=2.66
- $\ln(D) = -a_1 - 3.353 * \ln(k_y) - 0.390 * (\ln(k_y))^2 + 0.538 * \ln(k_y) * \ln(b)$
$+3.060 * \ln(b) - 0.225 * (\ln(b))^2 + a_2 * T_0 + a_3 * (T_0)^2 + 0.550 * M \pm \varepsilon$
  - *Para* $T_0 \leq 0.1$: $a1 = 6.896$, $b = S_a(1.5T_0)$, $a_2 = 3.081$, $a_3 = -0.803$
  - *Para* $T_0 > 0.1$: $a1 = 5.864, b = S_a(1.5T_0), a_2 = -9.421, a_3 = 0.0$
- $P(D > d) = [1 - P(D=0)] * (1 - F\left(\frac{\ln d - \ln \hat{d}}{\sigma}\right))$

T (s)	Sa (g)
PGA (T=0)	1.18
0.60	1.18
0.70	1.01
0.80	0.89
0.90	0.79
1.00	0.71
1.10	0.64
1.20	0.59
1.30	0.55
1.40	0.51
1.50	0.47
1.60	0.44
1.70	0.42
1.80	0.39

3. Resultados

Mw	K_y	T_0	PGA	$Sa_{(1.5T0)}$	$P_{(D=0)}$	Deformación Permanente por sismo (cm)*			P(D>d)
						Mín	Promedio	Máx	
8.4	0.127	0.400	1.18	1.18	0.00	39.4	81.8	169.8	0.94

Abreviaturas:

d: Deformación Permanente Máxima considerada para la estructura analizada.
To : Período Fundamental (ver "Simplified Seismic Slope Displacement Procedures" - Bray, 2018).
H: Altura promedio de apilamiento, definido por la potencial superficie de falla.
e: Variable aleatoria de distribución normal con media (m) cero y desviación estándar (s) igual a 0.73.
P(D=0): Probabilidad de ocurrencia de una deformación permanente despreciable (<1 cm).
P(D>d): Probabilidad de ocurrencia de una deformación permanente mayor a la máxima (d).
***d*̂:** Deformación permanente calculada para la media de ln (D) ;
g: gravedad.
***** Los valores Mín. y Máx. de Deformación permanente fueron calculados para valores de ln(D) +/- s.

PGA: Aceleración Horizontal Máxima (T=0).
Sa(1.5T0): Aceleración Espectral Degradada.
Mw: Magnitud de Momento Sísmico.
FSpse: Factor de seguridad pseudoestático.
Ky: Aceleración de fluencia.
Vsmáx: Velocidad de Corte máxima promedio.
F: Función de Distribución Normal Acumulada.
Def. Perm.: Deformación Permanente por Sismo.

Referencia:

Simplified Procedure For Estimating Seismic Slope Displacements In Subduction Zones Earthquakes" (Bray, Macedo and Travasarou, 2018).

Análisis de Desplazamientos Permanentes por Sismo
Metodo de Bray - Macedo & Travasarou - 2018

Proyecto: ANÁLISIS DE ESTABILIDAD PARA LA DETERMINACIÓN DEL RIESGO POR DESLIZAMIENTO DEL ACANTILADO DE LA COSTA VERDE, DISTRITO BARRANCO

Fecha: 18/03/2021

Distrito: Barranco

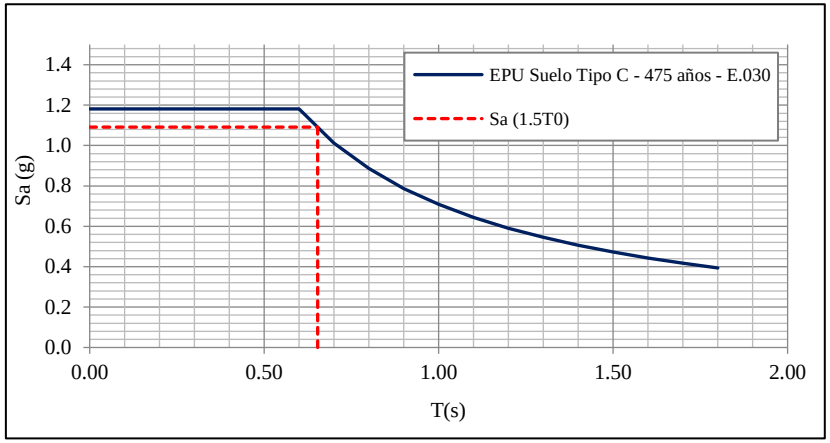
Sección: S0012

Elaborado por: LVH ; BSR

1. Input

Ky:	0.1320	g
H (m):	49	m
$Vs_{máx}$:	450	m/s
T_0:	0.436	s
Mw:	8.4	
d:	26.00	cm
1.5T0:	0.653	s
PGA:	1.18	g
$Sa_{(1.5T0:)}$	1.09	g

EPU Suelo Tipo C - 475 años - E.030



2. Formulaciones

- $P(D=0) = 1 - F\left(m - n * \ln(k_y) - p * (\ln(k_y))^2 - q * T_0 * \ln(k_y) + r * T_0 + s * S_a(1.5T_0)\right)$
  - *Para* $T_0 \le 0.7$: $m = -2.64$, $n = 3.20$ $p = 0.17$, $q = 0.49$, $r = 2.09$, s=2.91
  - *Para* $T_0 > 0.7$: $m = -3.53$, $n = 4.78$, $p = 0.34$ $q = 0.30$, $r = 0.67$, s=2.66
- $\ln(D) = -a_1 - 3.353 * \ln(k_y) - 0.390 * (\ln(k_y))^2 + 0.538 * \ln(k_y) * \ln(b) + 3.060 * \ln(b) - 0.225 * (\ln(b))^2 + a_2 * T_0 + a_3 * (T_0)^2 + 0.550 * M \pm \varepsilon$
  - *Para* $T_0 \le 0.1$: $a1 = 6.896$, $b = S_a(1.5T_0)$, $a_2 = 3.081$, $a_3 = -0.803$
  - *Para* $T_0 > 0.1$: $a1 = 5.864, b = S_a(1.5T_0), a_2 = -9.421, a_3 = 0.0$
- $P(D > d) = [1 - P(D=0)] * (1 - F\left(\frac{\ln d - \ln \hat{d}}{\sigma}\right))$

T (s)	Sa (g)
PGA (T=0)	1.18
0.60	1.18
0.70	1.01
0.80	0.89
0.90	0.79
1.00	0.71
1.10	0.64
1.20	0.59
1.30	0.55
1.40	0.51
1.50	0.47
1.60	0.44
1.70	0.42
1.80	0.39

3. Resultados

Mw	K_y	T_0	PGA	$Sa_{(1.5T0)}$	$P_{(D=0)}$	Deformación Permanente por sismo (cm)*			P(D>d)
						Mín	Promedio	Máx	
8.4	0.132	0.436	1.18	1.09	0.00	34.6	71.8	149.1	0.92

Abreviaturas:

d: Deformación Permanente Máxima considerada para la estructura analizada.
To : Período Fundamental (ver "Simplified Seismic Slope Displacement Procedures" - Bray, 2018).
H: Altura promedio de apilamiento, definido por la potencial superficie de falla.
e: Variable aleatoria de distribución normal con media (m) cero y desviación estándar (s) igual a 0.73.
P(D=0): Probabilidad de ocurrencia de una deformación permanente despreciable (<1 cm).
P(D>d): Probabilidad de ocurrencia de una deformación permanente mayor a la máxima (d).
***d*̂:** Deformación permanente calculada para la media de ln (D) ;
g: gravedad.
***** Los valores Mín. y Máx. de Deformación permanente fueron calculados para valores de ln(D) +/- s.

PGA: Aceleración Horizontal Máxima (T=0).
Sa(1.5T0): Aceleración Espectral Degradada.
Mw: Magnitud de Momento Sísmico.
FSpse: Factor de seguridad pseudoestático.
Ky: Aceleración de fluencia.
Vsmáx: Velocidad de Corte máxima promedio.
F: Función de Distribución Normal Acumulada.
Def. Perm.: Deformación Permanente por Sismo.

Referencia:

Simplified Procedure For Estimating Seismic Slope Displacements In Subduction Zones Earthquakes" (Bray, Macedo and Travasarou, 2018).

Análisis de Desplazamientos Permanentes por Sismo
Metodo de Bray - Macedo & Travasarou - 2018

Proyecto: ANÁLISIS DE ESTABILIDAD PARA LA DETERMINACIÓN DEL RIESGO POR DESLIZAMIENTO DEL ACANTILADO DE LA COSTA VERDE, DISTRITO BARRANCO

Fecha: 18/03/2021

Distrito: Barranco

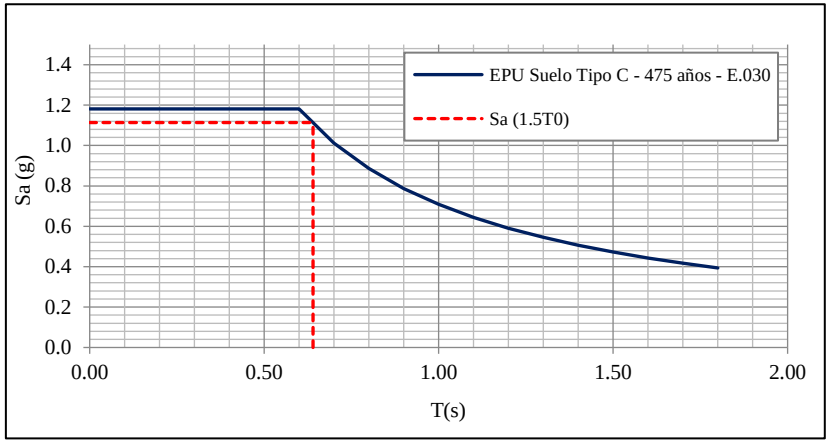
Sección: S0013A

Elaborado por: LVH ; BSR

1. Input

Ky:	0.1070	g
H (m):	48	m
$Vs_{máx}$:	450	m/s
T_0:	0.427	s
Mw:	8.4	
d:	25.50	cm
1.5T0:	0.640	s
PGA:	1.18	g
$Sa_{(1.5T0:)}$	1.11	g

EPU Suelo Tipo C - 475 años - E.030



2. Formulaciones

- $P(D=0)$
$= 1 - F\left(m - n * \ln(k_y) - p * (\ln(k_y))^2 - q * T_0 * \ln(k_y) + r * T_0 + s * S_a(1.5T_0)\right)$
  - *Para* $T_0 \leq 0.7$: $m = -2.64$, $n = 3.20$ $p = 0.17$, $q = 0.49$, $r = 2.09$, s=2.91
  - *Para* $T_0 > 0.7$: $m = -3.53$, $n = 4.78$, $p = 0.34$ $q = 0.30$, $r = 0.67$, s=2.66
- $\ln(D) = -a_1 - 3.353 * \ln(k_y) - 0.390 * (\ln(k_y))^2 + 0.538 * \ln(k_y) * \ln(b)$
$+3.060 * \ln(b) - 0.225 * (\ln(b))^2 + a_2 * T_0 + a_3 * (T_0)^2 + 0.550 * M \pm \varepsilon$
  - *Para* $T_0 \leq 0.1$: $a1 = 6.896$, $b = S_a(1.5T_0)$, $a_2 = 3.081$, $a_3 = -0.803$
  - *Para* $T_0 > 0.1$: $a1 = 5.864, b = S_a(1.5T_0), a_2 = -9.421, a_3 = 0.0$
- $P(D > d) = [1 - P(D=0)] * (1 - F\left(\frac{\ln d - \ln \hat{d}}{\sigma}\right))$

T (s)	Sa (g)
PGA (T=0)	1.18
0.60	1.18
0.70	1.01
0.80	0.89
0.90	0.79
1.00	0.71
1.10	0.64
1.20	0.59
1.30	0.55
1.40	0.51
1.50	0.47
1.60	0.44
1.70	0.42
1.80	0.39

3. Resultados

Mw	K_y	T_0	PGA	$Sa_{(1.5T0)}$	$P_{(D=0)}$	Deformación Permanente por sismo (cm)*			P(D>d)
						Mín	Promedio	Máx	
8.4	0.107	0.427	1.18	1.11	0.00	49.7	103.1	213.9	0.97

Abreviaturas:

d: Deformación Permanente Máxima considerada para la estructura analizada.
To : Período Fundamental (ver "Simplified Seismic Slope Displacement Procedures" - Bray, 2018).
H: Altura promedio de apilamiento, definido por la potencial superficie de falla.
e: Variable aleatoria de distribución normal con media (m) cero y desviación estándar (s) igual a 0.73.
P(D=0): Probabilidad de ocurrencia de una deformación permanente despreciable (<1 cm).
P(D>d): Probabilidad de ocurrencia de una deformación permanente mayor a la máxima (d).
***d*̂:** Deformación permanente calculada para la media de ln (D) ;
g: gravedad.
***** Los valores Mín. y Máx. de Deformación permanente fueron calculados para valores de ln(D) +/- s.

PGA: Aceleración Horizontal Máxima (T=0).
Sa(1.5T0): Aceleración Espectral Degradada.
Mw: Magnitud de Momento Sísmico.
FSpse: Factor de seguridad pseudoestático.
Ky: Aceleración de fluencia.
Vsmáx: Velocidad de Corte máxima promedio.
F: Función de Distribución Normal Acumulada.
Def. Perm.: Deformación Permanente por Sismo.

Referencia:

Simplified Procedure For Estimating Seismic Slope Displacements In Subduction Zones Earthquakes" (Bray, Macedo and Travasarou, 2018).

Análisis de Desplazamientos Permanentes por Sismo
Metodo de Bray - Macedo & Travasarou - 2018

Proyecto: ANÁLISIS DE ESTABILIDAD PARA LA DETERMINACIÓN DEL RIESGO POR DESLIZAMIENTO DEL ACANTILADO DE LA COSTA VERDE, DISTRITO BARRANCO

Fecha: 18/03/2021

Distrito: Barranco

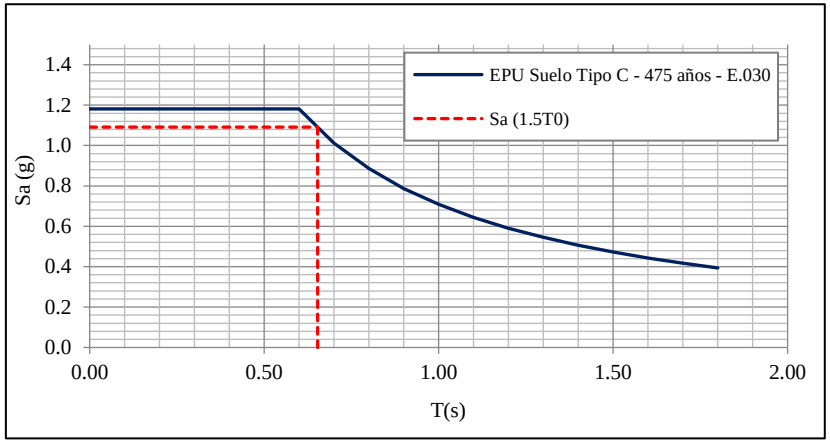
Sección: S0013B

Elaborado por: LVH ; BSR

1. Input

Ky:	0.0380	g
H (m):	49	m
$Vs_{máx}$:	450	m/s
T_0:	0.436	s
Mw:	8.4	
d:	25.50	cm
1.5T0:	0.653	s
PGA:	1.18	g
$Sa_{(1.5T0:)}$	1.09	g

EPU Suelo Tipo C - 475 años - E.030



2. Formulaciones

- $P(D=0)$
$= 1 - F\left(m - n * \ln(k_y) - p * (\ln(k_y))^2 - q * T_0 * \ln(k_y) + r * T_0 + s * S_a(1.5T_0)\right)$
  - *Para* $T_0 \leq 0.7$: $m = -2.64$, $n = 3.20$ $p = 0.17$, $q = 0.49$, $r = 2.09$, s=2.91
  - *Para* $T_0 > 0.7$: $m = -3.53$, $n = 4.78$, $p = 0.34$ $q = 0.30$, $r = 0.67$, s=2.66
- $\ln(D) = -a_1 - 3.353 * \ln(k_y) - 0.390 * (\ln(k_y))^2 + 0.538 * \ln(k_y) * \ln(b)$
$+3.060 * \ln(b) - 0.225 * (\ln(b))^2 + a_2 * T_0 + a_3 * (T_0)^2 + 0.550 * M \pm \varepsilon$
  - *Para* $T_0 \leq 0.1$: $a1 = 6.896$, $b = S_a(1.5T_0)$, $a_2 = 3.081$, $a_3 = -0.803$
  - *Para* $T_0 > 0.1$: $a1 = 5.864, b = S_a(1.5T_0), a_2 = -9.421, a_3 = 0.0$
- $P(D > d) = [1 - P(D=0)] * (1 - F\left(\frac{\ln d - \ln \hat{d}}{\sigma}\right))$

T (s)	Sa (g)
PGA (T=0)	1.18
0.60	1.18
0.70	1.01
0.80	0.89
0.90	0.79
1.00	0.71
1.10	0.64
1.20	0.59
1.30	0.55
1.40	0.51
1.50	0.47
1.60	0.44
1.70	0.42
1.80	0.39

3. Resultados

Mw	K_y	T_0	PGA	$Sa_{(1.5T0)}$	$P_{(D=0)}$	Deformación Permanente por sismo (cm)*			P(D>d)
						Mín	Promedio	Máx	
8.4	0.038	0.436	1.18	1.09	0.00	162.3	336.9	699.0	1.00

Abreviaturas:

d: Deformación Permanente Máxima considerada para la estructura analizada.
To : Período Fundamental (ver "Simplified Seismic Slope Displacement Procedures" - Bray, 2018).
H: Altura promedio de apilamiento, definido por la potencial superficie de falla.
e: Variable aleatoria de distribución normal con media (m) cero y desviación estándar (s) igual a 0.73.
P(D=0): Probabilidad de ocurrencia de una deformación permanente despreciable (<1 cm).
P(D>d): Probabilidad de ocurrencia de una deformación permanente mayor a la máxima (d).
***d*̂:** Deformación permanente calculada para la media de ln (D) ;
g: gravedad.
***** Los valores Mín. y Máx. de Deformación permanente fueron calculados para valores de ln(D) +/- s.

PGA: Aceleración Horizontal Máxima (T=0).
Sa(1.5T0): Aceleración Espectral Degradada.
Mw: Magnitud de Momento Sísmico.
FSpse: Factor de seguridad pseudoestático.
Ky: Aceleración de fluencia.
Vsmáx: Velocidad de Corte máxima promedio.
F: Función de Distribución Normal Acumulada.
Def. Perm.: Deformación Permanente por Sismo.

Referencia:

Simplified Procedure For Estimating Seismic Slope Displacements In Subduction Zones Earthquakes" (Bray, Macedo and Travasarou, 2018).

Análisis de Desplazamientos Permanentes por Sismo
Metodo de Bray - Macedo & Travasarou - 2018

Proyecto: ANÁLISIS DE ESTABILIDAD PARA LA DETERMINACIÓN DEL RIESGO POR DESLIZAMIENTO DEL ACANTILADO DE LA COSTA VERDE, DISTRITO BARRANCO

Fecha: 18/03/2021

Distrito: Barranco

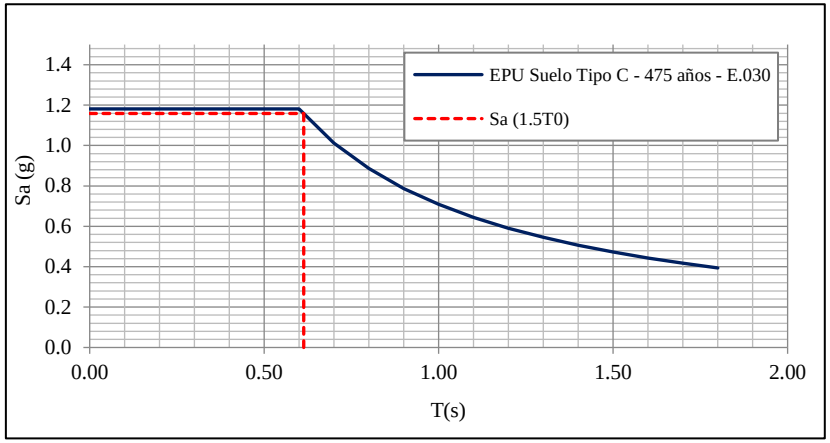
Sección: S0013C

Elaborado por: LVH ; BSR

1. Input

Ky:	0.0890	g
H (m):	46	m
$Vs_{máx}$:	450	m/s
T_0:	0.409	s
Mw:	8.4	
d:	25.50	cm
1.5T0:	0.613	s
PGA:	1.18	g
$Sa_{(1.5T0:)}$	1.16	g

EPU Suelo Tipo C - 475 años - E.030



2. Formulaciones

- $P(D=0)$
$= 1 - F\left(m - n * \ln(k_y) - p * (\ln(k_y))^2 - q * T_0 * \ln(k_y) + r * T_0 + s * S_a(1.5T_0)\right)$
  - *Para* $T_0 \leq 0.7$: $m = -2.64$, $n = 3.20$ $p = 0.17$, $q = 0.49$, $r = 2.09$, s=2.91
  - *Para* $T_0 > 0.7$: $m = -3.53$, $n = 4.78$, $p = 0.34$ $q = 0.30$, $r = 0.67$, s=2.66
- $\ln(D) = -a_1 - 3.353 * \ln(k_y) - 0.390 * (\ln(k_y))^2 + 0.538 * \ln(k_y) * \ln(b)$
$+3.060 * \ln(b) - 0.225 * (\ln(b))^2 + a_2 * T_0 + a_3 * (T_0)^2 + 0.550 * M \pm \varepsilon$
  - *Para* $T_0 \leq 0.1$: $a1 = 6.896$, $b = S_a(1.5T_0)$, $a_2 = 3.081$, $a_3 = -0.803$
  - *Para* $T_0 > 0.1$: $a1 = 5.864, b = S_a(1.5T_0), a_2 = -9.421, a_3 = 0.0$
- $P(D > d) = [1 - P(D=0)] * (1 - \mathrm{F}\left(\frac{\ln d - \ln \hat{d}}{\sigma}\right))$

T (s)	Sa (g)
PGA (T=0)	1.18
0.60	1.18
0.70	1.01
0.80	0.89
0.90	0.79
1.00	0.71
1.10	0.64
1.20	0.59
1.30	0.55
1.40	0.51
1.50	0.47
1.60	0.44
1.70	0.42
1.80	0.39

3. Resultados

Mw	K_y	T_0	PGA	$Sa_{(1.5T0)}$	$P_{(D=0)}$	Deformación Permanente por sismo (cm)*			P(D>d)
						Mín	Promedio	Máx	
8.4	0.089	0.409	1.18	1.16	0.00	66.9	138.8	287.9	0.99

Abreviaturas:

d: Deformación Permanente Máxima considerada para la estructura analizada.
To : Período Fundamental (ver "Simplified Seismic Slope Displacement Procedures" - Bray, 2018).
H: Altura promedio de apilamiento, definido por la potencial superficie de falla.
e: Variable aleatoria de distribución normal con media (m) cero y desviación estándar (s) igual a 0.73.
P(D=0): Probabilidad de ocurrencia de una deformación permanente despreciable (<1 cm).
P(D>d): Probabilidad de ocurrencia de una deformación permanente mayor a la máxima (d).
***d*̂:** Deformación permanente calculada para la media de ln (D) ;
g: gravedad.
***** Los valores Mín. y Máx. de Deformación permanente fueron calculados para valores de ln(D) +/- s.

PGA: Aceleración Horizontal Máxima (T=0).
Sa(1.5T0): Aceleración Espectral Degradada.
Mw: Magnitud de Momento Sísmico.
FSpse: Factor de seguridad pseudoestático.
Ky: Aceleración de fluencia.
Vsmáx: Velocidad de Corte máxima promedio.
F: Función de Distribución Normal Acumulada.
Def. Perm.: Deformación Permanente por Sismo.

Referencia:

Simplified Procedure For Estimating Seismic Slope Displacements In Subduction Zones Earthquakes" (Bray, Macedo and Travasarou, 2018).

Análisis de Desplazamientos Permanentes por Sismo
Metodo de Bray - Macedo & Travasarou - 2018

Proyecto: ANÁLISIS DE ESTABILIDAD PARA LA DETERMINACIÓN DEL RIESGO POR DESLIZAMIENTO DEL ACANTILADO DE LA COSTA VERDE, DISTRITO BARRANCO

Fecha: 18/03/2021

Distrito: Barranco

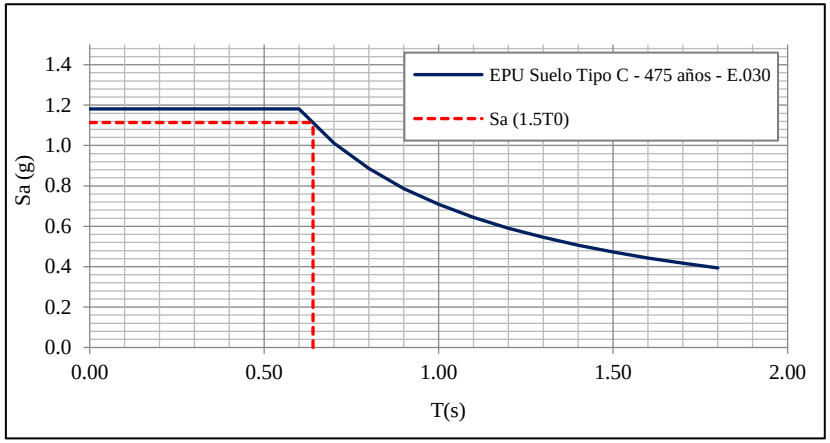
Sección: S0016A

Elaborado por: LVH ; BSR

1. Input

Ky:	0.2250	g
H (m):	48	m
$Vs_{máx}$:	450	m/s
T_0:	0.427	s
Mw:	8.4	
d:	24.00	cm
1.5T0:	0.640	s
PGA:	1.18	g
$Sa_{(1.5T0:)}$	1.11	g

EPU Suelo Tipo C - 475 años - E.030



2. Formulaciones

- $P(D=0)$
$= 1 - F\left(m - n * \ln(k_y) - p * (\ln(k_y))^2 - q * T_0 * \ln(k_y) + r * T_0 + s * S_a(1.5T_0)\right)$
  - *Para* $T_0 \leq 0.7$: $m = -2.64$, $n = 3.20$ $p = 0.17$, $q = 0.49$, $r = 2.09$, s=2.91
  - *Para* $T_0 > 0.7$: $m = -3.53$, $n = 4.78$, $p = 0.34$ $q = 0.30$, $r = 0.67$, s=2.66
- $\ln(D) = -a_1 - 3.353 * \ln(k_y) - 0.390 * (\ln(k_y))^2 + 0.538 * \ln(k_y) * \ln(b)$
$+3.060 * \ln(b) - 0.225 * (\ln(b))^2 + a_2 * T_0 + a_3 * (T_0)^2 + 0.550 * M \pm \varepsilon$
  - *Para* $T_0 \leq 0.1$: $a1 = 6.896$, $b = S_a(1.5T_0)$, $a_2 = 3.081$, $a_3 = -0.803$
  - *Para* $T_0 > 0.1$: $a1 = 5.864, b = S_a(1.5T_0), a_2 = -9.421, a_3 = 0.0$
- $P(D > d) = [1 - P(D=0)] * (1 - \mathrm{F}\left(\frac{\ln d - \ln \hat{d}}{\sigma}\right))$

T (s)	Sa (g)
PGA (T=0)	1.18
0.60	1.18
0.70	1.01
0.80	0.89
0.90	0.79
1.00	0.71
1.10	0.64
1.20	0.59
1.30	0.55
1.40	0.51
1.50	0.47
1.60	0.44
1.70	0.42
1.80	0.39

3. Resultados

Mw	K_y	T_0	PGA	$Sa_{(1.5T0)}$	$P_{(D=0)}$	Deformación Permanente por sismo (cm)*			P(D>d)
						Mín	Promedio	Máx	
8.4	0.225	0.427	1.18	1.11	0.00	12.6	26.2	54.4	0.55

Abreviaturas:

d: Deformación Permanente Máxima considerada para la estructura analizada.
To : Período Fundamental (ver "Simplified Seismic Slope Displacement Procedures" - Bray, 2018).
H: Altura promedio de apilamiento, definido por la potencial superficie de falla.
e: Variable aleatoria de distribución normal con media (m) cero y desviación estándar (s) igual a 0.73.
P(D=0): Probabilidad de ocurrencia de una deformación permanente despreciable (<1 cm).
P(D>d): Probabilidad de ocurrencia de una deformación permanente mayor a la máxima (d).
***d*̂:** Deformación permanente calculada para la media de ln (D) ;
g: gravedad.
***** Los valores Mín. y Máx. de Deformación permanente fueron calculados para valores de ln(D) +/- s.

PGA: Aceleración Horizontal Máxima (T=0).
Sa(1.5T0): Aceleración Espectral Degradada.
Mw: Magnitud de Momento Sísmico.
FSpse: Factor de seguridad pseudoestático.
Ky: Aceleración de fluencia.
Vsmáx: Velocidad de Corte máxima promedio.
F: Función de Distribución Normal Acumulada.
Def. Perm.: Deformación Permanente por Sismo.

Referencia:

Simplified Procedure For Estimating Seismic Slope Displacements In Subduction Zones Earthquakes" (Bray, Macedo and Travasarou, 2018).

Análisis de Desplazamientos Permanentes por Sismo
Metodo de Bray - Macedo & Travasarou - 2018

Proyecto: ANÁLISIS DE ESTABILIDAD PARA LA DETERMINACIÓN DEL RIESGO POR DESLIZAMIENTO DEL ACANTILADO DE LA COSTA VERDE, DISTRITO BARRANCO

Fecha: 18/03/2021

Distrito: Barranco

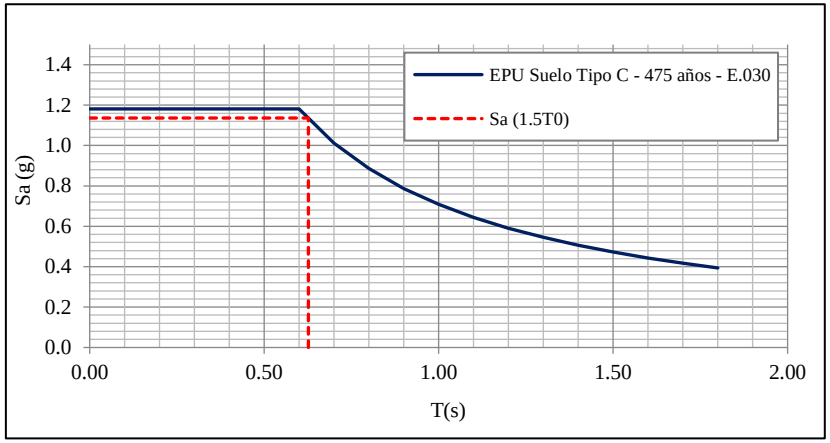
Sección: S0017B

Elaborado por: LVH ; BSR

1. Input

Ky:	0.2190	g
H (m):	47	m
$Vs_{máx}$:	450	m/s
T_0:	0.418	s
Mw:	8.4	
d:	24.00	cm
1.5T0:	0.627	s
PGA:	1.18	g
$Sa_{(1.5T0:)}$	1.14	g

EPU Suelo Tipo C - 475 años - E.030



2. Formulaciones

- $P(D=0) = 1 - F\left(m - n * \ln(k_y) - p * (\ln(k_y))^2 - q * T_0 * \ln(k_y) + r * T_0 + s * S_a(1.5T_0)\right)$
  - *Para* $T_0 \le 0.7$: $m = -2.64$, $n = 3.20$ $p = 0.17$, $q = 0.49$, $r = 2.09$, s=2.91
  - *Para* $T_0 > 0.7$: $m = -3.53$, $n = 4.78$, $p = 0.34$ $q = 0.30$, $r = 0.67$, s=2.66
- $\ln(D) = -a_1 - 3.353 * \ln(k_y) - 0.390 * (\ln(k_y))^2 + 0.538 * \ln(k_y) * \ln(b) + 3.060 * \ln(b) - 0.225 * (\ln(b))^2 + a_2 * T_0 + a_3 * (T_0)^2 + 0.550 * M \pm \varepsilon$
  - *Para* $T_0 \le 0.1$: $a1 = 6.896$, $b = S_a(1.5T_0)$, $a_2 = 3.081$, $a_3 = -0.803$
  - *Para* $T_0 > 0.1$: $a1 = 5.864, b = S_a(1.5T_0), a_2 = -9.421, a_3 = 0.0$
- $P(D > d) = [1 - P(D=0)] * (1 - F\left(\frac{\ln d - \ln \hat{d}}{\sigma}\right))$

T (s)	Sa (g)
PGA (T=0)	1.18
0.60	1.18
0.70	1.01
0.80	0.89
0.90	0.79
1.00	0.71
1.10	0.64
1.20	0.59
1.30	0.55
1.40	0.51
1.50	0.47
1.60	0.44
1.70	0.42
1.80	0.39

3. Resultados

Mw	K_y	T_0	PGA	$Sa_{(1.5T0)}$	$P_{(D=0)}$	Deformación Permanente por sismo (cm)*			P(D>d)
						Mín	Promedio	Máx	
8.4	0.219	0.418	1.18	1.14	0.00	13.7	28.4	58.9	0.59

Abreviaturas:

d: Deformación Permanente Máxima considerada para la estructura analizada.
To : Período Fundamental (ver "Simplified Seismic Slope Displacement Procedures" - Bray, 2018).
H: Altura promedio de apilamiento, definido por la potencial superficie de falla.
e: Variable aleatoria de distribución normal con media (m) cero y desviación estándar (s) igual a 0.73.
P(D=0): Probabilidad de ocurrencia de una deformación permanente despreciable (<1 cm).
P(D>d): Probabilidad de ocurrencia de una deformación permanente mayor a la máxima (d).
***d*̂:** Deformación permanente calculada para la media de ln (D) ;
g: gravedad.
***** Los valores Mín. y Máx. de Deformación permanente fueron calculados para valores de ln(D) +/- s.

PGA: Aceleración Horizontal Máxima (T=0).
Sa(1.5T0): Aceleración Espectral Degradada.
Mw: Magnitud de Momento Sísmico.
FSpse: Factor de seguridad pseudoestático.
Ky: Aceleración de fluencia.
Vsmáx: Velocidad de Corte máxima promedio.
F: Función de Distribución Normal Acumulada.
Def. Perm.: Deformación Permanente por Sismo.

Referencia:

Simplified Procedure For Estimating Seismic Slope Displacements In Subduction Zones Earthquakes" (Bray, Macedo and Travasarou, 2018).

Anexo D.2. Análisis de Respuesta Sísmica por Métodos Simplificados – EPU ASCE 7

Análisis de Desplazamientos Permanentes por Sismo
Metodo de Bray - Macedo & Travasarou - 2018

Proyecto: ANÁLISIS DE ESTABILIDAD PARA LA DETERMINACIÓN DEL RIESGO POR DESLIZAMIENTO DEL ACANTILADO DE LA COSTA VERDE, DISTRITO BARRANCO

Fecha: 9/03/2021

Distrito: Barranco

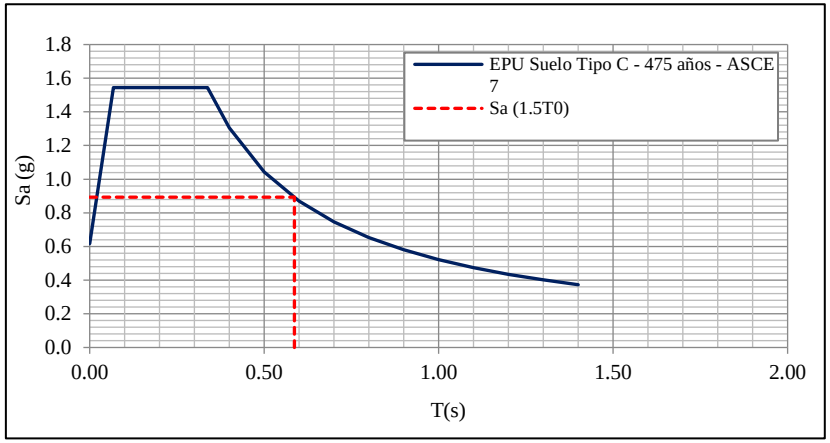
Sección: S001

Elaborado por: LVH ; BSR

1. Input

Ky:	0.1940	g
H (m):	44	m
$Vs_{máx}$:	450	m/s
T_0:	0.391	s
Mw:	8.4	
d:	24.00	cm
1.5T0:	0.587	s
PGA:	0.62	g
$Sa_{(1.5T0:)}$	0.89	g

EPU Suelo Tipo C - 475 años - ASCE 7



2. Formulaciones

- $P(D=0)$
$= 1 - F\left(m - n * \ln(k_y) - p * \left(\ln(k_y)\right)^2 - q * T_0 * \ln(k_y) + r * T_0 + s * S_a(1.5T_0)\right)$
  - *Para* $T_0 \leq 0.7$: $m = -2.64$, $n = 3.20$ $p = 0.17$, $q = 0.49$, $r = 2.09$, s=2.91
  - *Para* $T_0 > 0.7$: $m = -3.53$, $n = 4.78$, $p = 0.34$ $q = 0.30$, $r = 0.67$, s=2.66
- $\ln(D) = -a_1 - 3.353 * \ln(k_y) - 0.390 * \left(\ln(k_y)\right)^2 + 0.538 * \ln(k_y) * \ln(b) + 3.060 * \ln(b) - 0.225 * (\ln(b))^2 + a_2 * T_0 + a_3 * (T_0)^2 + 0.550 * M \pm \varepsilon$
  - *Para* $T_0 \leq 0.1$: $a1 = 6.896$, $b = S_a(1.5T_0)$, $a_2 = 3.081$, $a_3 = -0.803$
  - *Para* $T_0 > 0.1$: $a1 = 5.864, b = S_a(1.5T_0), a_2 = -9.421, a_3 = 0.0$
- $P(D > d) = [1 - P(D=0)] * (1 - \mathrm{F}\left(\frac{\ln d - \ln \hat{d}}{\sigma}\right))$

T (s)	Sa (g)
PGA (T=0)	0.62
0.07	1.54
0.34	1.54
0.40	1.30
0.50	1.04
0.60	0.87
0.70	0.75
0.80	0.65
0.90	0.58
1.00	0.52
1.10	0.47
1.20	0.43
1.30	0.40
1.40	0.37

3. Resultados

Mw	K_y	T_0	PGA	$Sa_{(1.5T0)}$	$P_{(D=0)}$	Deformación Permanente por sismo (cm)*			P(D>d)
						Mín	Promedio	Máx	
8.4	0.194	0.391	0.62	0.89	0.00	9.7	20.2	42.0	0.41

Abreviaturas:

d: Deformación Permanente Máxima considerada para la estructura analizada.
To : Período Fundamental (ver "Simplified Seismic Slope Displacement Procedures" - Bray, 2018).
H: Altura promedio de apilamiento, definido por la potencial superficie de falla.
e: Variable aleatoria de distribución normal con media (m) cero y desviación estándar (s) igual a 0.73.
P(D=0): Probabilidad de ocurrencia de una deformación permanente despreciable (<1 cm).
P(D>d): Probabilidad de ocurrencia de una deformación permanente mayor a la máxima (d).
***d*̂**: Deformación permanente calculada para la media de ln (D) ;
g: gravedad.
***** Los valores Mín. y Máx. de Deformación permanente fueron calculados para valores de ln(D) +/- s.

PGA: Aceleración Horizontal Máxima (T=0).
Sa(1.5T0): Aceleración Espectral Degradada.
Mw: Magnitud de Momento Sísmico.
FSpse: Factor de seguridad pseudoestático.
Ky: Aceleración de fluencia.
Vsmáx: Velocidad de Corte máxima promedio.
F: Función de Distribución Normal Acumulada.
Def. Perm.: Deformación Permanente por Sismo.

Referencia:

Simplified Procedure For Estimating Seismic Slope Displacements In Subduction Zones Earthquakes" (Bray, Macedo and Travasarou, 2018).

Análisis de Desplazamientos Permanentes por Sismo
Metodo de Bray - Macedo & Travasarou - 2018

Proyecto: ANÁLISIS DE ESTABILIDAD PARA LA DETERMINACIÓN DEL RIESGO POR DESLIZAMIENTO DEL ACANTILADO DE LA COSTA VERDE, DISTRITO BARRANCO

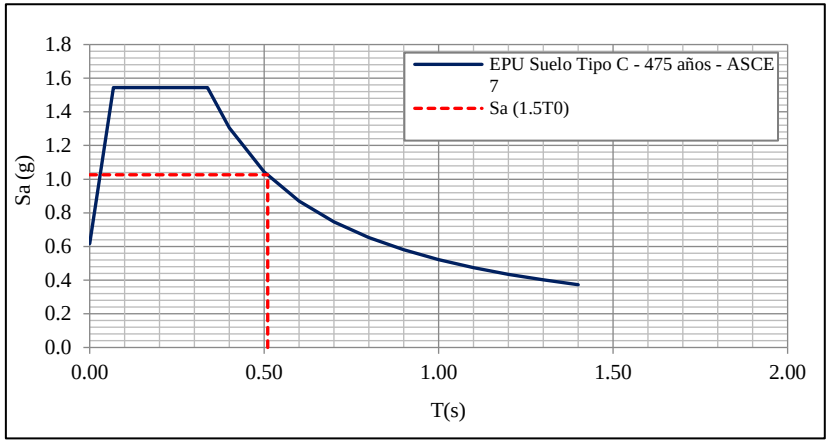
Fecha: 18/03/2021

Distrito: Barranco **Sección:** S004 **Elaborado por:** BSR; LVH

1. Input

Ky:	0.1670	g
H (m):	38.26	m
$Vs_{máx}$:	450	m/s
T_0:	0.340	s
Mw:	8.4	
d:	22.00	cm
1.5T0:	0.510	s
PGA:	0.62	g
$Sa_{(1.5T0:)}$	1.03	g

EPU Suelo Tipo C - 475 años - ASCE 7



T (s)	Sa (g)
PGA (T=0)	0.62
0.07	1.54
0.34	1.54
0.40	1.30
0.50	1.04
0.60	0.87
0.70	0.75
0.80	0.65
0.90	0.58
1.00	0.52
1.10	0.47
1.20	0.43
1.30	0.40
1.40	0.37

2. Formulaciones

- $P(D=0) = 1 - F\left(m - n * \ln(k_y) - p * (\ln(k_y))^2 - q * T_0 * \ln(k_y) + r * T_0 + s * S_a(1.5T_0)\right)$
  - *Para* $T_0 \le 0.7$: $m = -2.64$, $n = 3.20$ $p = 0.17$, $q = 0.49$, $r = 2.09$, s=2.91
  - *Para* $T_0 > 0.7$: $m = -3.53$, $n = 4.78$, $p = 0.34$ $q = 0.30$, $r = 0.67$, s=2.66
- $\ln(D) = -a_1 - 3.353 * \ln(k_y) - 0.390 * (\ln(k_y))^2 + 0.538 * \ln(k_y) * \ln(b) + 3.060 * \ln(b) - 0.225 * (\ln(b))^2 + a_2 * T_0 + a_3 * (T_0)^2 + 0.550 * M \pm \varepsilon$
  - *Para* $T_0 \le 0.1$: $a1 = 6.896$, $b = S_a(1.5T_0)$, $a_2 = 3.081$, $a_3 = -0.803$
  - *Para* $T_0 > 0.1$: $a1 = 5.864, b = S_a(1.5T_0), a_2 = -9.421, a_3 = 0.0$
- $P(D > d) = [1 - P(D=0)] * (1 - F\left(\frac{\ln d - \ln \hat{d}}{\sigma}\right))$

3. Resultados

Mw	K_y	T_0	PGA	$Sa_{(1.5T0)}$	$P_{(D=0)}$	Deformación Permanente por sismo (cm)*			P(D>d)
						Mín	Promedio	Máx	
8.4	0.167	0.340	0.62	1.03	0.00	15.7	32.6	67.7	0.71

Abreviaturas:

d: Deformación Permanente Máxima considerada para la estructura analizada.
To : Período Fundamental (ver "Simplified Seismic Slope Displacement Procedures" - Bray, 2018).
H: Altura promedio de apilamiento, definido por la potencial superficie de falla.
e: Variable aleatoria de distribución normal con media (m) cero y desviación estándar (s) igual a 0.73.
P(D=0): Probabilidad de ocurrencia de una deformación permanente despreciable (<1 cm).
P(D>d): Probabilidad de ocurrencia de una deformación permanente mayor a la máxima (d).
***d*̂:** Deformación permanente calculada para la media de ln (D) ;
g: gravedad.
***** Los valores Mín. y Máx. de Deformación permanente fueron calculados para valores de ln(D) +/- s.

PGA: Aceleración Horizontal Máxima (T=0).
Sa(1.5T0): Aceleración Espectral Degradada.
Mw: Magnitud de Momento Sísmico.
FSpse: Factor de seguridad pseudoestático.
Ky: Aceleración de fluencia.
Vsmáx: Velocidad de Corte máxima promedio.
F: Función de Distribución Normal Acumulada.
Def. Perm.: Deformación Permanente por Sismo.

Referencia:

Simplified Procedure For Estimating Seismic Slope Displacements In Subduction Zones Earthquakes" (Bray, Macedo and Travasarou, 2018).

Análisis de Desplazamientos Permanentes por Sismo
Metodo de Bray - Macedo & Travasarou - 2018

Proyecto: ANÁLISIS DE ESTABILIDAD PARA LA DETERMINACIÓN DEL RIESGO POR DESLIZAMIENTO DEL ACANTILADO DE LA COSTA VERDE, DISTRITO BARRANCO

Fecha: 18/03/2021

Distrito: Barranco

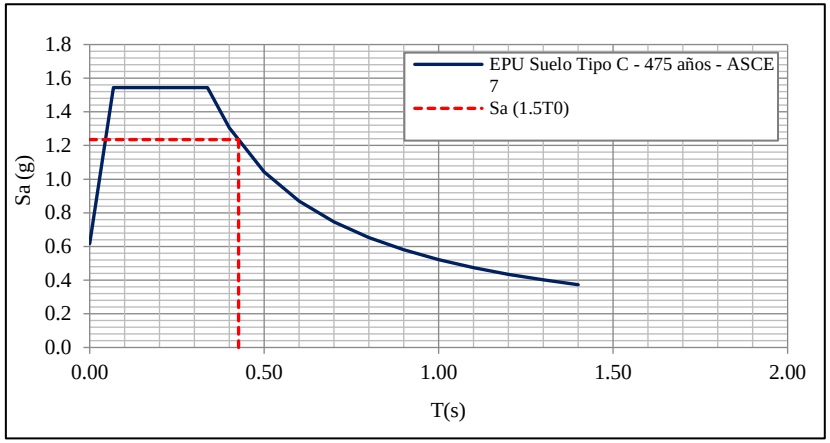
Sección: S005-Global

Elaborado por: BSR; LVH

1. Input

Ky:	0.2170	g
H (m):	32.00	m
$Vs_{máx}$:	450	m/s
T_0:	0.284	s
Mw:	8.4	
d:	17.20	cm
1.5T0:	0.427	s
PGA:	0.62	g
$Sa_{(1.5T0:)}$	1.24	g

EPU Suelo Tipo C - 475 años - ASCE 7



2. Formulaciones

- $P(D=0)$
$= 1 - F\left(m - n * \ln(k_y) - p * \left(\ln(k_y)\right)^2 - q * T_0 * \ln(k_y) + r * T_0 + s * S_a(1.5T_0)\right)$
  - $Para\ T_0 \leq 0.7$: $m = -2.64$, $n = 3.20$ $p = 0.17$, $q = 0.49$, $r = 2.09$, s=2.91
  - $Para\ T_0 > 0.7$: $m = -3.53$, $n = 4.78$, $p = 0.34$ $q = 0.30$, $r = 0.67$, s=2.66
- $\ln(D) = -a_1 - 3.353 * \ln(k_y) - 0.390 * \left(\ln(k_y)\right)^2 + 0.538 * \ln(k_y) * \ln(b)$
$+3.060 * \ln(b) - 0.225 * (\ln(b))^2 + a_2 * T_0 + a_3 * (T_0)^2 + 0.550 * M \pm \varepsilon$
  - $Para\ T_0 \leq 0.1$: $a1 = 6.896$, $b = S_a(1.5T_0)$, $a_2 = 3.081$, $a_3 = -0.803$
  - $Para\ T_0 > 0.1$: $a1 = 5.864, b = S_a(1.5T_0), a_2 = -9.421, a_3 = 0.0$
- $P(D > d) = [1 - P(D=0)] * (1 - F\left(\frac{\ln d - \ln \hat{d}}{\sigma}\right))$

T (s)	Sa (g)
PGA (T=0)	0.62
0.07	1.54
0.34	1.54
0.40	1.30
0.50	1.04
0.60	0.87
0.70	0.75
0.80	0.65
0.90	0.58
1.00	0.52
1.10	0.47
1.20	0.43
1.30	0.40
1.40	0.37

3. Resultados

Mw	K_y	T_0	PGA	$Sa_{(1.5T0)}$	$P_{(D=0)}$	Deformación Permanente por sismo (cm)*			P(D>d)
						Mín	Promedio	Máx	
8.4	0.217	0.284	0.62	1.24	0.00	12.0	24.8	51.5	0.69

Abreviaturas:

d: Deformación Permanente Máxima considerada para la estructura analizada.
To : Período Fundamental (ver "Simplified Seismic Slope Displacement Procedures" - Bray, 2018).
H: Altura promedio de apilamiento, definido por la potencial superficie de falla.
e: Variable aleatoria de distribución normal con media (m) cero y desviación estándar (s) igual a 0.73.
P(D=0): Probabilidad de ocurrencia de una deformación permanente despreciable (<1 cm).
P(D>d): Probabilidad de ocurrencia de una deformación permanente mayor a la máxima (d).
***d*̂:** Deformación permanente calculada para la media de ln (D) ;
g: gravedad.
***** Los valores Mín. y Máx. de Deformación permanente fueron calculados para valores de ln(D) +/- s.

PGA: Aceleración Horizontal Máxima (T=0).
Sa(1.5T0): Aceleración Espectral Degradada.
Mw: Magnitud de Momento Sísmico.
FSpse: Factor de seguridad pseudoestático.
Ky: Aceleración de fluencia.
Vsmáx: Velocidad de Corte máxima promedio.
F: Función de Distribución Normal Acumulada.
Def. Perm.: Deformación Permanente por Sismo.

Referencia:

Simplified Procedure For Estimating Seismic Slope Displacements In Subduction Zones Earthquakes" (Bray, Macedo and Travasarou, 2018).

Análisis de Desplazamientos Permanentes por Sismo
Metodo de Bray - Macedo & Travasarou - 2018

Proyecto: ANÁLISIS DE ESTABILIDAD PARA LA DETERMINACIÓN DEL RIESGO POR DESLIZAMIENTO DEL ACANTILADO DE LA COSTA VERDE, DISTRITO BARRANCO

Fecha: 18/03/2021

Distrito: Barranco

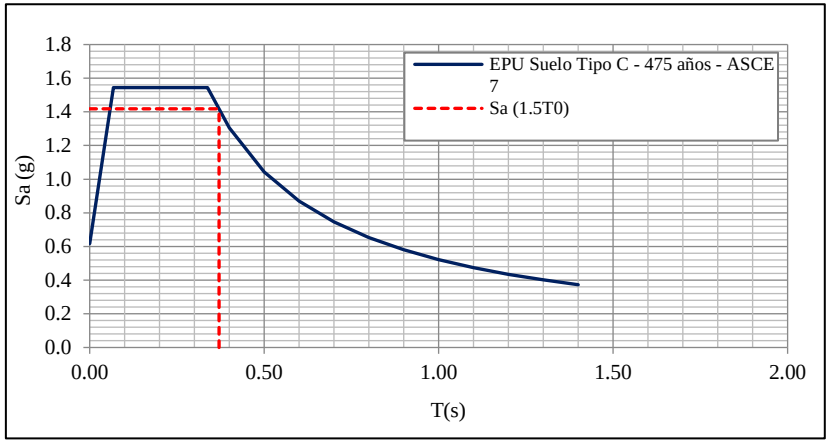
Sección: S005-Local

Elaborado por: BSR; LVH

1. Input

Ky:	0.1490	g
H (m):	27.80	m
$Vs_{máx}$:	450	m/s
T_0:	0.247	s
Mw:	8.4	
d:	17.20	cm
1.5T0:	0.371	s
PGA:	0.62	g
$Sa_{(1.5T0:)}$	1.42	g

EPU Suelo Tipo C - 475 años - ASCE 7



2. Formulaciones

- $P(D=0)$
$= 1 - F\left(m - n * \ln(k_y) - p * \left(\ln(k_y)\right)^2 - q * T_0 * \ln(k_y) + r * T_0 + s * S_a(1.5T_0)\right)$
  - $Para\ T_0 \leq 0.7$: $m = -2.64$, $n = 3.20$ $p = 0.17$, $q = 0.49$, $r = 2.09$, s=2.91
  - $Para\ T_0 > 0.7$: $m = -3.53$, $n = 4.78$, $p = 0.34$ $q = 0.30$, $r = 0.67$, s=2.66
- $\ln(D) = -a_1 - 3.353 * \ln(k_y) - 0.390 * \left(\ln(k_y)\right)^2 + 0.538 * \ln(k_y) * \ln(b)$
$+3.060 * \ln(b) - 0.225 * (\ln(b))^2 + a_2 * T_0 + a_3 * (T_0)^2 + 0.550 * M \pm \varepsilon$
  - $Para\ T_0 \leq 0.1$: $a1 = 6.896$, $b = S_a(1.5T_0)$, $a_2 = 3.081$, $a_3 = -0.803$
  - $Para\ T_0 > 0.1$: $a1 = 5.864, b = S_a(1.5T_0), a_2 = -9.421, a_3 = 0.0$
- $P(D > d) = [1 - P(D=0)] * (1 - F\left(\frac{\ln d - \ln \hat{d}}{\sigma}\right))$

T (s)	Sa (g)
PGA (T=0)	0.62
0.07	1.54
0.34	1.54
0.40	1.30
0.50	1.04
0.60	0.87
0.70	0.75
0.80	0.65
0.90	0.58
1.00	0.52
1.10	0.47
1.20	0.43
1.30	0.40
1.40	0.37

3. Resultados

Mw	K_y	T_0	PGA	$Sa_{(1.5T0)}$	$P_{(D=0)}$	Deformación Permanente por sismo (cm)*			P(D>d)
						Mín	Promedio	Máx	
8.4	0.149	0.247	0.62	1.42	0.00	28.8	59.7	124.0	0.96

Abreviaturas:

d: Deformación Permanente Máxima considerada para la estructura analizada.
To : Período Fundamental (ver "Simplified Seismic Slope Displacement Procedures" - Bray, 2018).
H: Altura promedio de apilamiento, definido por la potencial superficie de falla.
e: Variable aleatoria de distribución normal con media (m) cero y desviación estándar (s) igual a 0.73.
P(D=0): Probabilidad de ocurrencia de una deformación permanente despreciable (<1 cm).
P(D>d): Probabilidad de ocurrencia de una deformación permanente mayor a la máxima (d).
***d*̂**: Deformación permanente calculada para la media de ln (D) ;
g: gravedad.
***** Los valores Mín. y Máx. de Deformación permanente fueron calculados para valores de ln(D) +/- s.

PGA: Aceleración Horizontal Máxima (T=0).
Sa(1.5T0): Aceleración Espectral Degradada.
Mw: Magnitud de Momento Sísmico.
FSpse: Factor de seguridad pseudoestático.
Ky: Aceleración de fluencia.
Vsmáx: Velocidad de Corte máxima promedio.
F: Función de Distribución Normal Acumulada.
Def. Perm.: Deformación Permanente por Sismo.

Referencia:

Simplified Procedure For Estimating Seismic Slope Displacements In Subduction Zones Earthquakes" (Bray, Macedo and Travasarou, 2018).

Análisis de Desplazamientos Permanentes por Sismo
Metodo de Bray - Macedo & Travasarou - 2018

Proyecto: ANÁLISIS DE ESTABILIDAD PARA LA DETERMINACIÓN DEL RIESGO POR DESLIZAMIENTO DEL ACANTILADO DE LA COSTA VERDE, DISTRITO BARRANCO

Fecha: 18/03/2021

Distrito: Barranco

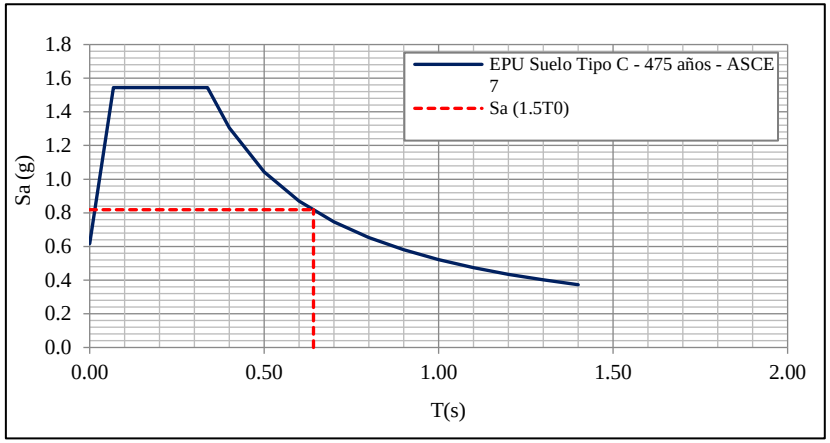
Sección: S007B

Elaborado por: BSR; LVH

1. Input

Ky:	0.1430	g
H (m):	48.10	m
$Vs_{máx}$:	450	m/s
T_0:	0.428	s
Mw:	8.4	
d:	24.92	cm
1.5T0:	0.641	s
PGA:	0.62	g
$Sa_{(1.5T0:)}$	0.82	g

EPU Suelo Tipo C - 475 años - ASCE 7



2. Formulaciones

- $P(D=0)$
$= 1 - F\left(m - n * \ln(k_y) - p * \left(\ln(k_y)\right)^2 - q * T_0 * \ln(k_y) + r * T_0 + s * S_a(1.5T_0)\right)$
  - $Para\ T_0 \leq 0.7:\ m = -2.64,\ n = 3.20\ p = 0.17,\ q = 0.49,\ r = 2.09,$ s=2.91
  - $Para\ T_0 > 0.7:\ m = -3.53,\ n = 4.78,\ p = 0.34\ q = 0.30,\ r = 0.67,$ s=2.66
- $\ln(D) = -a_1 - 3.353 * \ln(k_y) - 0.390 * \left(\ln(k_y)\right)^2 + 0.538 * \ln(k_y) * \ln(b) + 3.060 * \ln(b) - 0.225 * (\ln(b))^2 + a_2 * T_0 + a_3 * (T_0)^2 + 0.550 * M \pm \varepsilon$
  - $Para\ T_0 \leq 0.1:\ a1 = 6.896,\ b = S_a(1.5T_0),\ a_2 = 3.081,\ a_3 = -0.803$
  - $Para\ T_0 > 0.1:\ a1 = 5.864, b = S_a(1.5T_0), a_2 = -9.421, a_3 = 0.0$
- $P(D > d) = [1 - P(D=0)] * (1 - \mathrm{F}\left(\frac{\ln d - \ln \hat{d}}{\sigma}\right))$

T (s)	Sa (g)
PGA (T=0)	0.62
0.07	1.54
0.34	1.54
0.40	1.30
0.50	1.04
0.60	0.87
0.70	0.75
0.80	0.65
0.90	0.58
1.00	0.52
1.10	0.47
1.20	0.43
1.30	0.40
1.40	0.37

3. Resultados

Mw	K_y	T_0	PGA	$Sa_{(1.5T0)}$	$P_{(D=0)}$	Deformación Permanente por sismo (cm)*			P(D>d)
						Mín	Promedio	Máx	
8.4	0.143	0.428	0.62	0.82	0.00	16.4	34.1	70.7	0.67

Abreviaturas:

d: Deformación Permanente Máxima considerada para la estructura analizada.
To : Período Fundamental (ver "Simplified Seismic Slope Displacement Procedures" - Bray, 2018).
H: Altura promedio de apilamiento, definido por la potencial superficie de falla.
e: Variable aleatoria de distribución normal con media (m) cero y desviación estándar (s) igual a 0.73.
P(D=0): Probabilidad de ocurrencia de una deformación permanente despreciable (<1 cm).
P(D>d): Probabilidad de ocurrencia de una deformación permanente mayor a la máxima (d).
***d*̂**: Deformación permanente calculada para la media de ln (D) ;
g: gravedad.
***** Los valores Mín. y Máx. de Deformación permanente fueron calculados para valores de ln(D) +/- s.

PGA: Aceleración Horizontal Máxima (T=0).
Sa(1.5T0): Aceleración Espectral Degradada.
Mw: Magnitud de Momento Sísmico.
FSpse: Factor de seguridad pseudoestático.
Ky: Aceleración de fluencia.
Vsmáx: Velocidad de Corte máxima promedio.
F: Función de Distribución Normal Acumulada.
Def. Perm.: Deformación Permanente por Sismo.

Referencia:

Simplified Procedure For Estimating Seismic Slope Displacements In Subduction Zones Earthquakes" (Bray, Macedo and Travasarou, 2018).

Análisis de Desplazamientos Permanentes por Sismo
Metodo de Bray - Macedo & Travasarou - 2018

Proyecto: ANÁLISIS DE ESTABILIDAD PARA LA DETERMINACIÓN DEL RIESGO POR DESLIZAMIENTO DEL ACANTILADO DE LA COSTA VERDE, DISTRITO BARRANCO

Fecha: 18/03/2021

Distrito: Barranco

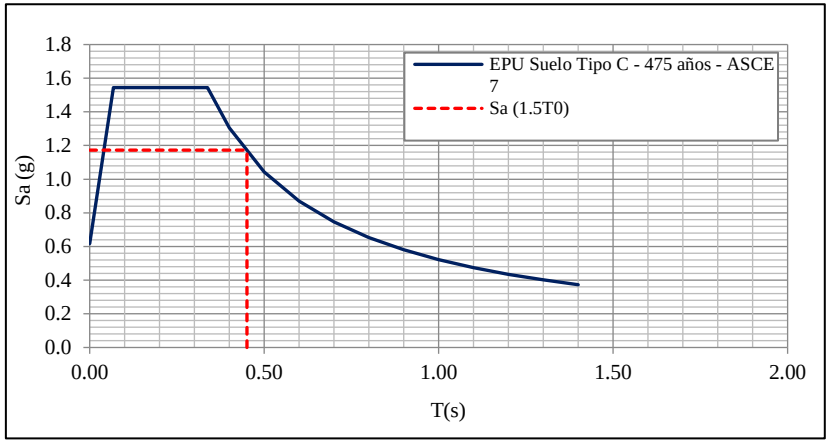
Sección: S008A

Elaborado por: BSR; LVH

1. Input

Ky:	0.1120	g
H (m):	33.80	m
$Vs_{máx}$:	450	m/s
T_0:	0.300	s
Mw:	8.4	
d:	17.50	cm
1.5T0:	0.451	s
PGA:	0.62	g
$Sa_{(1.5T0:)}$	1.17	g

EPU Suelo Tipo C - 475 años - ASCE 7



T (s)	Sa (g)
PGA (T=0)	0.62
0.07	1.54
0.34	1.54
0.40	1.30
0.50	1.04
0.60	0.87
0.70	0.75
0.80	0.65
0.90	0.58
1.00	0.52
1.10	0.47
1.20	0.43
1.30	0.40
1.40	0.37

2. Formulaciones

- $P(D=0)$
$= 1 - F\left(m - n * \ln(k_y) - p * \left(\ln(k_y)\right)^2 - q * T_0 * \ln(k_y) + r * T_0 + s * S_a(1.5T_0)\right)$
  - *Para* $T_0 \leq 0.7$: $m = -2.64$, $n = 3.20$ $p = 0.17$, $q = 0.49$, $r = 2.09$, s=2.91
  - *Para* $T_0 > 0.7$: $m = -3.53$, $n = 4.78$, $p = 0.34$ $q = 0.30$, $r = 0.67$, s=2.66
- $\ln(D) = -a_1 - 3.353 * \ln(k_y) - 0.390 * \left(\ln(k_y)\right)^2 + 0.538 * \ln(k_y) * \ln(b)$
$+3.060 * \ln(b) - 0.225 * (\ln(b))^2 + a_2 * T_0 + a_3 * (T_0)^2 + 0.550 * M \pm \varepsilon$
  - *Para* $T_0 \leq 0.1$: $a1 = 6.896$, $b = S_a(1.5T_0)$, $a_2 = 3.081$, $a_3 = -0.803$
  - *Para* $T_0 > 0.1$: $a1 = 5.864, b = S_a(1.5T_0), a_2 = -9.421, a_3 = 0.0$
- $P(D > d) = [1 - P(D=0)] * (1 - F\left(\frac{\ln d - \ln \hat{d}}{\sigma}\right))$

3. Resultados

Mw	K_y	T_0	PGA	$Sa_{(1.5T0)}$	$P_{(D=0)}$	Deformación Permanente por sismo (cm)*			P(D>d)
						Mín	Promedio	Máx	
8.4	0.112	0.300	0.62	1.17	0.00	37.1	76.9	159.6	0.98

Abreviaturas:

d: Deformación Permanente Máxima considerada para la estructura analizada.
To : Período Fundamental (ver "Simplified Seismic Slope Displacement Procedures" - Bray, 2018).
H: Altura promedio de apilamiento, definido por la potencial superficie de falla.
e: Variable aleatoria de distribución normal con media (m) cero y desviación estándar (s) igual a 0.73.
P(D=0): Probabilidad de ocurrencia de una deformación permanente despreciable (<1 cm).
P(D>d): Probabilidad de ocurrencia de una deformación permanente mayor a la máxima (d).
***d*̂:** Deformación permanente calculada para la media de ln (D) ;
g: gravedad.
***** Los valores Mín. y Máx. de Deformación permanente fueron calculados para valores de ln(D) +/- s.

PGA: Aceleración Horizontal Máxima (T=0).
Sa(1.5T0): Aceleración Espectral Degradada.
Mw: Magnitud de Momento Sísmico.
FSpse: Factor de seguridad pseudoestático.
Ky: Aceleración de fluencia.
Vsmáx: Velocidad de Corte máxima promedio.
F: Función de Distribución Normal Acumulada.
Def. Perm.: Deformación Permanente por Sismo.

Referencia:

Simplified Procedure For Estimating Seismic Slope Displacements In Subduction Zones Earthquakes" (Bray, Macedo and Travasarou, 2018).

Análisis de Desplazamientos Permanentes por Sismo
Metodo de Bray - Macedo & Travasarou - 2018

Proyecto: ANÁLISIS DE ESTABILIDAD PARA LA DETERMINACIÓN DEL RIESGO POR DESLIZAMIENTO DEL ACANTILADO DE LA COSTA VERDE, DISTRITO BARRANCO

Fecha: 18/03/2021

Distrito: Barranco

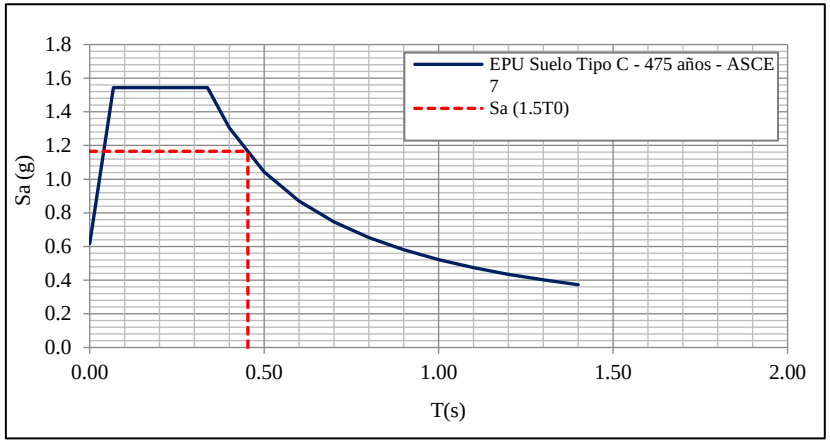
Sección: S008B

Elaborado por: BSR; LVH

1. Input

Ky:	0.1400	g
H (m):	34.00	m
$Vs_{máx}$:	450	m/s
T_0:	0.302	s
Mw:	8.4	
d:	17.50	cm
1.5T0:	0.453	s
PGA:	0.62	g
$Sa_{(1.5T0:)}$	1.17	g

EPU Suelo Tipo C - 475 años - ASCE 7



2. Formulaciones

- $P(D=0)$
$= 1 - F\left(m - n * \ln(k_y) - p * \left(\ln(k_y)\right)^2 - q * T_0 * \ln(k_y) + r * T_0 + s * S_a(1.5T_0)\right)$
  - *Para* $T_0 \leq 0.7$: $m = -2.64$, $n = 3.20$ $p = 0.17$, $q = 0.49$, $r = 2.09$, s=2.91
  - *Para* $T_0 > 0.7$: $m = -3.53$, $n = 4.78$, $p = 0.34$ $q = 0.30$, $r = 0.67$, s=2.66
- $\ln(D) = -a_1 - 3.353 * \ln(k_y) - 0.390 * \left(\ln(k_y)\right)^2 + 0.538 * \ln(k_y) * \ln(b) + 3.060 * \ln(b) - 0.225 * (\ln(b))^2 + a_2 * T_0 + a_3 * (T_0)^2 + 0.550 * M \pm \varepsilon$
  - *Para* $T_0 \leq 0.1$: $a1 = 6.896$, $b = S_a(1.5T_0)$, $a_2 = 3.081$, $a_3 = -0.803$
  - *Para* $T_0 > 0.1$: $a1 = 5.864, b = S_a(1.5T_0), a_2 = -9.421, a_3 = 0.0$
- $P(D > d) = [1 - P(D=0)] * (1 - F\left(\frac{\ln d - \ln \hat{d}}{\sigma}\right))$

T (s)	Sa (g)
PGA (T=0)	0.62
0.07	1.54
0.34	1.54
0.40	1.30
0.50	1.04
0.60	0.87
0.70	0.75
0.80	0.65
0.90	0.58
1.00	0.52
1.10	0.47
1.20	0.43
1.30	0.40
1.40	0.37

3. Resultados

Mw	K_y	T_0	PGA	$Sa_{(1.5T0)}$	$P_{(D=0)}$	Deformación Permanente por sismo (cm)*			P(D>d)
						Mín	Promedio	Máx	
8.4	0.140	0.302	0.62	1.17	0.00	25.5	52.9	109.8	0.94

Abreviaturas:

d: Deformación Permanente Máxima considerada para la estructura analizada.
To : Período Fundamental (ver "Simplified Seismic Slope Displacement Procedures" - Bray, 2018).
H: Altura promedio de apilamiento, definido por la potencial superficie de falla.
e: Variable aleatoria de distribución normal con media (m) cero y desviación estándar (s) igual a 0.73.
P(D=0): Probabilidad de ocurrencia de una deformación permanente despreciable (<1 cm).
P(D>d): Probabilidad de ocurrencia de una deformación permanente mayor a la máxima (d).
***d*̂**: Deformación permanente calculada para la media de ln (D) ;
g: gravedad.
***** Los valores Mín. y Máx. de Deformación permanente fueron calculados para valores de ln(D) +/- s.

PGA: Aceleración Horizontal Máxima (T=0).
Sa(1.5T0): Aceleración Espectral Degradada.
Mw: Magnitud de Momento Sísmico.
FSpse: Factor de seguridad pseudoestático.
Ky: Aceleración de fluencia.
Vsmáx: Velocidad de Corte máxima promedio.
F: Función de Distribución Normal Acumulada.
Def. Perm.: Deformación Permanente por Sismo.

Referencia:

Simplified Procedure For Estimating Seismic Slope Displacements In Subduction Zones Earthquakes" (Bray, Macedo and Travasarou, 2018).

Análisis de Desplazamientos Permanentes por Sismo
Metodo de Bray - Macedo & Travasarou - 2018

Proyecto: ANÁLISIS DE ESTABILIDAD PARA LA DETERMINACIÓN DEL RIESGO POR DESLIZAMIENTO DEL ACANTILADO DE LA COSTA VERDE, DISTRITO BARRANCO

Fecha: 18/03/2021

Distrito: Barranco

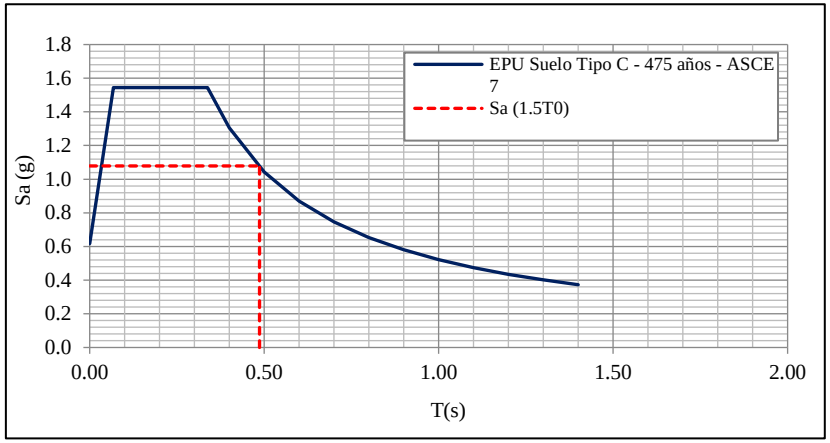
Sección: S008C

Elaborado por: BSR; LVH

1. Input

Ky:	0.2290	g
H (m):	36.50	m
$Vs_{máx}$:	450	m/s
T_0:	0.324	s
Mw:	8.4	
d:	18.50	cm
1.5T0:	0.487	s
PGA:	0.62	g
$Sa_{(1.5T0:)}$	1.08	g

EPU Suelo Tipo C - 475 años - ASCE 7



2. Formulaciones

- $P(D=0)$
$= 1 - F\left(m - n * \ln(k_y) - p * \left(\ln(k_y)\right)^2 - q * T_0 * \ln(k_y) + r * T_0 + s * S_a(1.5T_0)\right)$
  - $Para\ T_0 \leq 0.7:\ m = -2.64,\ n = 3.20\ p = 0.17,\ q = 0.49,\ r = 2.09,$ s=2.91
  - $Para\ T_0 > 0.7:\ m = -3.53,\ n = 4.78,\ p = 0.34\ q = 0.30,\ r = 0.67,$ s=2.66
- $\ln(D) = -a_1 - 3.353 * \ln(k_y) - 0.390 * \left(\ln(k_y)\right)^2 + 0.538 * \ln(k_y) * \ln(b) + 3.060 * \ln(b) - 0.225 * (\ln(b))^2 + a_2 * T_0 + a_3 * (T_0)^2 + 0.550 * M \pm \varepsilon$
  - $Para\ T_0 \leq 0.1:\ a1 = 6.896,\ b = S_a(1.5T_0),\ a_2 = 3.081,\ a_3 = -0.803$
  - $Para\ T_0 > 0.1:\ a1 = 5.864, b = S_a(1.5T_0), a_2 = -9.421, a_3 = 0.0$
- $P(D > d) = [1 - P(D=0)] * (1 - \mathrm{F}\left(\frac{\ln d - \ln \hat{d}}{\sigma}\right))$

T (s)	Sa (g)
PGA (T=0)	0.62
0.07	1.54
0.34	1.54
0.40	1.30
0.50	1.04
0.60	0.87
0.70	0.75
0.80	0.65
0.90	0.58
1.00	0.52
1.10	0.47
1.20	0.43
1.30	0.40
1.40	0.37

3. Resultados

Mw	K_y	T_0	PGA	$Sa_{(1.5T0)}$	$P_{(D=0)}$	Deformación Permanente por sismo (cm)*			P(D>d)
						Mín	Promedio	Máx	
8.4	0.229	0.324	0.62	1.08	0.00	8.8	18.3	37.9	0.49

Abreviaturas:

d: Deformación Permanente Máxima considerada para la estructura analizada.
To : Período Fundamental (ver "Simplified Seismic Slope Displacement Procedures" - Bray, 2018).
H: Altura promedio de apilamiento, definido por la potencial superficie de falla.
e: Variable aleatoria de distribución normal con media (m) cero y desviación estándar (s) igual a 0.73.
P(D=0): Probabilidad de ocurrencia de una deformación permanente despreciable (<1 cm).
P(D>d): Probabilidad de ocurrencia de una deformación permanente mayor a la máxima (d).
***d*̂**: Deformación permanente calculada para la media de ln (D) ;
g: gravedad.
***** Los valores Mín. y Máx. de Deformación permanente fueron calculados para valores de ln(D) +/- s.

PGA: Aceleración Horizontal Máxima (T=0).
Sa(1.5T0): Aceleración Espectral Degradada.
Mw: Magnitud de Momento Sísmico.
FSpse: Factor de seguridad pseudoestático.
Ky: Aceleración de fluencia.
Vsmáx: Velocidad de Corte máxima promedio.
F: Función de Distribución Normal Acumulada.
Def. Perm.: Deformación Permanente por Sismo.

Referencia:

Simplified Procedure For Estimating Seismic Slope Displacements In Subduction Zones Earthquakes" (Bray, Macedo and Travasarou, 2018).

Análisis de Desplazamientos Permanentes por Sismo
Metodo de Bray - Macedo & Travasarou - 2018

Proyecto: ANÁLISIS DE ESTABILIDAD PARA LA DETERMINACIÓN DEL RIESGO POR DESLIZAMIENTO DEL ACANTILADO DE LA COSTA VERDE, DISTRITO BARRANCO

Fecha: 18/03/2021

Distrito: Barranco

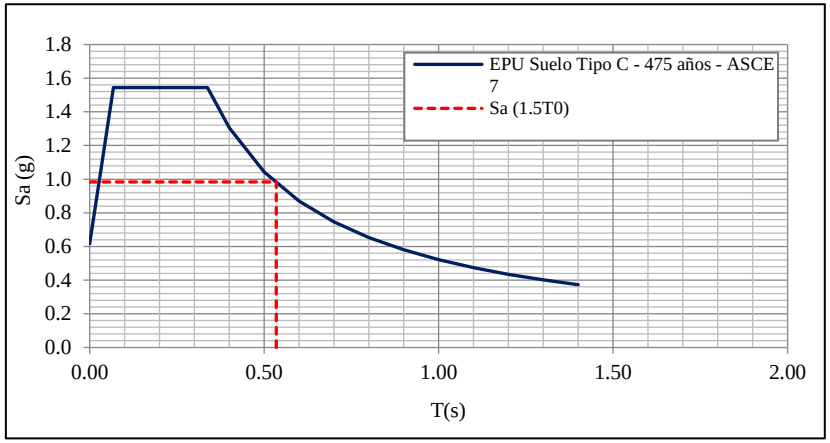
Sección: S009

Elaborado por: BSR; LVH

1. Input

Ky:	0.0580	g
H (m):	40.10	m
$Vs_{máx}$:	450	m/s
T_0:	0.356	s
Mw:	8.4	
d:	23.65	cm
1.5T0:	0.535	s
PGA:	0.62	g
$Sa_{(1.5T0:)}$	0.98	g

EPU Suelo Tipo C - 475 años - ASCE 7



2. Formulaciones

- $P(D=0)$
$= 1 - F\left(m - n * \ln(k_y) - p * \left(\ln(k_y)\right)^2 - q * T_0 * \ln(k_y) + r * T_0 + s * S_a(1.5T_0)\right)$
  - *Para* $T_0 \leq 0.7$: $m = -2.64$, $n = 3.20$ $p = 0.17$, $q = 0.49$, $r = 2.09$, s=2.91
  - *Para* $T_0 > 0.7$: $m = -3.53$, $n = 4.78$, $p = 0.34$ $q = 0.30$, $r = 0.67$, s=2.66
- $\ln(D) = -a_1 - 3.353 * \ln(k_y) - 0.390 * \left(\ln(k_y)\right)^2 + 0.538 * \ln(k_y) * \ln(b) + 3.060 * \ln(b) - 0.225 * (\ln(b))^2 + a_2 * T_0 + a_3 * (T_0)^2 + 0.550 * M \pm \varepsilon$
  - *Para* $T_0 \leq 0.1$: $a1 = 6.896$, $b = S_a(1.5T_0)$, $a_2 = 3.081$, $a_3 = -0.803$
  - *Para* $T_0 > 0.1$: $a1 = 5.864, b = S_a(1.5T_0), a_2 = -9.421, a_3 = 0.0$
- $P(D > d) = [1 - P(D=0)] * (1 - F\left(\frac{\ln d - \ln \hat{d}}{\sigma}\right))$

T (s)	Sa (g)
PGA (T=0)	0.62
0.07	1.54
0.34	1.54
0.40	1.30
0.50	1.04
0.60	0.87
0.70	0.75
0.80	0.65
0.90	0.58
1.00	0.52
1.10	0.47
1.20	0.43
1.30	0.40
1.40	0.37

3. Resultados

Mw	K_y	T_0	PGA	$Sa_{(1.5T0)}$	$P_{(D=0)}$	Deformación Permanente por sismo (cm)*			P(D>d)
						Mín	Promedio	Máx	
8.4	0.058	0.356	0.62	0.98	0.00	77.5	160.8	333.6	1.00

Abreviaturas:

d: Deformación Permanente Máxima considerada para la estructura analizada.
To : Período Fundamental (ver "Simplified Seismic Slope Displacement Procedures" - Bray, 2018).
H: Altura promedio de apilamiento, definido por la potencial superficie de falla.
e: Variable aleatoria de distribución normal con media (m) cero y desviación estándar (s) igual a 0.73.
P(D=0): Probabilidad de ocurrencia de una deformación permanente despreciable (<1 cm).
P(D>d): Probabilidad de ocurrencia de una deformación permanente mayor a la máxima (d).
***d*̂**: Deformación permanente calculada para la media de ln (D) ;
g: gravedad.
***** Los valores Mín. y Máx. de Deformación permanente fueron calculados para valores de ln(D) +/- s.

PGA: Aceleración Horizontal Máxima (T=0).
Sa(1.5T0): Aceleración Espectral Degradada.
Mw: Magnitud de Momento Sísmico.
FSpse: Factor de seguridad pseudoestático.
Ky: Aceleración de fluencia.
Vsmáx: Velocidad de Corte máxima promedio.
F: Función de Distribución Normal Acumulada.
Def. Perm.: Deformación Permanente por Sismo.

Referencia:

Simplified Procedure For Estimating Seismic Slope Displacements In Subduction Zones Earthquakes" (Bray, Macedo and Travasarou, 2018).

Análisis de Desplazamientos Permanentes por Sismo
Metodo de Bray - Macedo & Travasarou - 2018

Proyecto: ANÁLISIS DE ESTABILIDAD PARA LA DETERMINACIÓN DEL RIESGO POR DESLIZAMIENTO DEL ACANTILADO DE LA COSTA VERDE, DISTRITO BARRANCO

Fecha: 18/03/2021

Distrito: Barranco

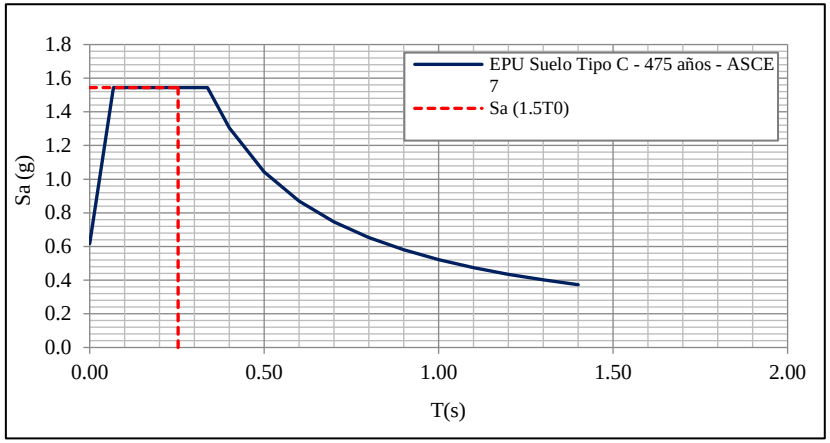
Sección: S0010

Elaborado por: LVH ; BSR

1. Input

Ky:	0.1190	g
H (m):	19	m
$Vs_{máx}$:	450	m/s
T_0:	0.169	s
Mw:	8.4	
d:	16.50	cm
1.5T0:	0.253	s
PGA:	0.62	g
$Sa_{(1.5T0:)}$	1.54	g

EPU Suelo Tipo C - 475 años - ASCE 7



2. Formulaciones

- $P(D=0)$
$= 1 - F\left(m - n * \ln(k_y) - p * \left(\ln(k_y)\right)^2 - q * T_0 * \ln(k_y) + r * T_0 + s * S_a(1.5T_0)\right)$
  - $Para\ T_0 \leq 0.7$: $m = -2.64$, $n = 3.20$ $p = 0.17$, $q = 0.49$, $r = 2.09$, s=2.91
  - $Para\ T_0 > 0.7$: $m = -3.53$, $n = 4.78$, $p = 0.34$ $q = 0.30$, $r = 0.67$, s=2.66
- $\ln(D) = -a_1 - 3.353 * \ln(k_y) - 0.390 * \left(\ln(k_y)\right)^2 + 0.538 * \ln(k_y) * \ln(b)$
$+3.060 * \ln(b) - 0.225 * (\ln(b))^2 + a_2 * T_0 + a_3 * (T_0)^2 + 0.550 * M \pm \varepsilon$
  - $Para\ T_0 \leq 0.1$: $a1 = 6.896$, $b = S_a(1.5T_0)$, $a_2 = 3.081$, $a_3 = -0.803$
  - $Para\ T_0 > 0.1$: $a1 = 5.864, b = S_a(1.5T_0), a_2 = -9.421, a_3 = 0.0$
- $P(D > d) = [1 - P(D=0)] * (1 - \mathrm{F}\left(\frac{\ln d - \ln \hat{d}}{\sigma}\right))$

T (s)	Sa (g)
PGA (T=0)	0.62
0.07	1.54
0.34	1.54
0.40	1.30
0.50	1.04
0.60	0.87
0.70	0.75
0.80	0.65
0.90	0.58
1.00	0.52
1.10	0.47
1.20	0.43
1.30	0.40
1.40	0.37

3. Resultados

Mw	K_y	T_0	PGA	$Sa_{(1.5T0)}$	$P_{(D=0)}$	Deformación Permanente por sismo (cm)*			P(D>d)
						Mín	Promedio	Máx	
8.4	0.119	0.169	0.62	1.54	0.00	38.5	79.9	165.9	0.98

Abreviaturas:

d: Deformación Permanente Máxima considerada para la estructura analizada.
To : Período Fundamental (ver "Simplified Seismic Slope Displacement Procedures" - Bray, 2018).
H: Altura promedio de apilamiento, definido por la potencial superficie de falla.
e: Variable aleatoria de distribución normal con media (m) cero y desviación estándar (s) igual a 0.73.
P(D=0): Probabilidad de ocurrencia de una deformación permanente despreciable (<1 cm).
P(D>d): Probabilidad de ocurrencia de una deformación permanente mayor a la máxima (d).
***d*̂**: Deformación permanente calculada para la media de ln (D) ;
g: gravedad.
***** Los valores Mín. y Máx. de Deformación permanente fueron calculados para valores de ln(D) +/- s.

PGA: Aceleración Horizontal Máxima (T=0).
Sa(1.5T0): Aceleración Espectral Degradada.
Mw: Magnitud de Momento Sísmico.
FSpse: Factor de seguridad pseudoestático.
Ky: Aceleración de fluencia.
Vsmáx: Velocidad de Corte máxima promedio.
F: Función de Distribución Normal Acumulada.
Def. Perm.: Deformación Permanente por Sismo.

Referencia:

Simplified Procedure For Estimating Seismic Slope Displacements In Subduction Zones Earthquakes" (Bray, Macedo and Travasarou, 2018).

Análisis de Desplazamientos Permanentes por Sismo
Metodo de Bray - Macedo & Travasarou - 2018

Proyecto: ANÁLISIS DE ESTABILIDAD PARA LA DETERMINACIÓN DEL RIESGO POR DESLIZAMIENTO DEL ACANTILADO DE LA COSTA VERDE, DISTRITO BARRANCO

Fecha: 18/03/2021

Distrito: Barranco

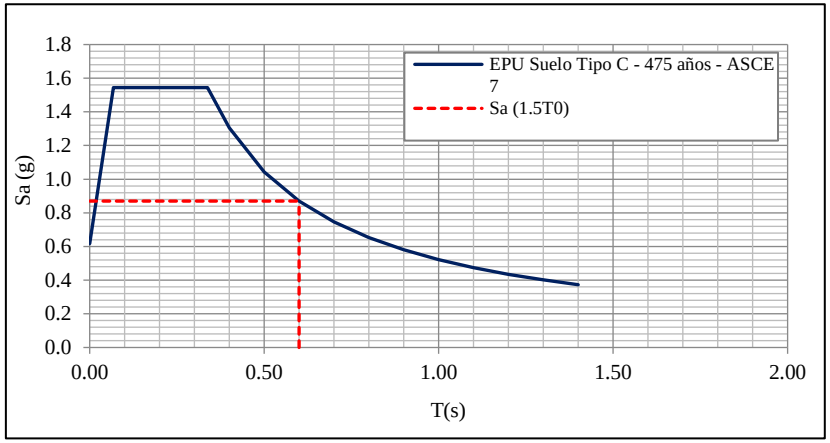
Sección: S0011

Elaborado por: LVH ; BSR

1. Input

Ky:	0.1270	g
H (m):	45	m
$Vs_{máx}$:	450	m/s
T_0:	0.400	s
Mw:	8.4	
d:	26.00	cm
1.5T0:	0.600	s
PGA:	0.62	g
$Sa_{(1.5T0:)}$	0.87	g

EPU Suelo Tipo C - 475 años - ASCE 7



T (s)	Sa (g)
PGA (T=0)	0.62
0.07	1.54
0.34	1.54
0.40	1.30
0.50	1.04
0.60	0.87
0.70	0.75
0.80	0.65
0.90	0.58
1.00	0.52
1.10	0.47
1.20	0.43
1.30	0.40
1.40	0.37

2. Formulaciones

- $P(D=0)$
$= 1 - F\left(m - n * \ln(k_y) - p * \left(\ln(k_y)\right)^2 - q * T_0 * \ln(k_y) + r * T_0 + s * S_a(1.5T_0)\right)$
  - *Para* $T_0 \le 0.7$: $m = -2.64$, $n = 3.20$ $p = 0.17$, $q = 0.49$, $r = 2.09$, s=2.91
  - *Para* $T_0 > 0.7$: $m = -3.53$, $n = 4.78$, $p = 0.34$ $q = 0.30$, $r = 0.67$, s=2.66
- $\ln(D) = -a_1 - 3.353 * \ln(k_y) - 0.390 * \left(\ln(k_y)\right)^2 + 0.538 * \ln(k_y) * \ln(b)$
$+3.060 * \ln(b) - 0.225 * (\ln(b))^2 + a_2 * T_0 + a_3 * (T_0)^2 + 0.550 * M \pm \varepsilon$
  - *Para* $T_0 \le 0.1$: $a1 = 6.896$, $b = S_a(1.5T_0)$, $a_2 = 3.081$, $a_3 = -0.803$
  - *Para* $T_0 > 0.1$: $a1 = 5.864, b = S_a(1.5T_0), a_2 = -9.421, a_3 = 0.0$
- $P(D > d) = [1 - P(D=0)] * (1 - F\left(\frac{\ln d - \ln \hat{d}}{\sigma}\right))$

3. Resultados

Mw	K_y	T_0	PGA	$Sa_{(1.5T0)}$	$P_{(D=0)}$	Deformación Permanente por sismo (cm)*			P(D>d)
						Mín	Promedio	Máx	
8.4	0.127	0.400	0.62	0.87	0.00	21.8	45.2	93.7	0.78

Abreviaturas:

d: Deformación Permanente Máxima considerada para la estructura analizada.
To : Período Fundamental (ver "Simplified Seismic Slope Displacement Procedures" - Bray, 2018).
H: Altura promedio de apilamiento, definido por la potencial superficie de falla.
e: Variable aleatoria de distribución normal con media (m) cero y desviación estándar (s) igual a 0.73.
P(D=0): Probabilidad de ocurrencia de una deformación permanente despreciable (<1 cm).
P(D>d): Probabilidad de ocurrencia de una deformación permanente mayor a la máxima (d).
***d*̂:** Deformación permanente calculada para la media de ln (D) ;
g: gravedad.
***** Los valores Mín. y Máx. de Deformación permanente fueron calculados para valores de ln(D) +/- s.

PGA: Aceleración Horizontal Máxima (T=0).
Sa(1.5T0): Aceleración Espectral Degradada.
Mw: Magnitud de Momento Sísmico.
FSpse: Factor de seguridad pseudoestático.
Ky: Aceleración de fluencia.
Vsmáx: Velocidad de Corte máxima promedio.
F: Función de Distribución Normal Acumulada.
Def. Perm.: Deformación Permanente por Sismo.

Referencia:

Simplified Procedure For Estimating Seismic Slope Displacements In Subduction Zones Earthquakes" (Bray, Macedo and Travasarou, 2018).

Análisis de Desplazamientos Permanentes por Sismo
Metodo de Bray - Macedo & Travasarou - 2018

Proyecto: ANÁLISIS DE ESTABILIDAD PARA LA DETERMINACIÓN DEL RIESGO POR DESLIZAMIENTO DEL ACANTILADO DE LA COSTA VERDE, DISTRITO BARRANCO

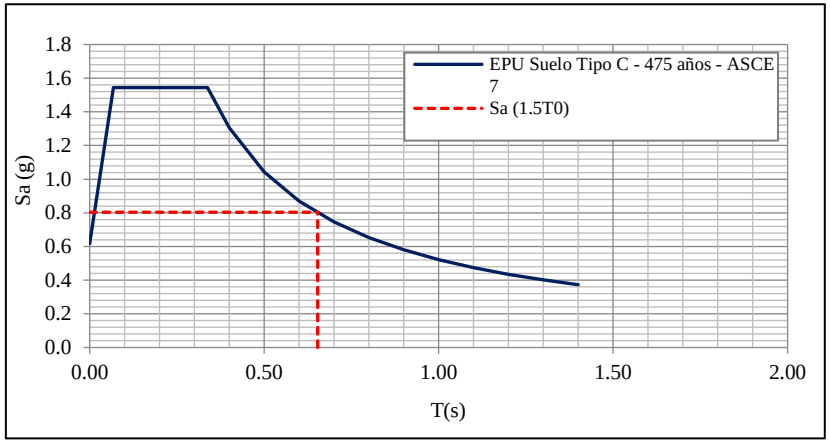
Fecha: 18/03/2021

Distrito: Barranco **Sección:** S0012 **Elaborado por:** LVH ; BSR

1. Input

Ky:	0.1320	g
H (m):	49	m
$Vs_{máx}$:	450	m/s
T_0:	0.436	s
Mw:	8.4	
d:	26.00	cm
1.5T0:	0.653	s
PGA:	0.62	g
$Sa_{(1.5T0:)}$	0.80	g

EPU Suelo Tipo C - 475 años - ASCE 7



2. Formulaciones

- $P(D=0)$
$= 1 - F\left(m - n * \ln(k_y) - p * \left(\ln(k_y)\right)^2 - q * T_0 * \ln(k_y) + r * T_0 + s * S_a(1.5T_0)\right)$
  - *Para* $T_0 \leq 0.7$: $m = -2.64$, $n = 3.20$ $p = 0.17$, $q = 0.49$, $r = 2.09$, s=2.91
  - *Para* $T_0 > 0.7$: $m = -3.53$, $n = 4.78$, $p = 0.34$ $q = 0.30$, $r = 0.67$, s=2.66
- $\ln(D) = -a_1 - 3.353 * \ln(k_y) - 0.390 * \left(\ln(k_y)\right)^2 + 0.538 * \ln(k_y) * \ln(b) + 3.060 * \ln(b) - 0.225 * (\ln(b))^2 + a_2 * T_0 + a_3 * (T_0)^2 + 0.550 * M \pm \varepsilon$
  - *Para* $T_0 \leq 0.1$: $a1 = 6.896$, $b = S_a(1.5T_0)$, $a_2 = 3.081$, $a_3 = -0.803$
  - *Para* $T_0 > 0.1$: $a1 = 5.864, b = S_a(1.5T_0), a_2 = -9.421, a_3 = 0.0$
- $P(D > d) = [1 - P(D=0)] * (1 - F\left(\frac{\ln d - \ln \hat{d}}{\sigma}\right))$

T (s)	Sa (g)
PGA (T=0)	0.62
0.07	1.54
0.34	1.54
0.40	1.30
0.50	1.04
0.60	0.87
0.70	0.75
0.80	0.65
0.90	0.58
1.00	0.52
1.10	0.47
1.20	0.43
1.30	0.40
1.40	0.37

3. Resultados

Mw	K_y	T_0	PGA	$Sa_{(1.5T0)}$	$P_{(D=0)}$	Deformación Permanente por sismo (cm)*			P(D>d)
						Mín	Promedio	Máx	
8.4	0.132	0.436	0.62	0.80	0.00	18.8	39.0	80.8	0.71

Abreviaturas:

d: Deformación Permanente Máxima considerada para la estructura analizada.
To : Período Fundamental (ver "Simplified Seismic Slope Displacement Procedures" - Bray, 2018).
H: Altura promedio de apilamiento, definido por la potencial superficie de falla.
e: Variable aleatoria de distribución normal con media (m) cero y desviación estándar (s) igual a 0.73.
P(D=0): Probabilidad de ocurrencia de una deformación permanente despreciable (<1 cm).
P(D>d): Probabilidad de ocurrencia de una deformación permanente mayor a la máxima (d).
***d*̂:** Deformación permanente calculada para la media de ln (D) ;
g: gravedad.
***** Los valores Mín. y Máx. de Deformación permanente fueron calculados para valores de ln(D) +/- s.

PGA: Aceleración Horizontal Máxima (T=0).
Sa(1.5T0): Aceleración Espectral Degradada.
Mw: Magnitud de Momento Sísmico.
FSpse: Factor de seguridad pseudoestático.
Ky: Aceleración de fluencia.
Vsmáx: Velocidad de Corte máxima promedio.
F: Función de Distribución Normal Acumulada.
Def. Perm.: Deformación Permanente por Sismo.

Referencia:

Simplified Procedure For Estimating Seismic Slope Displacements In Subduction Zones Earthquakes" (Bray, Macedo and Travasarou, 2018).

Análisis de Desplazamientos Permanentes por Sismo
Metodo de Bray - Macedo & Travasarou - 2018

Proyecto: ANÁLISIS DE ESTABILIDAD PARA LA DETERMINACIÓN DEL RIESGO POR DESLIZAMIENTO DEL ACANTILADO DE LA COSTA VERDE, DISTRITO BARRANCO

Fecha: 18/03/2021

Distrito: Barranco

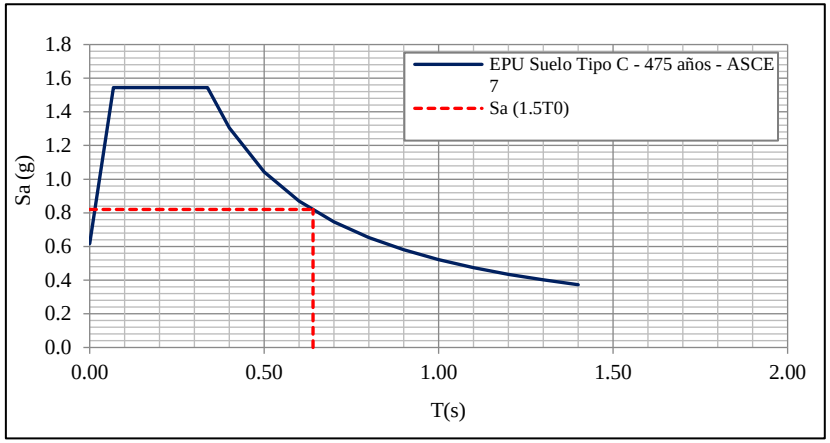
Sección: S0013A

Elaborado por: LVH ; BSR

1. Input

Ky:	0.1070	g
H (m):	48	m
$Vs_{máx}$:	450	m/s
T_0:	0.427	s
Mw:	8.4	
d:	25.50	cm
1.5T0:	0.640	s
PGA:	0.62	g
$Sa_{(1.5T0:)}$	0.82	g

EPU Suelo Tipo C - 475 años - ASCE 7



2. Formulaciones

- $P(D=0)$
$= 1 - F\left(m - n * \ln(k_y) - p * \left(\ln(k_y)\right)^2 - q * T_0 * \ln(k_y) + r * T_0 + s * S_a(1.5T_0)\right)$
  - *Para* $T_0 \leq 0.7$: $m = -2.64$, $n = 3.20$ $p = 0.17$, $q = 0.49$, $r = 2.09$, s=2.91
  - *Para* $T_0 > 0.7$: $m = -3.53$, $n = 4.78$, $p = 0.34$ $q = 0.30$, $r = 0.67$, s=2.66
- $\ln(D) = -a_1 - 3.353 * \ln(k_y) - 0.390 * \left(\ln(k_y)\right)^2 + 0.538 * \ln(k_y) * \ln(b) + 3.060 * \ln(b) - 0.225 * (\ln(b))^2 + a_2 * T_0 + a_3 * (T_0)^2 + 0.550 * M \pm \varepsilon$
  - *Para* $T_0 \leq 0.1$: $a1 = 6.896$, $b = S_a(1.5T_0)$, $a_2 = 3.081$, $a_3 = -0.803$
  - *Para* $T_0 > 0.1$: $a1 = 5.864, b = S_a(1.5T_0), a_2 = -9.421, a_3 = 0.0$
- $P(D > d) = [1 - P(D=0)] * (1 - F\left(\frac{\ln d - \ln \hat{d}}{\sigma}\right))$

T (s)	Sa (g)
PGA (T=0)	0.62
0.07	1.54
0.34	1.54
0.40	1.30
0.50	1.04
0.60	0.87
0.70	0.75
0.80	0.65
0.90	0.58
1.00	0.52
1.10	0.47
1.20	0.43
1.30	0.40
1.40	0.37

3. Resultados

Mw	K_y	T_0	PGA	$Sa_{(1.5T0)}$	$P_{(D=0)}$	Deformación Permanente por sismo (cm)*			P(D>d)
						Mín	Promedio	Máx	
8.4	0.107	0.427	0.62	0.82	0.00	28.0	58.0	120.4	0.87

Abreviaturas:

d: Deformación Permanente Máxima considerada para la estructura analizada.
To : Período Fundamental (ver "Simplified Seismic Slope Displacement Procedures" - Bray, 2018).
H: Altura promedio de apilamiento, definido por la potencial superficie de falla.
e: Variable aleatoria de distribución normal con media (m) cero y desviación estándar (s) igual a 0.73.
P(D=0): Probabilidad de ocurrencia de una deformación permanente despreciable (<1 cm).
P(D>d): Probabilidad de ocurrencia de una deformación permanente mayor a la máxima (d).
***d*̂:** Deformación permanente calculada para la media de ln (D) ;
g: gravedad.
***** Los valores Mín. y Máx. de Deformación permanente fueron calculados para valores de ln(D) +/- s.

PGA: Aceleración Horizontal Máxima (T=0).
Sa(1.5T0): Aceleración Espectral Degradada.
Mw: Magnitud de Momento Sísmico.
FSpse: Factor de seguridad pseudoestático.
Ky: Aceleración de fluencia.
Vsmáx: Velocidad de Corte máxima promedio.
F: Función de Distribución Normal Acumulada.
Def. Perm.: Deformación Permanente por Sismo.

Referencia:

Simplified Procedure For Estimating Seismic Slope Displacements In Subduction Zones Earthquakes" (Bray, Macedo and Travasarou, 2018).

Análisis de Desplazamientos Permanentes por Sismo
Metodo de Bray - Macedo & Travasarou - 2018

Proyecto: ANÁLISIS DE ESTABILIDAD PARA LA DETERMINACIÓN DEL RIESGO POR DESLIZAMIENTO DEL ACANTILADO DE LA COSTA VERDE, DISTRITO BARRANCO

Fecha: 18/03/2021

Distrito: Barranco

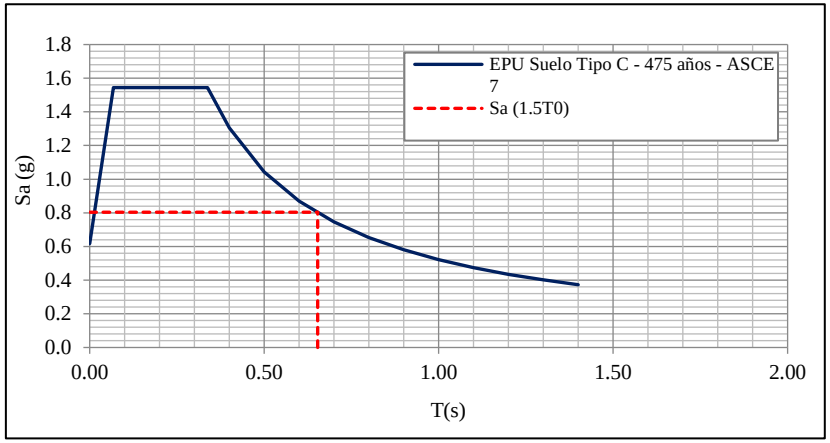
Sección: S0013B

Elaborado por: LVH ; BSR

1. Input

Ky:	0.0380	g
H (m):	49	m
$Vs_{máx}$:	450	m/s
T_0:	0.436	s
Mw:	8.4	
d:	25.50	cm
1.5T0:	0.653	s
PGA:	0.62	g
$Sa_{(1.5T0:)}$	0.80	g

EPU Suelo Tipo C - 475 años - ASCE 7



T (s)	Sa (g)
PGA (T=0)	0.62
0.07	1.54
0.34	1.54
0.40	1.30
0.50	1.04
0.60	0.87
0.70	0.75
0.80	0.65
0.90	0.58
1.00	0.52
1.10	0.47
1.20	0.43
1.30	0.40
1.40	0.37

2. Formulaciones

- $P(D=0) = 1 - F\left(m - n * \ln(k_y) - p * (\ln(k_y))^2 - q * T_0 * \ln(k_y) + r * T_0 + s * S_a(1.5T_0)\right)$
  - *Para* $T_0 \le 0.7$: $m = -2.64$, $n = 3.20$ $p = 0.17$, $q = 0.49$, $r = 2.09$, s=2.91
  - *Para* $T_0 > 0.7$: $m = -3.53$, $n = 4.78$, $p = 0.34$ $q = 0.30$, $r = 0.67$, s=2.66
- $\ln(D) = -a_1 - 3.353 * \ln(k_y) - 0.390 * (\ln(k_y))^2 + 0.538 * \ln(k_y) * \ln(b) + 3.060 * \ln(b) - 0.225 * (\ln(b))^2 + a_2 * T_0 + a_3 * (T_0)^2 + 0.550 * M \pm \varepsilon$
  - *Para* $T_0 \le 0.1$: $a1 = 6.896$, $b = S_a(1.5T_0)$, $a_2 = 3.081$, $a_3 = -0.803$
  - *Para* $T_0 > 0.1$: $a1 = 5.864, b = S_a(1.5T_0), a_2 = -9.421, a_3 = 0.0$
- $P(D > d) = [1 - P(D=0)] * (1 - F\left(\frac{\ln d - \ln \hat{d}}{\sigma}\right))$

3. Resultados

Mw	K_y	T_0	PGA	$Sa_{(1.5T0)}$	$P_{(D=0)}$	Deformación Permanente por sismo (cm)*			P(D>d)
						Mín	Promedio	Máx	
8.4	0.038	0.436	0.62	0.80	0.00	108.1	224.2	465.3	1.00

Abreviaturas:

d: Deformación Permanente Máxima considerada para la estructura analizada.
To : Período Fundamental (ver "Simplified Seismic Slope Displacement Procedures" - Bray, 2018).
H: Altura promedio de apilamiento, definido por la potencial superficie de falla.
e: Variable aleatoria de distribución normal con media (m) cero y desviación estándar (s) igual a 0.73.
P(D=0): Probabilidad de ocurrencia de una deformación permanente despreciable (<1 cm).
P(D>d): Probabilidad de ocurrencia de una deformación permanente mayor a la máxima (d).
***d*̂:** Deformación permanente calculada para la media de ln (D) ;
g: gravedad.
***** Los valores Mín. y Máx. de Deformación permanente fueron calculados para valores de ln(D) +/- s.

PGA: Aceleración Horizontal Máxima (T=0).
Sa(1.5T0): Aceleración Espectral Degradada.
Mw: Magnitud de Momento Sísmico.
FSpse: Factor de seguridad pseudoestático.
Ky: Aceleración de fluencia.
Vsmáx: Velocidad de Corte máxima promedio.
F: Función de Distribución Normal Acumulada.
Def. Perm.: Deformación Permanente por Sismo.

Referencia:

Simplified Procedure For Estimating Seismic Slope Displacements In Subduction Zones Earthquakes" (Bray, Macedo and Travasarou, 2018).

Análisis de Desplazamientos Permanentes por Sismo
Metodo de Bray - Macedo & Travasarou - 2018

Proyecto: ANÁLISIS DE ESTABILIDAD PARA LA DETERMINACIÓN DEL RIESGO POR DESLIZAMIENTO DEL ACANTILADO DE LA COSTA VERDE, DISTRITO BARRANCO

Fecha: 18/03/2021

Distrito: Barranco

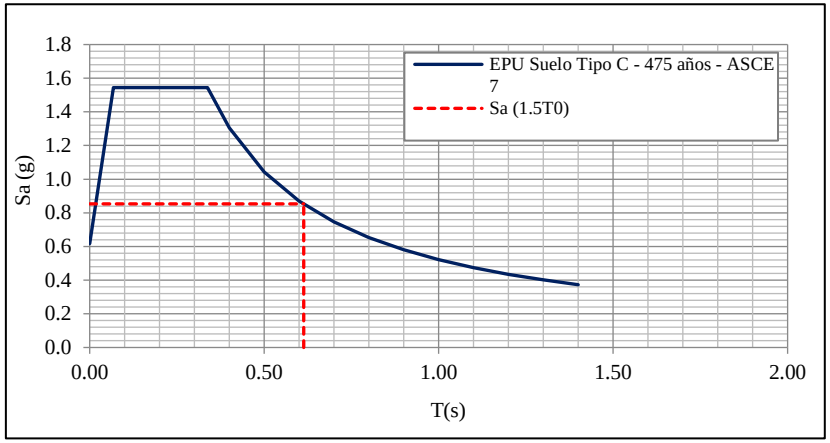
Sección: S0013C

Elaborado por: LVH ; BSR

1. Input

Ky:	0.0890	g
H (m):	46	m
$Vs_{máx}$:	450	m/s
T_0:	0.409	s
Mw:	8.4	
d:	25.50	cm
1.5T0:	0.613	s
PGA:	0.62	g
$Sa_{(1.5T0:)}$	0.85	g

EPU Suelo Tipo C - 475 años - ASCE 7



2. Formulaciones

- $P(D=0)$
$= 1 - F\left(m - n * \ln(k_y) - p * (\ln(k_y))^2 - q * T_0 * \ln(k_y) + r * T_0 + s * S_a(1.5T_0)\right)$
  - *Para* $T_0 \leq 0.7$: $m = -2.64$, $n = 3.20$ $p = 0.17$, $q = 0.49$, $r = 2.09$, s=2.91
  - *Para* $T_0 > 0.7$: $m = -3.53$, $n = 4.78$, $p = 0.34$ $q = 0.30$, $r = 0.67$, s=2.66
- $\ln(D) = -a_1 - 3.353 * \ln(k_y) - 0.390 * (\ln(k_y))^2 + 0.538 * \ln(k_y) * \ln(b)$
$+3.060 * \ln(b) - 0.225 * (\ln(b))^2 + a_2 * T_0 + a_3 * (T_0)^2 + 0.550 * M \pm \varepsilon$
  - *Para* $T_0 \leq 0.1$: $a1 = 6.896$, $b = S_a(1.5T_0)$, $a_2 = 3.081$, $a_3 = -0.803$
  - *Para* $T_0 > 0.1$: $a1 = 5.864, b = S_a(1.5T_0), a_2 = -9.421, a_3 = 0.0$
- $P(D > d) = [1 - P(D=0)] * (1 - F\left(\frac{\ln d - \ln \hat{d}}{\sigma}\right))$

T (s)	Sa (g)
PGA (T=0)	0.62
0.07	1.54
0.34	1.54
0.40	1.30
0.50	1.04
0.60	0.87
0.70	0.75
0.80	0.65
0.90	0.58
1.00	0.52
1.10	0.47
1.20	0.43
1.30	0.40
1.40	0.37

3. Resultados

Mw	K_y	T_0	PGA	$Sa_{(1.5T0)}$	$P_{(D=0)}$	Deformación Permanente por sismo (cm)*			P(D>d)
						Mín	Promedio	Máx	
8.4	0.089	0.409	0.62	0.85	0.00	39.0	81.0	168.0	0.94

Abreviaturas:

d: Deformación Permanente Máxima considerada para la estructura analizada.
To : Período Fundamental (ver "Simplified Seismic Slope Displacement Procedures" - Bray, 2018).
H: Altura promedio de apilamiento, definido por la potencial superficie de falla.
e: Variable aleatoria de distribución normal con media (m) cero y desviación estándar (s) igual a 0.73.
P(D=0): Probabilidad de ocurrencia de una deformación permanente despreciable (<1 cm).
P(D>d): Probabilidad de ocurrencia de una deformación permanente mayor a la máxima (d).
***d*̂**: Deformación permanente calculada para la media de ln (D) ;
g: gravedad.
***** Los valores Mín. y Máx. de Deformación permanente fueron calculados para valores de ln(D) +/- s.

PGA: Aceleración Horizontal Máxima (T=0).
Sa(1.5T0): Aceleración Espectral Degradada.
Mw: Magnitud de Momento Sísmico.
FSpse: Factor de seguridad pseudoestático.
Ky: Aceleración de fluencia.
Vsmáx: Velocidad de Corte máxima promedio.
F: Función de Distribución Normal Acumulada.
Def. Perm.: Deformación Permanente por Sismo.

Referencia:

Simplified Procedure For Estimating Seismic Slope Displacements In Subduction Zones Earthquakes" (Bray, Macedo and Travasarou, 2018).

Análisis de Desplazamientos Permanentes por Sismo
Metodo de Bray - Macedo & Travasarou - 2018

Proyecto: ANÁLISIS DE ESTABILIDAD PARA LA DETERMINACIÓN DEL RIESGO POR DESLIZAMIENTO DEL ACANTILADO DE LA COSTA VERDE, DISTRITO BARRANCO

Fecha: 18/03/2021

Distrito: Barranco

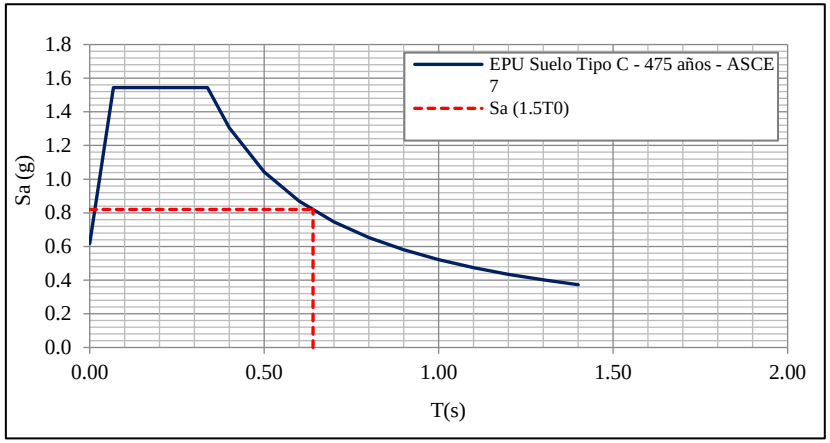
Sección: S0016A

Elaborado por: LVH ; BSR

1. Input

Ky:	0.2250	g
H (m):	48	m
$Vs_{máx}$:	450	m/s
T_0:	0.427	s
Mw:	8.4	
d:	24.00	cm
1.5T0:	0.640	s
PGA:	0.62	g
$Sa_{(1.5T0:)}$	0.82	g

EPU Suelo Tipo C - 475 años - ASCE 7



2. Formulaciones

- $P(D=0)$
$= 1 - F\left(m - n * \ln(k_y) - p * \left(\ln(k_y)\right)^2 - q * T_0 * \ln(k_y) + r * T_0 + s * S_a(1.5T_0)\right)$
  - $Para\ T_0 \leq 0.7:\ m = -2.64,\ n = 3.20\ p = 0.17,\ q = 0.49,\ r = 2.09,$ s=2.91
  - $Para\ T_0 > 0.7:\ m = -3.53,\ n = 4.78,\ p = 0.34\ q = 0.30,\ r = 0.67,$ s=2.66
- $\ln(D) = -a_1 - 3.353 * \ln(k_y) - 0.390 * \left(\ln(k_y)\right)^2 + 0.538 * \ln(k_y) * \ln(b) + 3.060 * \ln(b) - 0.225 * (\ln(b))^2 + a_2 * T_0 + a_3 * (T_0)^2 + 0.550 * M \pm \varepsilon$
  - $Para\ T_0 \leq 0.1:\ a1 = 6.896,\ b = S_a(1.5T_0),\ a_2 = 3.081,\ a_3 = -0.803$
  - $Para\ T_0 > 0.1:\ a1 = 5.864, b = S_a(1.5T_0), a_2 = -9.421, a_3 = 0.0$
- $P(D > d) = [1 - P(D=0)] * (1 - \mathrm{F}\left(\frac{\ln d - \ln \hat{d}}{\sigma}\right))$

T (s)	Sa (g)
PGA (T=0)	0.62
0.07	1.54
0.34	1.54
0.40	1.30
0.50	1.04
0.60	0.87
0.70	0.75
0.80	0.65
0.90	0.58
1.00	0.52
1.10	0.47
1.20	0.43
1.30	0.40
1.40	0.37

3. Resultados

Mw	K_y	T_0	PGA	$Sa_{(1.5T0)}$	$P_{(D=0)}$	Deformación Permanente por sismo (cm)*			P(D>d)
						Mín	Promedio	Máx	
8.4	0.225	0.427	0.62	0.82	0.01	6.3	13.1	27.1	0.20

Abreviaturas:

d: Deformación Permanente Máxima considerada para la estructura analizada.
To : Período Fundamental (ver "Simplified Seismic Slope Displacement Procedures" - Bray, 2018).
H: Altura promedio de apilamiento, definido por la potencial superficie de falla.
e: Variable aleatoria de distribución normal con media (m) cero y desviación estándar (s) igual a 0.73.
P(D=0): Probabilidad de ocurrencia de una deformación permanente despreciable (<1 cm).
P(D>d): Probabilidad de ocurrencia de una deformación permanente mayor a la máxima (d).
***d*̂:** Deformación permanente calculada para la media de ln (D) ;
g: gravedad.
***** Los valores Mín. y Máx. de Deformación permanente fueron calculados para valores de ln(D) +/- s.

PGA: Aceleración Horizontal Máxima (T=0).
Sa(1.5T0): Aceleración Espectral Degradada.
Mw: Magnitud de Momento Sísmico.
FSpse: Factor de seguridad pseudoestático.
Ky: Aceleración de fluencia.
Vsmáx: Velocidad de Corte máxima promedio.
F: Función de Distribución Normal Acumulada.
Def. Perm.: Deformación Permanente por Sismo.

Referencia:

Simplified Procedure For Estimating Seismic Slope Displacements In Subduction Zones Earthquakes" (Bray, Macedo and Travasarou, 2018).

Análisis de Desplazamientos Permanentes por Sismo
Metodo de Bray - Macedo & Travasarou - 2018

Proyecto: ANÁLISIS DE ESTABILIDAD PARA LA DETERMINACIÓN DEL RIESGO POR DESLIZAMIENTO DEL ACANTILADO DE LA COSTA VERDE, DISTRITO BARRANCO

Fecha: 18/03/2021

Distrito: Barranco

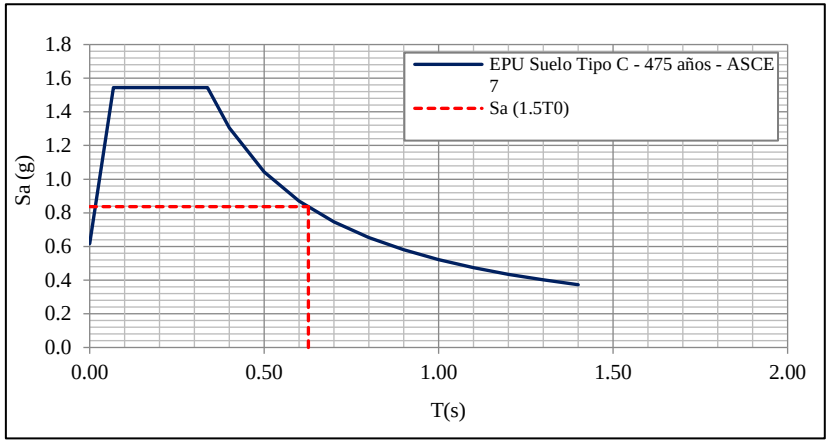
Sección: S0017B

Elaborado por: LVH ; BSR

1. Input

Ky:	0.2190	g
H (m):	47	m
$Vs_{máx}$:	450	m/s
T_0:	0.418	s
Mw:	8.4	
d:	24.00	cm
1.5T0:	0.627	s
PGA:	0.62	g
$Sa_{(1.5T0:)}$	0.84	g

EPU Suelo Tipo C - 475 años - ASCE 7



2. Formulaciones

- $P(D=0)$
$= 1 - F\left(m - n * \ln(k_y) - p * \left(\ln(k_y)\right)^2 - q * T_0 * \ln(k_y) + r * T_0 + s * S_a(1.5T_0)\right)$
  - *Para* $T_0 \leq 0.7$: $m = -2.64$, $n = 3.20$ $p = 0.17$, $q = 0.49$, $r = 2.09$, s=2.91
  - *Para* $T_0 > 0.7$: $m = -3.53$, $n = 4.78$, $p = 0.34$ $q = 0.30$, $r = 0.67$, s=2.66
- $\ln(D) = -a_1 - 3.353 * \ln(k_y) - 0.390 * \left(\ln(k_y)\right)^2 + 0.538 * \ln(k_y) * \ln(b) + 3.060 * \ln(b) - 0.225 * (\ln(b))^2 + a_2 * T_0 + a_3 * (T_0)^2 + 0.550 * M \pm \varepsilon$
  - *Para* $T_0 \leq 0.1$: $a1 = 6.896$, $b = S_a(1.5T_0)$, $a_2 = 3.081$, $a_3 = -0.803$
  - *Para* $T_0 > 0.1$: $a1 = 5.864, b = S_a(1.5T_0), a_2 = -9.421, a_3 = 0.0$
- $P(D > d) = [1 - P(D=0)] * (1 - \mathrm{F}\left(\frac{\ln d - \ln \hat{d}}{\sigma}\right))$

T (s)	Sa (g)
PGA (T=0)	0.62
0.07	1.54
0.34	1.54
0.40	1.30
0.50	1.04
0.60	0.87
0.70	0.75
0.80	0.65
0.90	0.58
1.00	0.52
1.10	0.47
1.20	0.43
1.30	0.40
1.40	0.37

3. Resultados

Mw	K_y	T_0	PGA	$Sa_{(1.5T0)}$	$P_{(D=0)}$	Deformación Permanente por sismo (cm)*			P(D>d)
						Mín	Promedio	Máx	
8.4	0.219	0.418	0.62	0.84	0.01	6.9	14.3	29.6	0.24

Abreviaturas:

d: Deformación Permanente Máxima considerada para la estructura analizada.
To : Período Fundamental (ver "Simplified Seismic Slope Displacement Procedures" - Bray, 2018).
H: Altura promedio de apilamiento, definido por la potencial superficie de falla.
e: Variable aleatoria de distribución normal con media (m) cero y desviación estándar (s) igual a 0.73.
P(D=0): Probabilidad de ocurrencia de una deformación permanente despreciable (<1 cm).
P(D>d): Probabilidad de ocurrencia de una deformación permanente mayor a la máxima (d).
***d*̂:** Deformación permanente calculada para la media de ln (D) ;
g: gravedad.
***** Los valores Mín. y Máx. de Deformación permanente fueron calculados para valores de ln(D) +/- s.

PGA: Aceleración Horizontal Máxima (T=0).
Sa(1.5T0): Aceleración Espectral Degradada.
Mw: Magnitud de Momento Sísmico.
FSpse: Factor de seguridad pseudoestático.
Ky: Aceleración de fluencia.
Vsmáx: Velocidad de Corte máxima promedio.
F: Función de Distribución Normal Acumulada.
Def. Perm.: Deformación Permanente por Sismo.

Referencia:

Simplified Procedure For Estimating Seismic Slope Displacements In Subduction Zones Earthquakes" (Bray, Macedo and Travasarou, 2018).

Anexo E Figuras

LEYENDA

- 50 — CURVAS DE NIVEL DE LA SUPERFICIE DEL TERRENO EXISTENTE (VER NOTA 1)
- CONTORNO DE SECTORES
- CONTORNO DE POBLACIÓN DE ESTUDIO
- LINEAS DE SECCIÓN

NOTAS:

1. LA INFORMACION TOPOGRAFICA CORRESPONDE A JULIO DEL 2020.

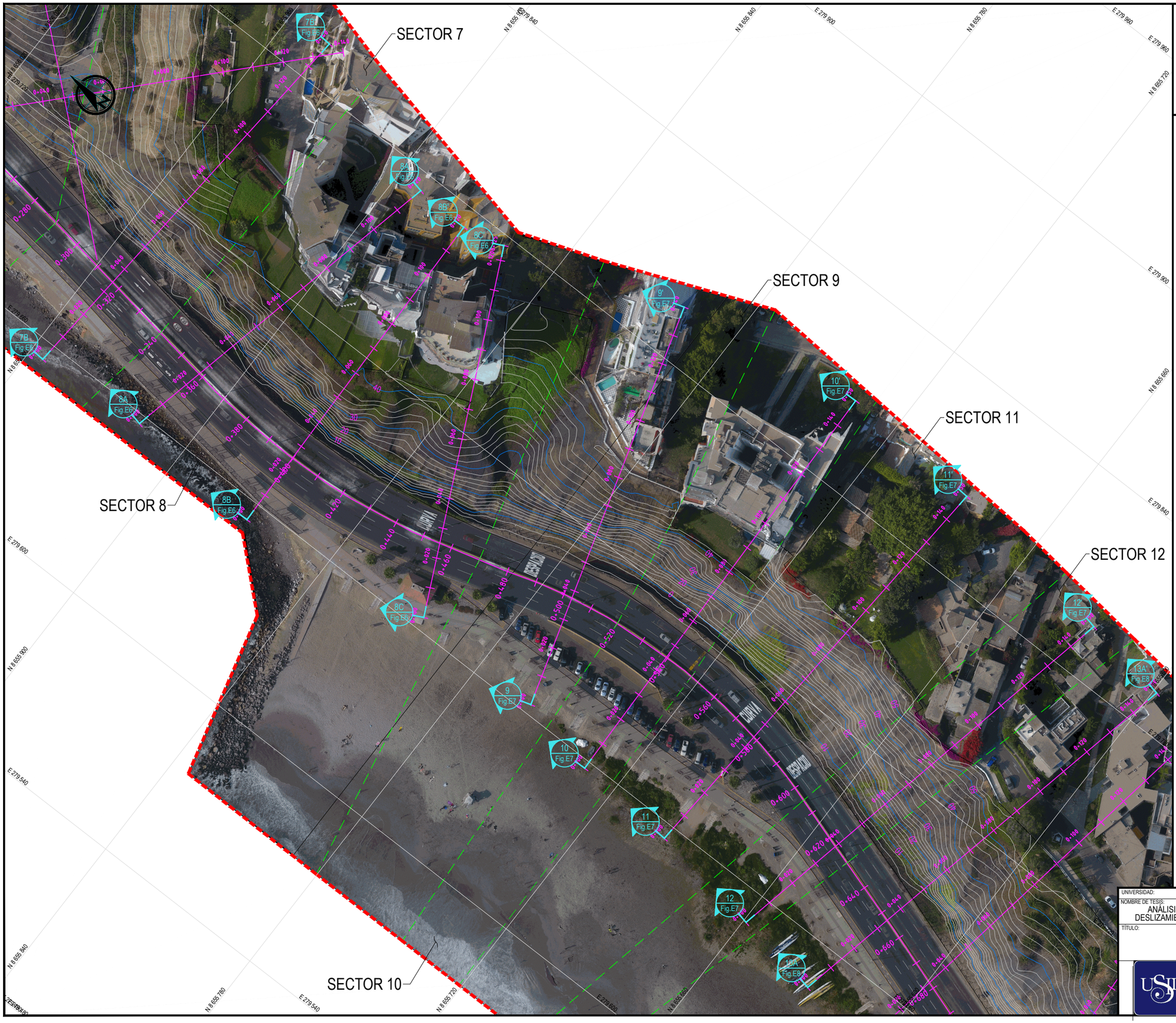
1:1 200 — 12 0 12 24 36 48 60 m

UNIVERSIDAD: **UNIVERSIDAD SAN IGNACIO DE LOYOLA**

NOMBRE DE TESIS: ANÁLISIS DE ESTABILIDAD PARA LA DETERMINACIÓN DEL RIESGO POR DESLIZAMIENTO DEL ACANTILADO DE LA COSTA VERDE, DISTRITO BARRANCO

TÍTULO: **VISTA EN PLANTA - LÁMINA 1 DE 3**

DEPART/PROVINCIA/DISTRITO: LIMA - LIMA - BARRANCO		REVISIÓN:	0
PROYECCIÓN: UTM	FECHA EMISIÓN: 16/04/2021	FORMATO:	A3
DATUM: WGS84	TESISTAS: BRYAN SANCHEZ RAMIREZ	FIGURA N°:	E.1
ZONA: 18S	TESISTAS: LUIS VACA HUAMANÍ		
ESCALA: 1:1,200	ASESOR: ING. LUIS RAYGADA R.		



LEYENDA

- CURVAS DE NIVEL DE LA SUPERFICIE DEL TERRENO EXISTENTE (VER NOTA 1)
- CONTORNO DE SECTORES
- CONTORNO DE POBLACIÓN DE ESTUDIO
- LINEAS DE SECCIÓN

NOTAS:

1. LA INFORMACION TOPOGRAFICA CORRESPONDE A JULIO DEL 2020.

1:1 200 — 12 0 12 24 36 48 60 m

UNIVERSIDAD: **UNIVERSIDAD SAN IGNACIO DE LOYOLA**

NOMBRE DE TESIS: ANÁLISIS DE ESTABILIDAD PARA LA DETERMINACIÓN DEL RIESGO POR DESLIZAMIENTO DEL ACANTILADO DE LA COSTA VERDE, DISTRITO BARRANCO

TÍTULO: **VISTA EN PLANTA - LÁMINA 2 DE 3**

DEPART/PROVINCIA/DISTRITO: LIMA - LIMA - BARRANCO		REVISIÓN: 0	
PROYECCIÓN: UTM	FECHA EMISIÓN: 16/04/2021	FORMATO: A3	
DATUM: WGS84	TESISTAS: BRYAN SANCHEZ RAMIREZ	FIGURA N°: **E.2**	
ZONA: 18S	TESISTAS: LUIS VACA HUAMANÍ		
ESCALA: 1:1,200	ASESOR: ING. LUIS RAYGADA R.		

LEYENDA

- CURVAS DE NIVEL DE LA SUPERFICIE DEL TERRENO EXISTENTE (VER NOTA 1)
- CONTORNO DE SECTORES
- CONTORNO DE POBLACIÓN DE ESTUDIO
- LINEAS DE SECCIÓN

NOTAS:

1. LA INFORMACION TOPOGRAFICA CORRESPONDE A JULIO DEL 2020.

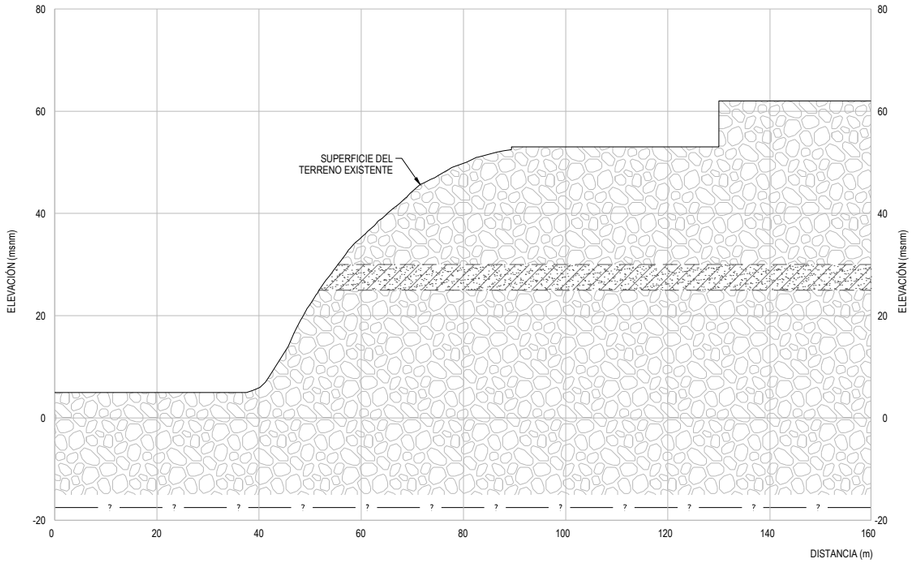
1:1 200 — 12 0 12 24 36 48 60 m

UNIVERSIDAD: **UNIVERSIDAD SAN IGNACIO DE LOYOLA**

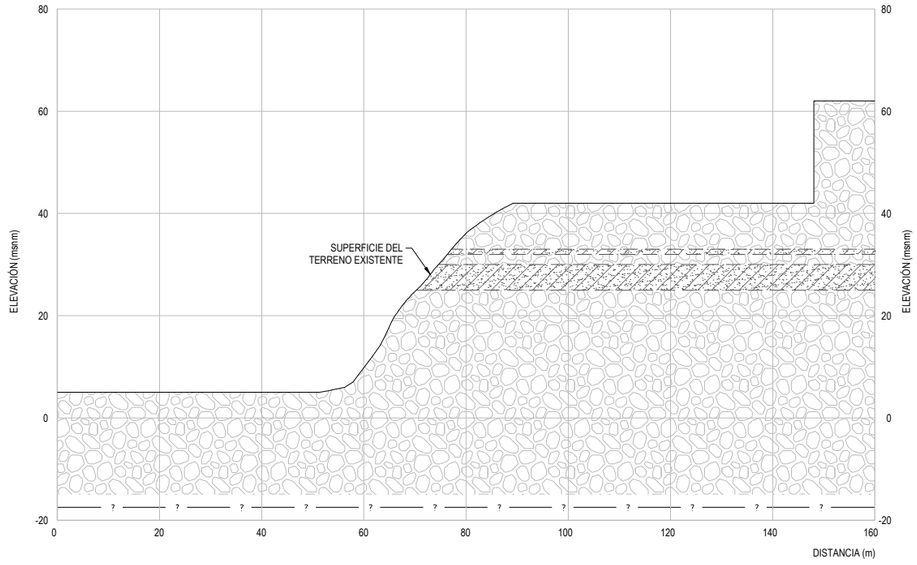
NOMBRE DE TESIS: ANÁLISIS DE ESTABILIDAD PARA LA DETERMINACIÓN DEL RIESGO POR DESLIZAMIENTO DEL ACANTILADO DE LA COSTA VERDE, DISTRITO BARRANCO

TÍTULO: **VISTA EN PLANTA - LÁMINA 3 DE 3**

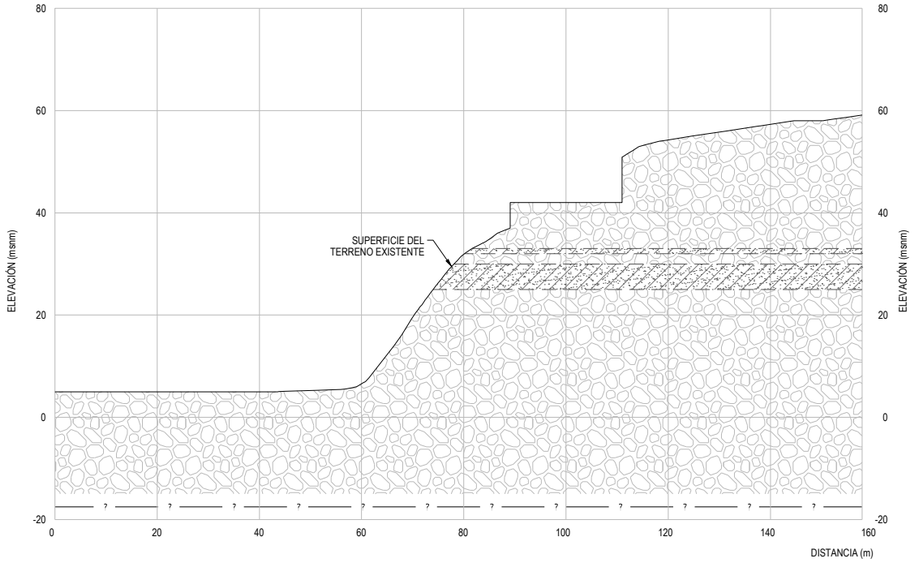
DEPART/PROVINCIA/DISTRITO: LIMA - LIMA - BARRANCO		REVISIÓN:	0
PROYECCIÓN: UTM	FECHA EMISIÓN: 16/04/2021	FORMATO:	A3
DATUM: WGS84	TESISTAS: BRYAN SANCHEZ RAMIREZ	FIGURA N°:	E.3
ZONA: 18S	TESISTAS: LUIS VACA HUAMANÍ		
ESCALA: 1:1,200	ASESOR: ING. LUIS RAYGADA R.		



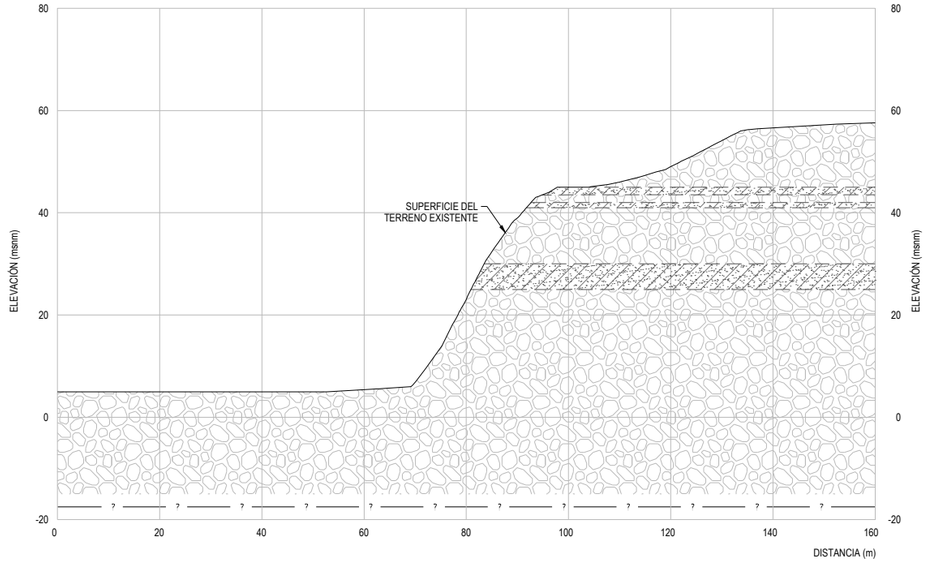
1-1' Fig E.1 **SECCIÓN** ESCALA 1:1 200



2-2' Fig E.1 **SECCIÓN** ESCALA 1:1 200



3-3' Fig E.1 **SECCIÓN** ESCALA 1:1 200



4-4' Fig E.1 **SECCIÓN** ESCALA 1:1 200

LEYENDA

- CONTACTO LITOLÓGICO INFERIDO
- CONTINUIDAD DE MATERIAL NO DEFINIDO
- MATERIAL CONGLOMERADO
- MATERIAL FINO

NOTAS:

1. LA INFORMACION TOPOGRAFICA CORRESPONDE A JULIO DEL 2020.
2. EL MODELO GEOLÓGICO DE CADA SECCIÓN SE REALIZÓ EN BASE A OBSERVACIONES DESDE LA PARTE INFERIOR DEL ACANTILADO Y SE EXTENDIÓ EN CAPAS HORIZONTALES.

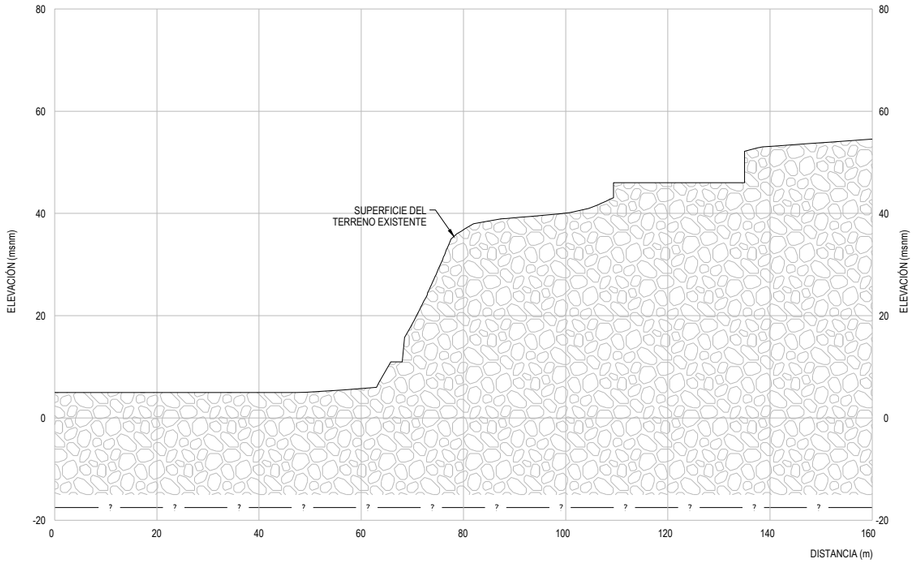
1:1 200 — 12 0 12 24 36 48 60 m

UNIVERSIDAD: **UNIVERSIDAD SAN IGNACIO DE LOYOLA**

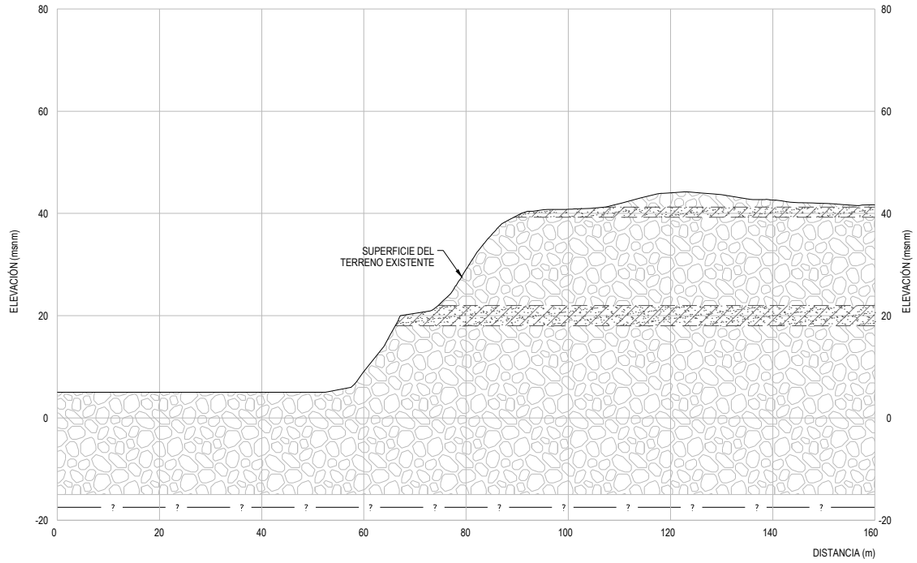
NOMBRE DE TESIS: ANÁLISIS DE ESTABILIDAD PARA LA DETERMINACIÓN DEL RIESGO POR DESLIZAMIENTO DEL ACANTILADO DE LA COSTA VERDE, DISTRITO BARRANCO

TÍTULO: **VISTA DE SECCIÓN 1-1' / SECCIÓN 2-2' / SECCIÓN 3-3' Y SECCIÓN 4-4'**

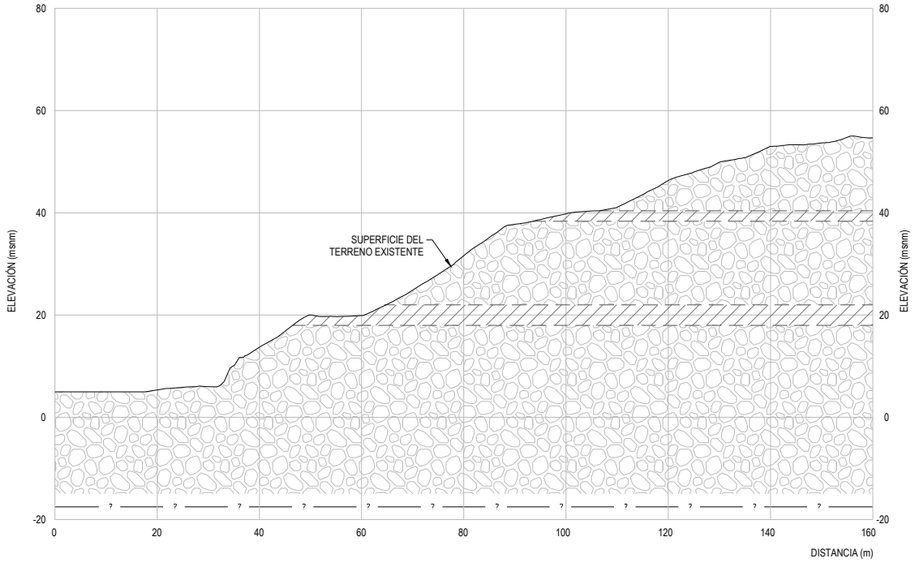
DEPART/PROVINCIA/DISTRITO: LIMA - LIMA - BARRANCO		REVISIÓN: 0	
PROYECCIÓN: UTM	FECHA EMISIÓN: 16/04/2021	FORMATO: A3	
DATUM: WGS84	TESISTAS: BRYAN SANCHEZ RAMIREZ	FIGURA N°: E.4	
ZONA: 18S	TESISTAS: LUIS VACA HUAMANÍ		
ESCALA: 1:1,200	ASESOR: ING. LUIS RAYGADA R.		



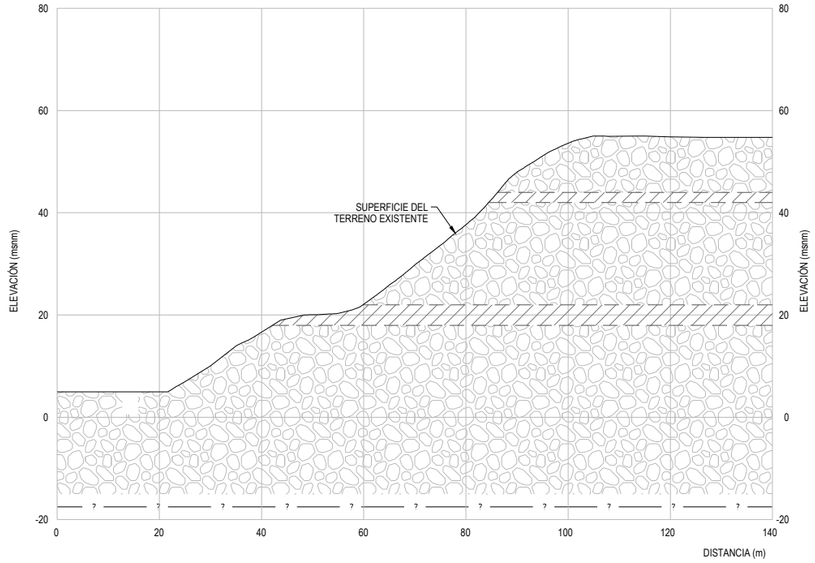
5-5' Fig E.1 **SECCIÓN** ESCALA 1:1 200



6A-6A' Fig E.1 **SECCIÓN** ESCALA 1:1 200



6B-6B' Fig E.1 **SECCIÓN** ESCALA 1:1 200



7A-7A' Fig E.1 **SECCIÓN** ESCALA 1:1 200

LEYENDA

- CONTACTO LITOLÓGICO INFERIDO
- CONTINUIDAD DE MATERIAL NO DEFINIDO
- MATERIAL CONGLOMERADO
- MATERIAL FINO

NOTAS:

1. LA INFORMACION TOPOGRAFICA CORRESPONDE A JULIO DEL 2020.
2. EL MODELO GEOLÓGICO DE CADA SECCIÓN SE REALIZÓ EN BASE A OBSERVACIONES DESDE LA PARTE INFERIOR DEL ACANTILADO Y SE EXTENDIÓ EN CAPAS HORIZONTALES.

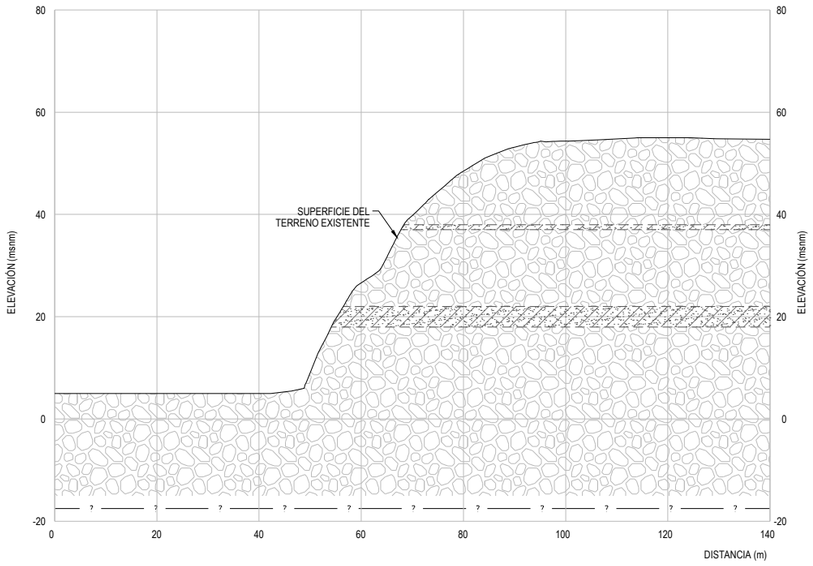
1:1 200 — 12 0 12 24 36 48 60 m

UNIVERSIDAD: **UNIVERSIDAD SAN IGNACIO DE LOYOLA**

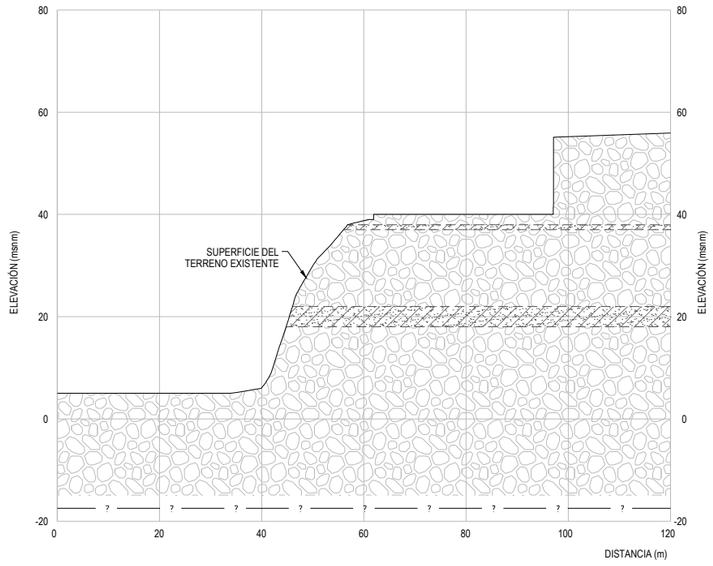
NOMBRE DE TESIS: ANÁLISIS DE ESTABILIDAD PARA LA DETERMINACIÓN DEL RIESGO POR DESLIZAMIENTO DEL ACANTILADO DE LA COSTA VERDE, DISTRITO BARRANCO

TÍTULO: **VISTA DE SECCIÓN 5-5' / SECCIÓN 6A-6A' / SECCIÓN 6B-6B' Y SECCIÓN 7A-7A'**

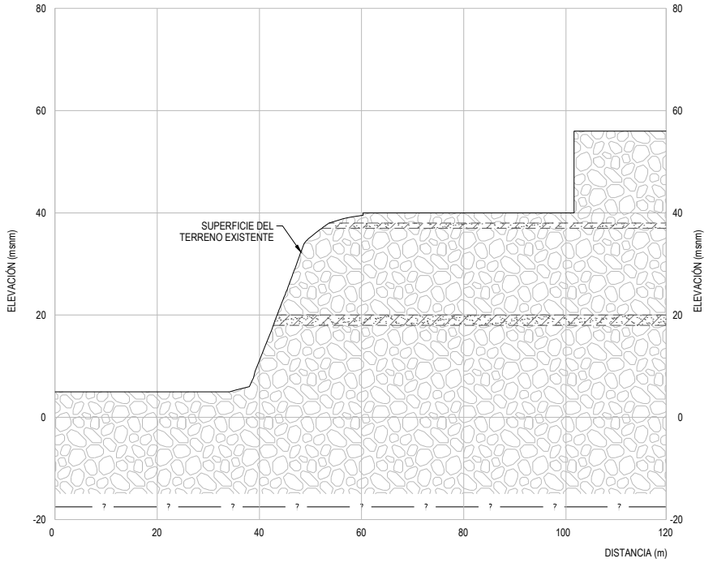
DEPART/PROVINCIA/DISTRITO: LIMA - LIMA - BARRANCO		REVISIÓN: 0	
PROYECCIÓN: UTM	FECHA EMISIÓN: 16/04/2021	FORMATO: A3	
DATUM: WGS84	TESISTAS: BRYAN SANCHEZ RAMIREZ	FIGURA N°: E.5	
ZONA: 18S	TESISTAS: LUIS VACA HUAMANÍ		
ESCALA: 1:1,200	ASESOR: ING. LUIS RAYGADA R.		



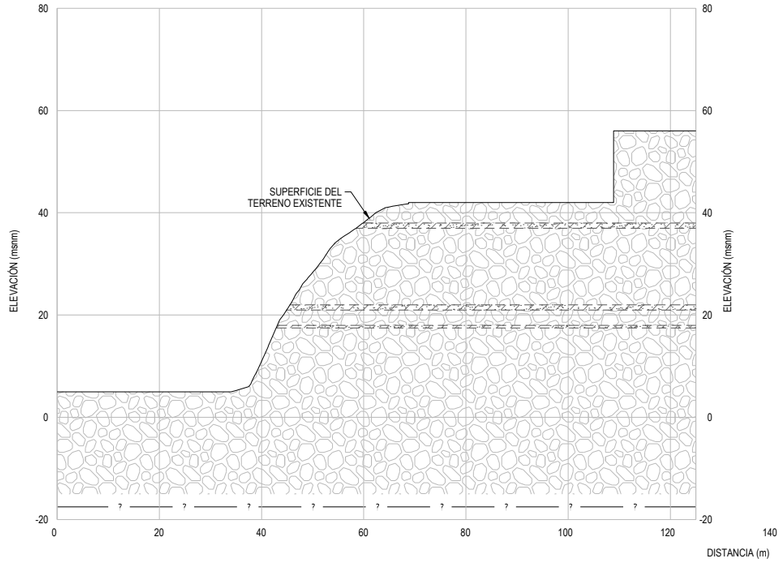
7B-7B' Fig E.2 **SECCIÓN** ESCALA 1:1 200



8A-8A' Fig E.2 **SECCIÓN** ESCALA 1:1 200



8B-8B' Fig E.2 **SECCIÓN** ESCALA 1:1 200



8C-8C' Fig E.2 **SECCIÓN** ESCALA 1:1 200

LEYENDA

- CONTACTO LITOLÓGICO INFERIDO
- CONTINUIDAD DE MATERIAL NO DEFINIDO
- MATERIAL CONGLOMERADO
- MATERIAL FINO

NOTAS:

1. LA INFORMACION TOPOGRAFICA CORRESPONDE A JULIO DEL 2020.
2. EL MODELO GEOLÓGICO DE CADA SECCIÓN SE REALIZÓ EN BASE A OBSERVACIONES DESDE LA PARTE INFERIOR DEL ACANTILADO Y SE EXTENDIÓ EN CAPAS HORIZONTALES.

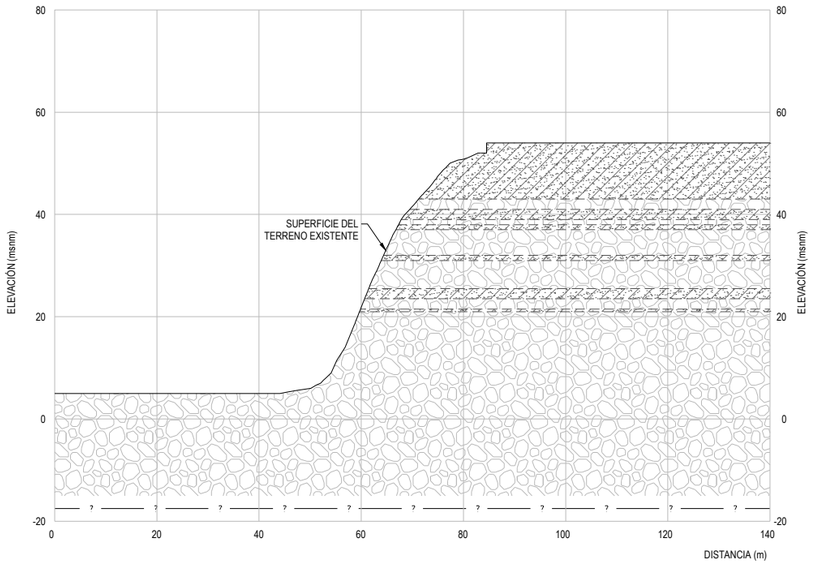
1:1 200 12 0 12 24 36 48 60 m

UNIVERSIDAD: **UNIVERSIDAD SAN IGNACIO DE LOYOLA**

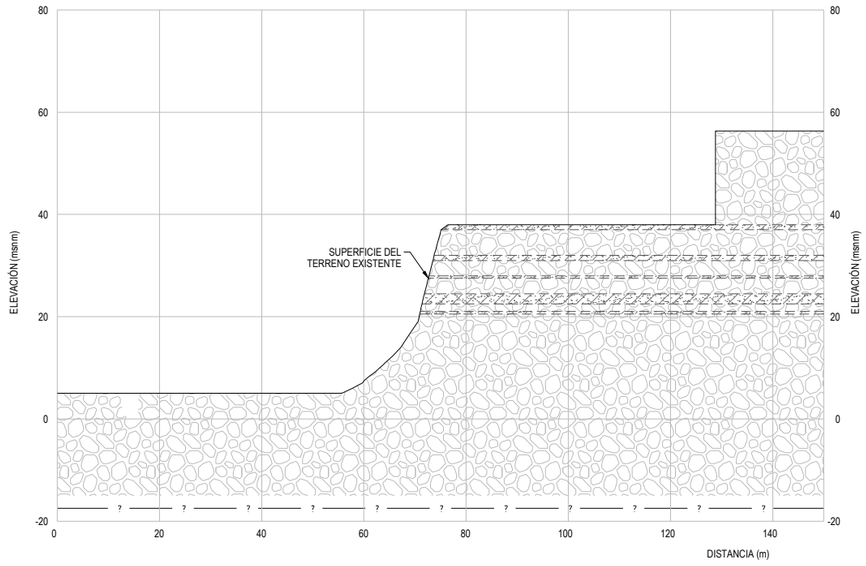
NOMBRE DE TESIS: ANÁLISIS DE ESTABILIDAD PARA LA DETERMINACIÓN DEL RIESGO POR DESLIZAMIENTO DEL ACANTILADO DE LA COSTA VERDE, DISTRITO BARRANCO

TÍTULO: **VISTA DE SECCIÓN 7B-7B' / SECCIÓN 8A-8A' / SECCIÓN 8B-8B' Y SECCIÓN 8C-8C'**

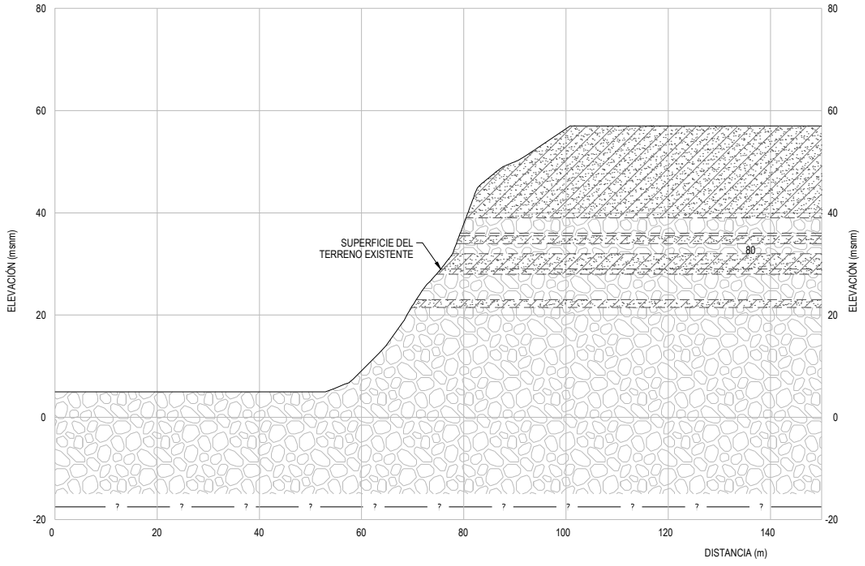
DEPART/PROVINCIA/DISTRITO: LIMA - LIMA - BARRANCO		REVISIÓN: 0	
PROYECCIÓN: UTM	FECHA EMISIÓN: 16/04/2021	FORMATO: A3	
DATUM: WGS84	TESISTAS: BRYAN SANCHEZ RAMIREZ	FIGURA N°: E.6	
ZONA: 18S	TESISTAS: LUIS VACA HUAMANÍ		
ESCALA: 1:1,200	ASESOR: ING. LUIS RAYGADA R.		



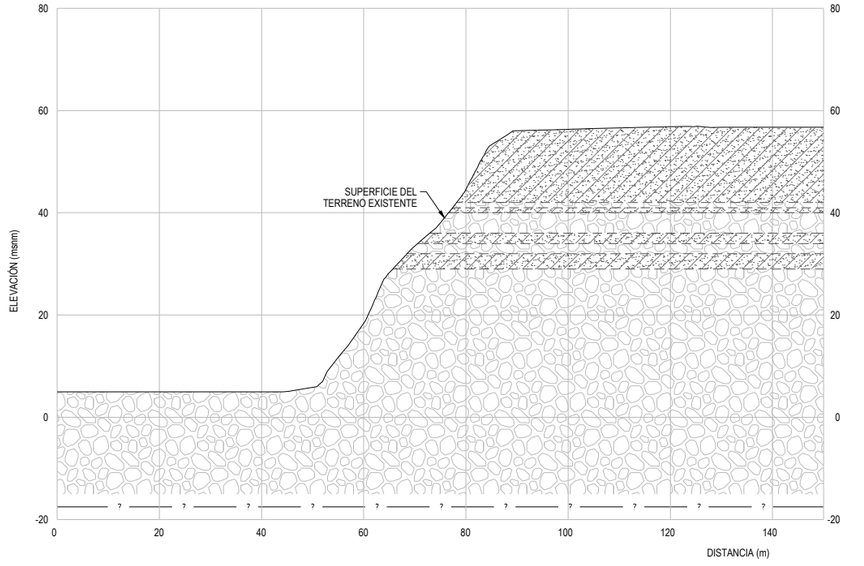
9-9' Fig E.2 **SECCIÓN** ESCALA 1:1 200



10-10' Fig E.2 **SECCIÓN** ESCALA 1:1 200



11-11' Fig E.2 **SECCIÓN** ESCALA 1:1 200



12-12' Fig E.2 **SECCIÓN** ESCALA 1:1 200

LEYENDA

- CONTACTO LITOLÓGICO INFERIDO
- CONTINUIDAD DE MATERIAL NO DEFINIDO
- MATERIAL CONGLOMERADO
- MATERIAL FINO

NOTAS:

1. LA INFORMACION TOPOGRAFICA CORRESPONDE A JULIO DEL 2020.
2. EL MODELO GEOLÓGICO DE CADA SECCIÓN SE REALIZÓ EN BASE A OBSERVACIONES DESDE LA PARTE INFERIOR DEL ACANTILADO Y SE EXTENDIÓ EN CAPAS HORIZONTALES.

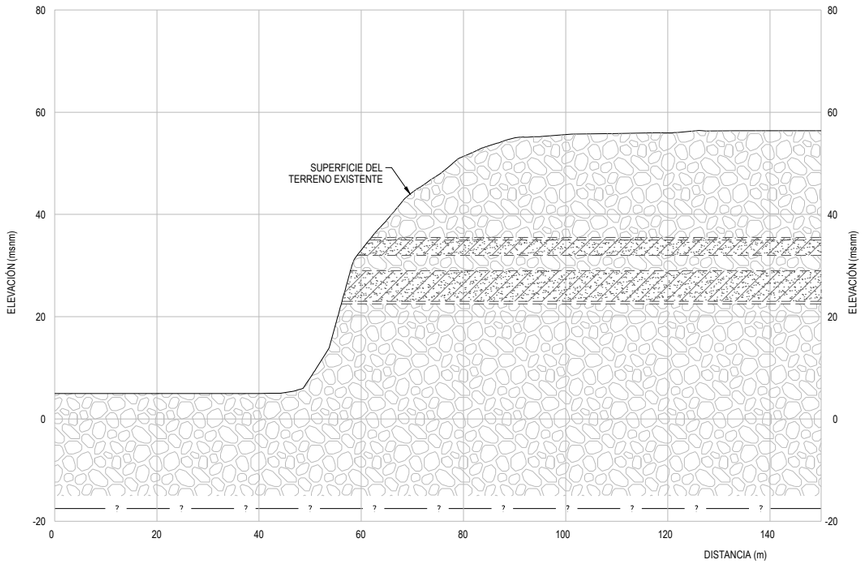
1:1 200 — 12 0 12 24 36 48 60 m

UNIVERSIDAD: **UNIVERSIDAD SAN IGNACIO DE LOYOLA**

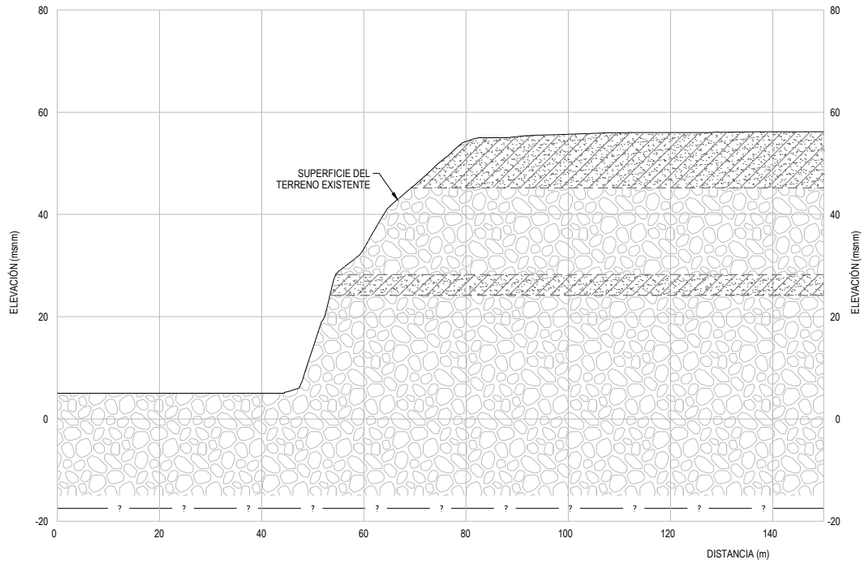
NOMBRE DE TESIS: ANÁLISIS DE ESTABILIDAD PARA LA DETERMINACIÓN DEL RIESGO POR DESLIZAMIENTO DEL ACANTILADO DE LA COSTA VERDE, DISTRITO BARRANCO

TÍTULO: **VISTA DE SECCIÓN 9-9' / SECCIÓN 10-10' / SECCIÓN 11-11' Y SECCIÓN 12-12'**

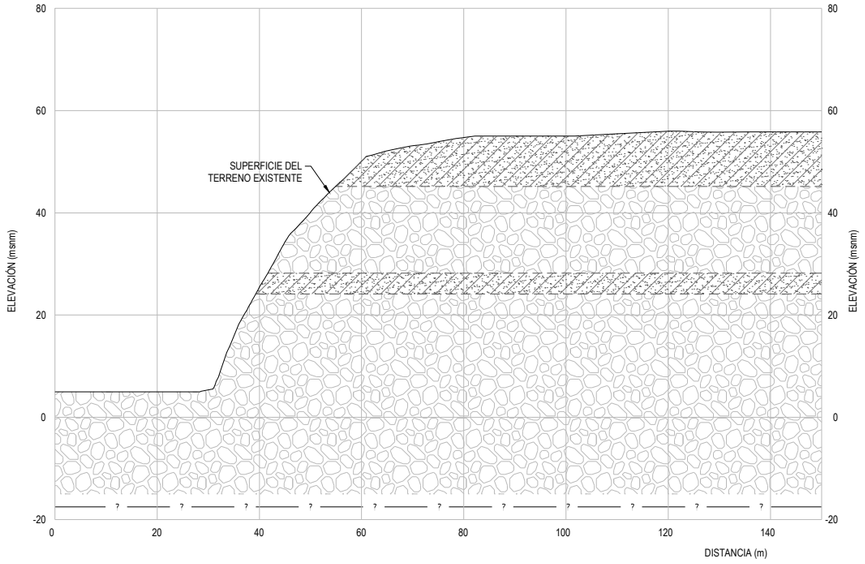
DEPART/PROVINCIA/DISTRITO: LIMA - LIMA - BARRANCO		REVISIÓN: 0	
PROYECCIÓN: UTM	FECHA EMISIÓN: 16/04/2021	FORMATO: A3	
DATUM: WGS84	TESISTAS: BRYAN SANCHEZ RAMIREZ	FIGURA N°: E.7	
ZONA: 18S	TESISTAS: LUIS VACA HUAMANÍ		
ESCALA: 1:1,200	ASESOR: ING. LUIS RAYGADA R.		



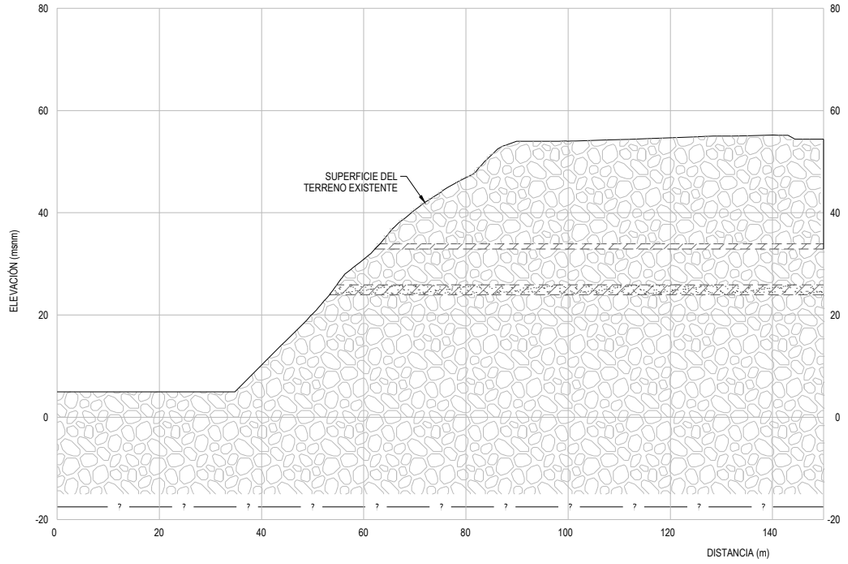
13A-13A' **SECCIÓN**
Fig E.2
ESCALA 1:1 200



13B-13B' **SECCIÓN**
Fig E.3
ESCALA 1:1 200



13C-13C' **SECCIÓN**
Fig E.3
ESCALA 1:1 200



14-14' **SECCIÓN**
Fig E.3
ESCALA 1:1 200

LEYENDA

- CONTACTO LITOLÓGICO INFERIDO
- CONTINUIDAD DE MATERIAL NO DEFINIDO
- MATERIAL CONGLOMERADO
- MATERIAL FINO

NOTAS:

1. LA INFORMACION TOPOGRAFICA CORRESPONDE A JULIO DEL 2020.
2. EL MODELO GEOLÓGICO DE CADA SECCIÓN SE REALIZÓ EN BASE A OBSERVACIONES DESDE LA PARTE INFERIOR DEL ACANTILADO Y SE EXTENDIÓ EN CAPAS HORIZONTALES.

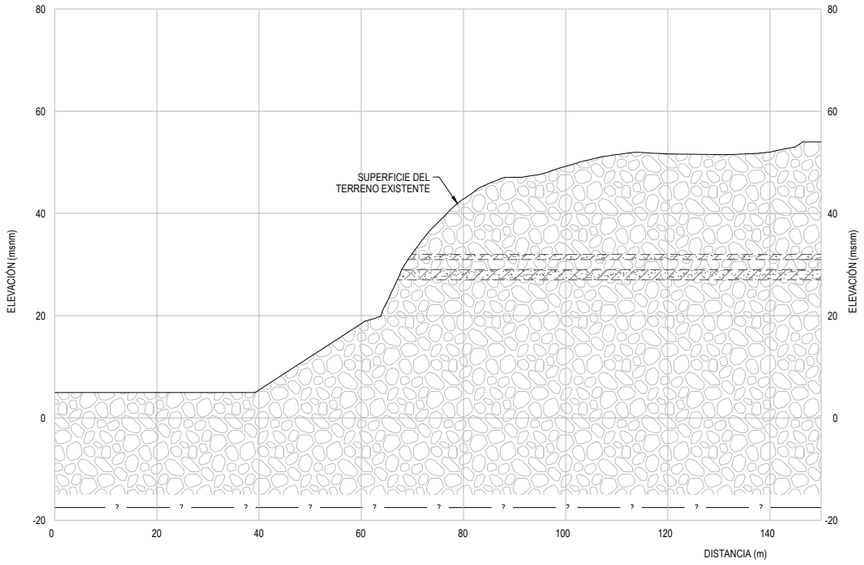
1:1 200 — 12 0 12 24 36 48 60 m

UNIVERSIDAD: **UNIVERSIDAD SAN IGNACIO DE LOYOLA**

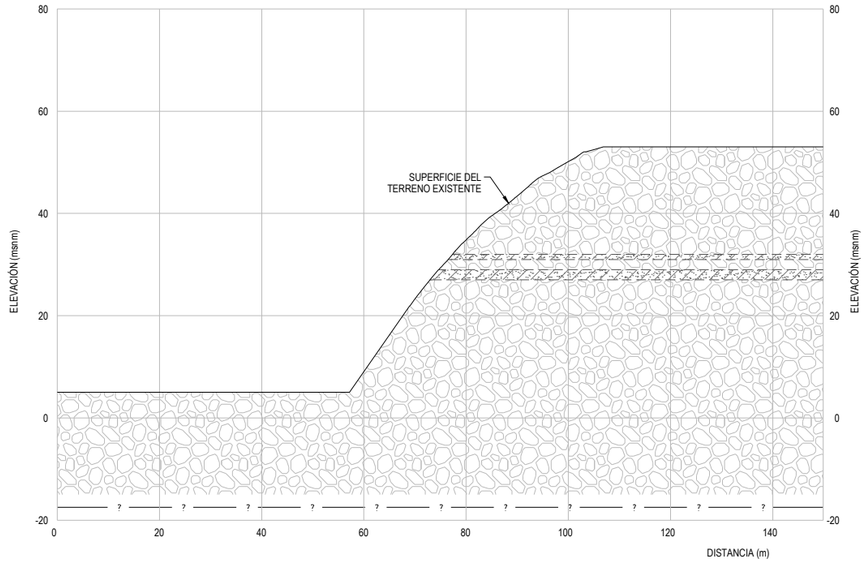
NOMBRE DE TESIS: ANÁLISIS DE ESTABILIDAD PARA LA DETERMINACIÓN DEL RIESGO POR DESLIZAMIENTO DEL ACANTILADO DE LA COSTA VERDE, DISTRITO BARRANCO

TÍTULO: **VISTA DE SECCIÓN 13A-13A' / SECCIÓN 13B-13B' / SECCIÓN 13C-13C' Y SECCIÓN 14-14'**

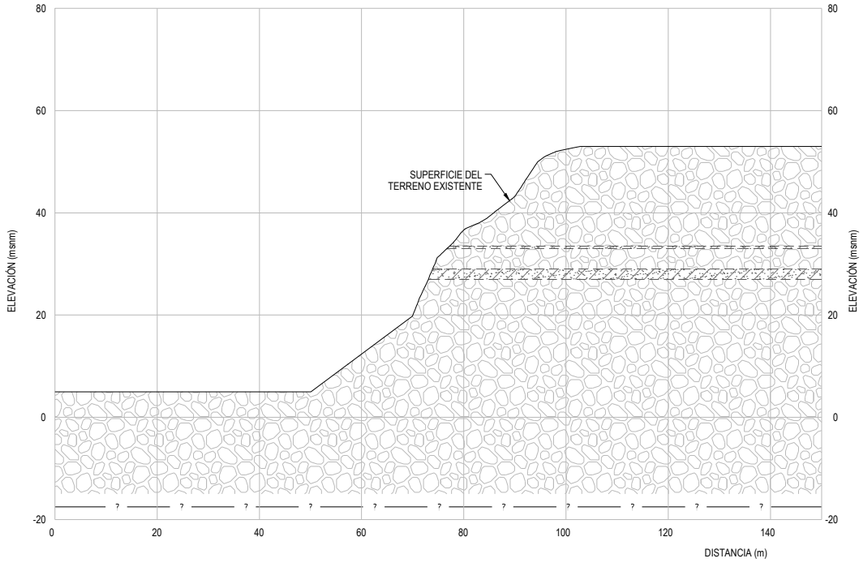
DEPART/PROVINCIA/DISTRITO: LIMA - LIMA - BARRANCO		REVISIÓN: 0	
PROYECCIÓN: UTM	FECHA EMISIÓN: 16/04/2021	FORMATO: A3	
DATUM: WGS84	TESISTAS: BRYAN SANCHEZ RAMIREZ	FIGURA N°: E.8	
ZONA: 18S	TESISTAS: LUIS VACA HUAMANÍ		
ESCALA: 1:1,200	ASESOR: ING. LUIS RAYGADA R.		



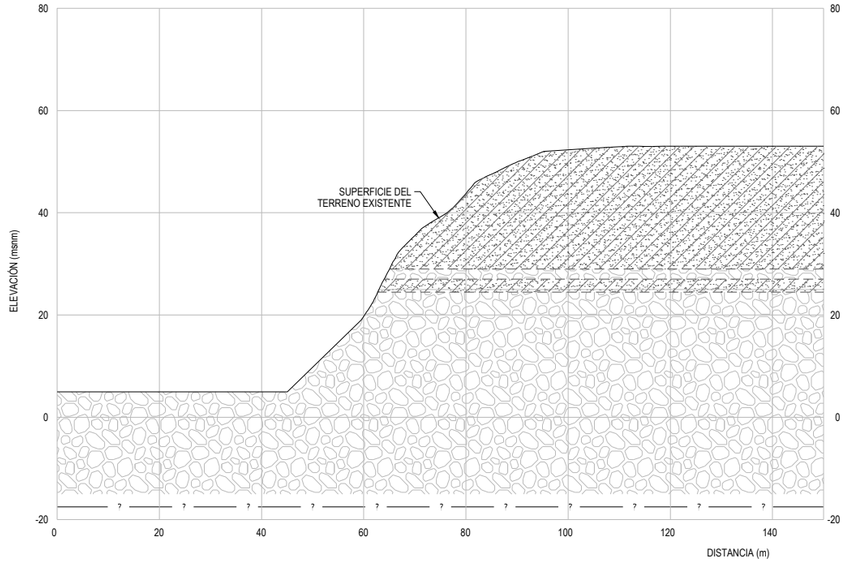
15-15' Fig E.3 **SECCIÓN** ESCALA 1:1 200



16A-16A' Fig E.3 **SECCIÓN** ESCALA 1:1 200



16B-16B' Fig E.3 **SECCIÓN** ESCALA 1:1 200



17A-17A' Fig E.3 **SECCIÓN** ESCALA 1:1 200

LEYENDA

- CONTACTO LITOLÓGICO INFERIDO
- CONTINUIDAD DE MATERIAL NO DEFINIDO
- MATERIAL CONGLOMERADO
- MATERIAL FINO

NOTAS:

1. LA INFORMACION TOPOGRAFICA CORRESPONDE A JULIO DEL 2020.
2. EL MODELO GEOLÓGICO DE CADA SECCIÓN SE REALIZÓ EN BASE A OBSERVACIONES DESDE LA PARTE INFERIOR DEL ACANTILADO Y SE EXTENDIÓ EN CAPAS HORIZONTALES.

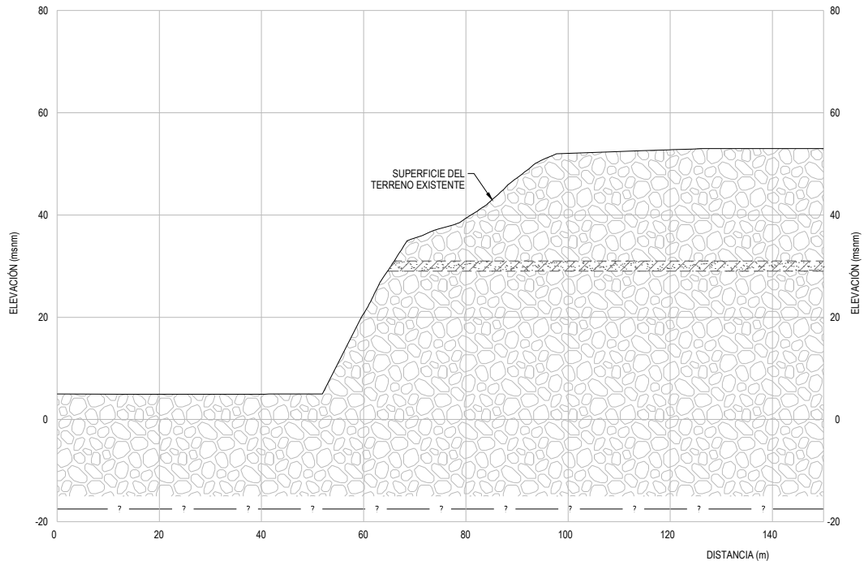
1:1 200 12 0 12 24 36 48 60 m

UNIVERSIDAD: **UNIVERSIDAD SAN IGNACIO DE LOYOLA**

NOMBRE DE TESIS: ANÁLISIS DE ESTABILIDAD PARA LA DETERMINACIÓN DEL RIESGO POR DESLIZAMIENTO DEL ACANTILADO DE LA COSTA VERDE, DISTRITO BARRANCO

TÍTULO: **VISTA DE SECCIÓN 15-15' / SECCIÓN 16A-16A' / SECCIÓN 16B-16B' Y SECCIÓN 17A-17A'**

DEPART/PROVINCIA/DISTRITO: LIMA - LIMA - BARRANCO		REVISIÓN: 0	
PROYECCIÓN: UTM	FECHA EMISIÓN: 16/04/2021	FORMATO: A3	
DATUM: WGS84	TESISTAS: BRYAN SANCHEZ RAMIREZ	FIGURA N°: E.9	
ZONA: 18S	TESISTAS: LUIS VACA HUAMANÍ		
ESCALA: 1:1,200	ASESOR: ING. LUIS RAYGADA R.		



17B-17B' Fig E.3 **SECCIÓN**
ESCALA 1:1 200

LEYENDA

- CONTACTO LITOLÓGICO INFERIDO
- CONTINUIDAD DE MATERIAL NO DEFINIDO
- MATERIAL CONGLOMERADO
- MATERIAL FINO

NOTAS:

1. LA INFORMACION TOPOGRAFICA CORRESPONDE A JULIO DEL 2020.
2. EL MODELO GEOLÓGICO DE CADA SECCIÓN SE REALIZÓ EN BASE A OBSERVACIONES DESDE LA PARTE INFERIOR DEL ACANTILADO Y SE EXTENDIÓ EN CAPAS HORIZONTALES.

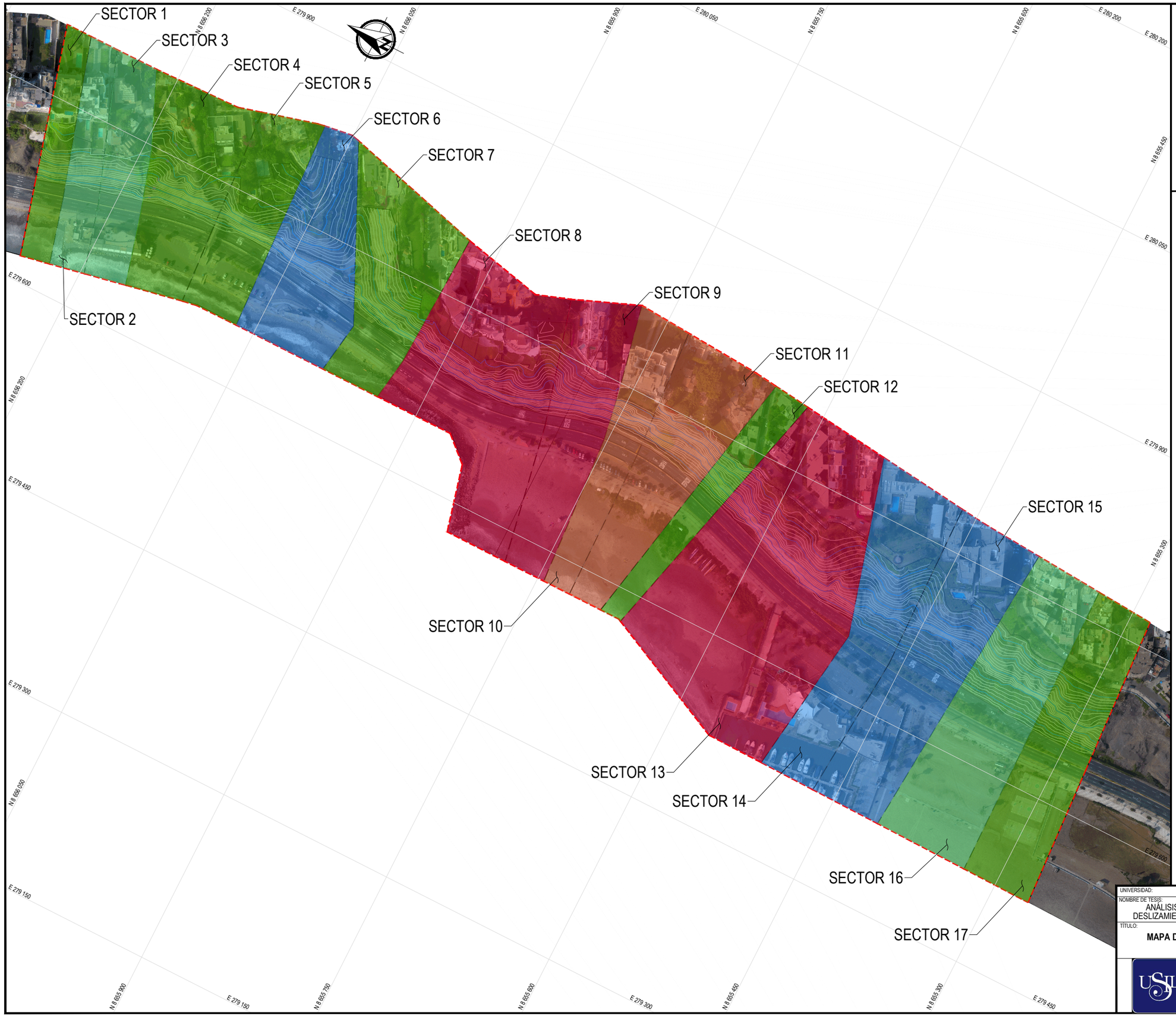
1:1 200 — 12 0 12 24 36 48 60 m

UNIVERSIDAD: **UNIVERSIDAD SAN IGNACIO DE LOYOLA**

NOMBRE DE TESIS: ANÁLISIS DE ESTABILIDAD PARA LA DETERMINACIÓN DEL RIESGO POR DESLIZAMIENTO DEL ACANTILADO DE LA COSTA VERDE, DISTRITO BARRANCO

TÍTULO: **VISTA DE SECCIÓN 17B-17B'**

DEPART/PROVINCIA/DISTRITO: LIMA - LIMA - BARRANCO		REVISIÓN: 0	
PROYECCIÓN: UTM	FECHA EMISIÓN: 16/04/2021	FORMATO: A3	
DATUM: WGS84	TESISTAS: BRYAN SANCHEZ RAMIREZ	FIGURA N°: E.10	
ZONA: 18S	TESISTAS: LUIS VACA HUAMANÍ		
ESCALA: 1:1,200	ASESOR: ING. LUIS RAYGADA R.		



LEYENDA

- CURVAS DE NIVEL DE LA SUPERFICIE DEL TERRENO EXISTENTE (VER NOTA 1)
- CONTORNO DE SECTORES
- CONTORNO DE POBLACIÓN DE ESTUDIO
- F.S. ESTÁTICO: > 1.5
- F.S. ESTÁTICO: 1.3 - 1.5
- F.S. ESTÁTICO: 1.2 - 1.3
- F.S. ESTÁTICO: 1.1 - 1.2
- F.S. ESTÁTICO: < 1.1

NOTAS:

1. LA INFORMACION TOPOGRAFICA CORRESPONDE A JULIO DEL 2020.
2. EL FACTOR DE SEGURIDAD ESTÁTICO ASOCIADO A CADA SECTOR SE BASA EN EL ANÁLISIS DE ESTABILIDAD POR EQUILIBRIO LÍMITE DE SU SECCIÓN MÁS CRÍTICA, EVALUADO EN EL ANEXO C.1.1.
3. EN CASOS DONDE EL SECTOR TUVO MÁS DE UNA SECCIÓN DE ANÁLISIS SE TOMÓ EL FACTOR DE SEGURIDAD MÁS BAJO.

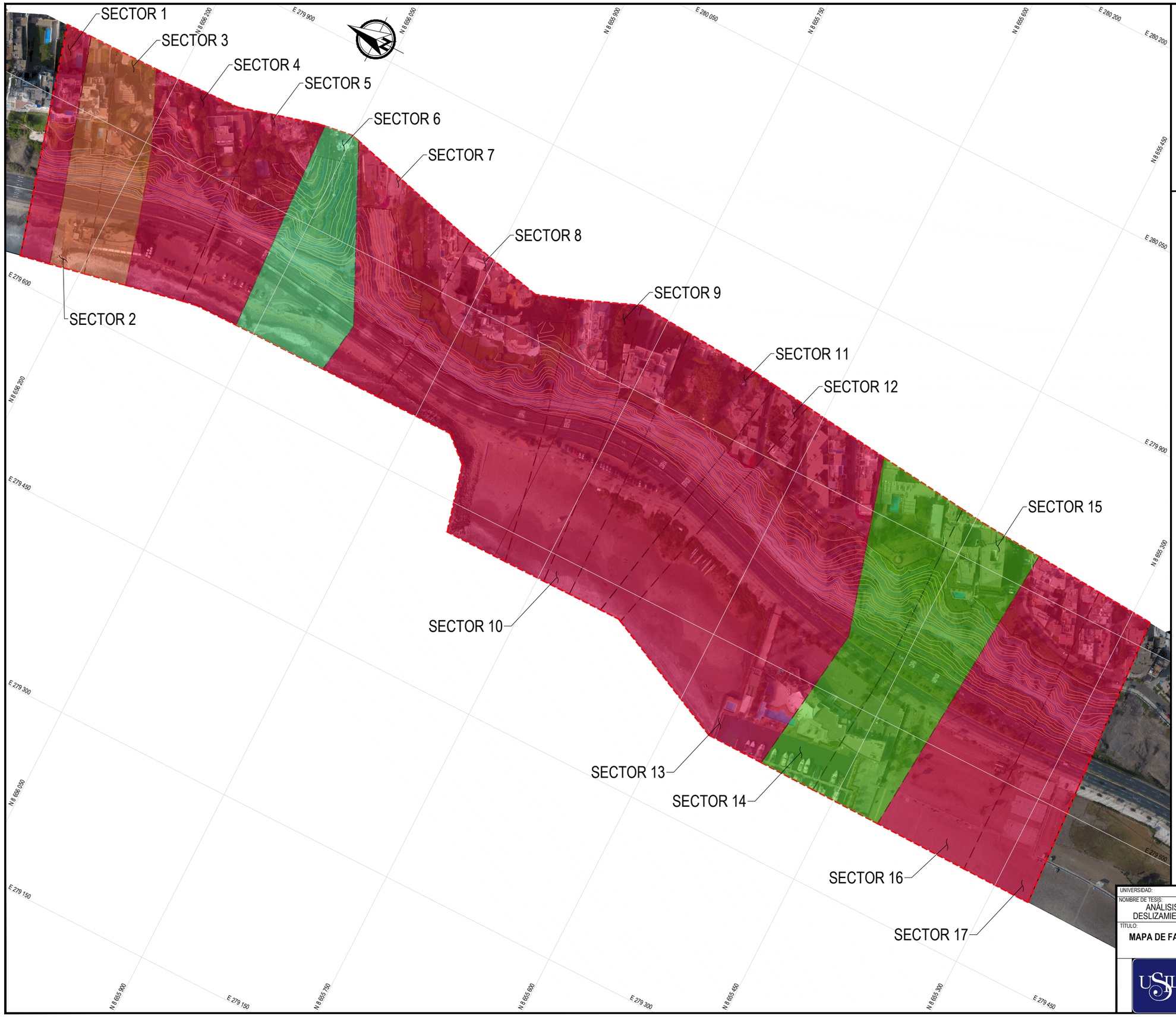
1:3 000 — 30 0 30 60 90 120 150 m

UNIVERSIDAD: **UNIVERSIDAD SAN IGNACIO DE LOYOLA**

NOMBRE DE TESIS: ANÁLISIS DE ESTABILIDAD PARA LA DETERMINACIÓN DEL RIESGO POR DESLIZAMIENTO DEL ACANTILADO DE LA COSTA VERDE, DISTRITO BARRANCO

TÍTULO: **MAPA DE FACTORES DE SEGURIDAD EN CONDICIÓN ESTÁTICA - VISTA EN PLANTA**

DEPART/PROVINCIA/DISTRITO: LIMA - LIMA - BARRANCO		REVISIÓN: 0	
PROYECCIÓN: UTM	FECHA EMISIÓN: 16/04/2021	FORMATO: A3	
DATUM: WGS84	TESISTAS: BRYAN SANCHEZ RAMIREZ	FIGURA Nº: E.11	
ZONA: 18S	TESISTAS: LUIS VACA HUAMANÍ		
ESCALA: 1:3 000	ASESOR: ING. LUIS RAYGADA R.		



LEYENDA

- CURVAS DE NIVEL DE LA SUPERFICIE DEL TERRENO EXISTENTE (VER NOTA 1)
- CONTORNO DE SECTORES
- CONTORNO DE POBLACIÓN DE ESTUDIO
- F.S. PSEUDO ESTÁTICO: > 1.15
- F.S. PSEUDO ESTÁTICO: 1.10 - 1.15
- F.S. PSEUDO ESTÁTICO: 1.05 - 1.10
- F.S. PSEUDO ESTÁTICO: 1.00 - 1.05
- F.S. PSEUDO ESTÁTICO: < 1.00

NOTAS:

1. LA INFORMACION TOPOGRAFICA CORRESPONDE A JULIO DEL 2020.
2. EL FACTOR DE SEGURIDAD PSEUDO ESTÁTICO ASOCIADO A CADA SECTOR SE BASA EN EL ANÁLISIS DE ESTABILIDAD POR EQUILIBRIO LÍMITE DE SU SECCIÓN MÁS CRÍTICA, EVALUADO EN EL ANEXO C.1.1.
3. EN CASOS DONDE EL SECTOR TUVO MÁS DE UNA SECCIÓN DE ANÁLISIS SE TOMÓ EL FACTOR DE SEGURIDAD MÁS BAJO.

1:3 000 — 30 0 30 60 90 120 150 m

UNIVERSIDAD: **UNIVERSIDAD SAN IGNACIO DE LOYOLA**

NOMBRE DE TESIS: ANÁLISIS DE ESTABILIDAD PARA LA DETERMINACIÓN DEL RIESGO POR DESLIZAMIENTO DEL ACANTILADO DE LA COSTA VERDE, DISTRITO BARRANCO

TÍTULO: **MAPA DE FACTORES DE SEGURIDAD EN CONDICIÓN PSEUDO ESTÁTICA - VISTA EN PLANTA**

DEPART/PROVINCIA/DISTRITO: LIMA - LIMA - BARRANCO		REVISIÓN: 0	
PROYECCIÓN: UTM	FECHA EMISIÓN: 16/04/2021	FORMATO: A3	
DATUM: WGS84	TESISTAS: BRYAN SANCHEZ RAMIREZ	FIGURA Nº: E.12	
ZONA: 18S	TESISTAS: LUIS VACA HUAMANÍ		
ESCALA: 1:3 000	ASESOR: ING. LUIS RAYGADA R.		

LEYENDA

- CURVAS DE NIVEL DE LA SUPERFICIE DEL TERRENO EXISTENTE (VER NOTA 1)
- HUELLA DE DERRUMBE
- CONTORNO DE SECTORES
- CONTORNO DE POBLACIÓN DE ESTUDIO

NOTAS:

1. LA INFORMACION TOPOGRAFICA CORRESPONDE A JULIO DEL 2020.
2. LA HUELLA DE DERRUMBE PRESENTADA HA SIDO INFERIDA EN BASE A LOS ANALISIS DE RUNOUT.
3. LA DISTANCIA DE DERRUMBE MOSTRADA CORRESPONDE A LA DISTANCIA PROMEDIO OBTENIDA EN LOS ANÁLISIS DE RUNOUT.
4. EL ANÁLISIS DE RUNOUT CONSIDERA UNA SUPERFICIE FALLA CORRESPONDIENTE A LOS ANÁLISIS PSEUDO-ESTÁTICOS CON UN FACTOR DE SEGURIDAD IGUAL A 1.00.
5. LA HUELLA DE DERRUMBE SE ESTIMÓ ES BASE A LOS ANÁLISIS DE LAS SECCIONES PRESENTADAS EN LAS FIGURAS E1, E2, Y E3.

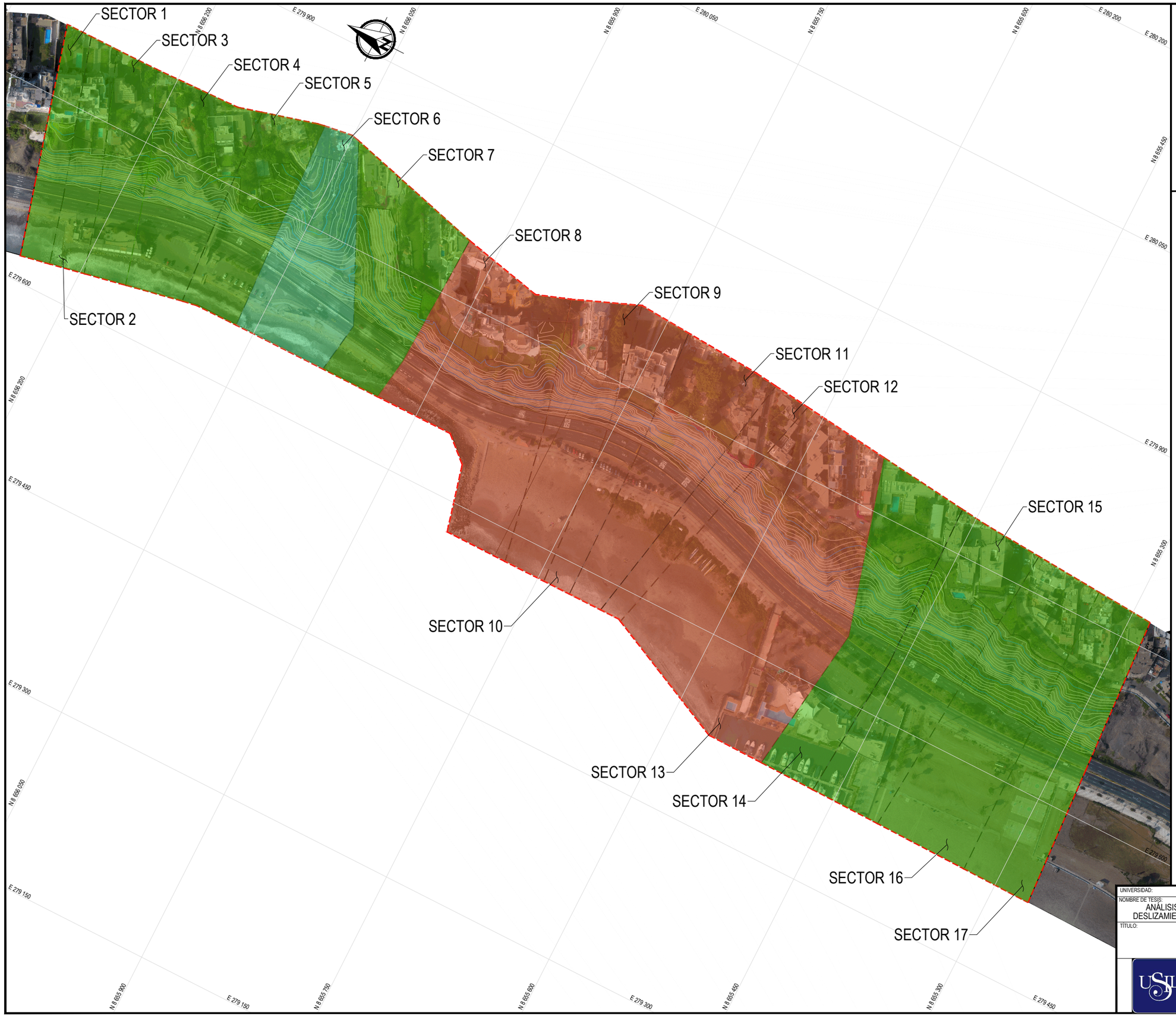
1:3 000 — 30 0 30 60 90 120 150 m

UNIVERSIDAD: **UNIVERSIDAD SAN IGNACIO DE LOYOLA**

NOMBRE DE TESIS: ANÁLISIS DE ESTABILIDAD PARA LA DETERMINACIÓN DEL RIESGO POR DESLIZAMIENTO DEL ACANTILADO DE LA COSTA VERDE, DISTRITO BARRANCO

TÍTULO: **MAPA DE DERRUMBE - VISTA EN PLANTA**

DEPART/PROVINCIA/DISTRITO: LIMA - LIMA - BARRANCO		REVISIÓN: 0	
PROYECCIÓN: UTM	FECHA EMISIÓN: 16/04/2021	FORMATO: A3	
DATUM: WGS84	TESISTAS: BRYAN SANCHEZ RAMIREZ	FIGURA Nº: E.13	
ZONA: 18S	TESISTAS: LUIS VACA HUAMANÍ		
ESCALA: 1:3 000	ASESOR: ING. LUIS RAYGADA R.		



LEYENDA

- CURVAS DE NIVEL DE LA SUPERFICIE DEL TERRENO EXISTENTE (VER NOTA 1)
- CONTORNO DE SECTORES
- CONTORNO DE POBLACIÓN DE ESTUDIO
- PELIGRO MUY BAJO - 80 - 100
- PELIGRO BAJO - 60 - 80
- PELIGRO MODERADO 40 - 60
- PELIGRO ALTO 20 - 40
- PELIGRO MUY ALTO - 20

NOTAS:

1. LA INFORMACION TOPOGRAFICA CORRESPONDE A JULIO DEL 2020.
2. EL NIVEL DE PELIGRO ASOCIADO A CADA SECTOR FUE EVALUADO EN EL ANEXO C.1.

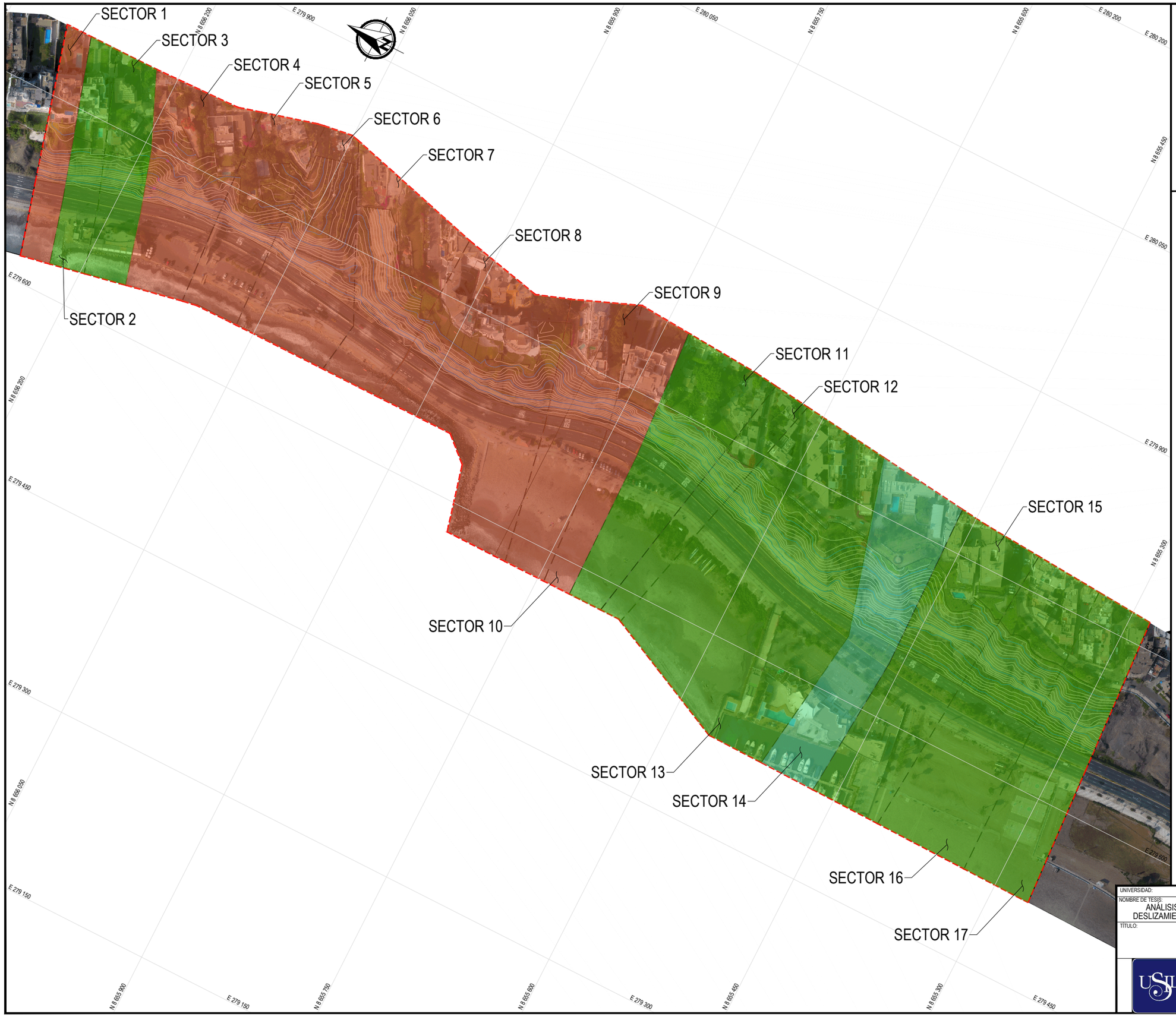
1:3 000 — 30 0 30 60 90 120 150 m

UNIVERSIDAD: **UNIVERSIDAD SAN IGNACIO DE LOYOLA**

NOMBRE DE TESIS: ANÁLISIS DE ESTABILIDAD PARA LA DETERMINACIÓN DEL RIESGO POR DESLIZAMIENTO DEL ACANTILADO DE LA COSTA VERDE, DISTRITO BARRANCO

TÍTULO: **MAPA DE PELIGRO - VISTA EN PLANTA**

DEPART/PROVINCIA/DISTRITO: LIMA - LIMA - BARRANCO		REVISIÓN: 0	
PROYECCIÓN: UTM	FECHA EMISIÓN: 16/04/2021	FORMATO: A3	
DATUM: WGS84	TESISTAS: BRYAN SANCHEZ RAMIREZ	FIGURA Nº: E.14	
ZONA: 18S	TESISTAS: LUIS VACA HUAMANÍ		
ESCALA: 1:3 000	ASESOR: ING. LUIS RAYGADA R.		



LEYENDA

- CURVAS DE NIVEL DE LA SUPERFICIE DEL TERRENO EXISTENTE (VER NOTA 1)
- CONTORNO DE SECTORES
- CONTORNO DE POBLACIÓN DE ESTUDIO
- VULNERABILIDAD MUY BAJA - 80 - 100
- VULNERABILIDAD BAJA - 60 - 80
- VULNERABILIDAD MODERADA 40 - 60
- VULNERABILIDAD ALTA 20 - 40
- VULNERABILIDAD MUY ALTA - 20

NOTAS:

1. LA INFORMACION TOPOGRAFICA CORRESPONDE A JULIO DEL 2020.
2. EL NIVEL DE VULNERABILIDAD ASOCIADO A CADA SECTOR FUE EVALUADO EN EL ANEXO C.2.

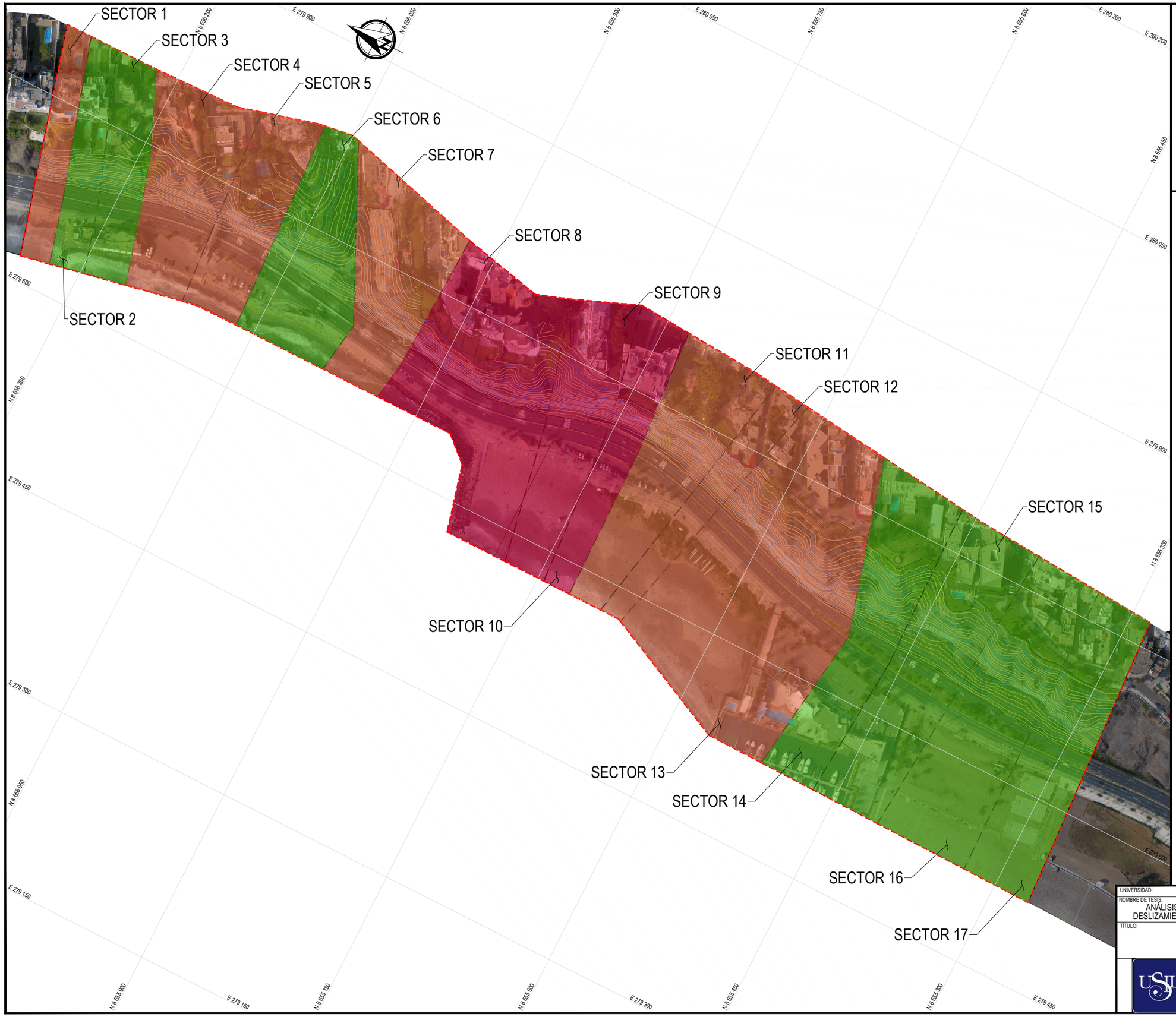
1:3 000 — 30 0 30 60 90 120 150 m

UNIVERSIDAD: **UNIVERSIDAD SAN IGNACIO DE LOYOLA**

NOMBRE DE TESIS: ANÁLISIS DE ESTABILIDAD PARA LA DETERMINACIÓN DEL RIESGO POR DESLIZAMIENTO DEL ACANTILADO DE LA COSTA VERDE, DISTRITO BARRANCO

TÍTULO: **MAPA DE VULNERABILIDAD - VISTA EN PLANTA**

DEPART/PROVINCIA/DISTRITO: LIMA - LIMA - BARRANCO		REVISIÓN: 0	
PROYECCIÓN: UTM	FECHA EMISIÓN: 16/04/2021	FORMATO: A3	
DATUM: WGS84	TESISTAS: BRYAN SANCHEZ RAMIREZ	FIGURA Nº: E.15	
ZONA: 18S	TESISTAS: LUIS VACA HUAMANÍ		
ESCALA: 1:3 000	ASESOR: ING. LUIS RAYGADA R.		



LEYENDA

- CURVAS DE NIVEL DE LA SUPERFICIE DEL TERRENO EXISTENTE (VER NOTA 1)
- CONTORNO DE SECTORES
- CONTORNO DE POBLACIÓN DE ESTUDIO
- RIESGO MUY BAJO
- RIESGO BAJO
- RIESGO MODERADO
- RIESGO ALTO
- RIESGO MUY ALTO

NOTAS:

1. LA INFORMACION TOPOGRAFICA CORRESPONDE A JULIO DEL 2020.
2. EL NIVEL DE RIESGO ASOCIADO A CADA SECTOR FUE EVALUADO EN EL ANEXO C.3.

1:3 000

30 0 30 60 90 120 150 m

UNIVERSIDAD: **UNIVERSIDAD SAN IGNACIO DE LOYOLA**

NOMBRE DE TESIS: ANÁLISIS DE ESTABILIDAD PARA LA DETERMINACIÓN DEL RIESGO POR DESLIZAMIENTO DEL ACANTILADO DE LA COSTA VERDE, DISTRITO BARRANCO

TÍTULO: **MAPA DE RIESGO - VISTA EN PLANTA**

DEPART/PROVINCIA/DISTRITO: LIMA - LIMA - BARRANCO		REVISIÓN: 0	
PROYECCIÓN: UTM	FECHA EMISIÓN: 16/04/2021	FORMATO: A3	
DATUM: WGS84	TESISTAS: BRYAN SANCHEZ RAMIREZ	FIGURA Nº: E.16	
ZONA: 18S	TESISTAS: LUIS VACA HUAMANÍ		
ESCALA: 1:3 000	ASESOR: ING. LUIS RAYGADA R.		

Anexo F Ensayos de laboratório

Ingeotest INGENIEROS	**Informe de Ensayo** **Standard Test Methods for Particle-Size Distribution (Gradation) of Soils Using Sieve Analysis** **(ASTM D6913/D6913M - 17)**	SGC-LG-REG-33 Fecha: 2021-03-15 Versión: 03 Página 1 de 1

Informe : 21D06913-038-001
Cliente : USIL Costa Verde
Contacto : -
Proyecto* : Investigación Geotécnica - Costa Verde

Fecha de emisión del informe : 2021-03-25
Fecha de ejecución del ensayo : 2021-03-12 - 2021-03-16
Fecha de recepción de la muestra : 2021-03-08

Ubicación* : Costa Verde - Lima, Perú

Lugar de ejecución del ensayo : Laboratorio Ingeotest

Motivo de modificación del informe : - - -

Datos de la Muestra y Ensayo

Muestreado por* : El cliente
Cod. de muestra Ingeotest : 21M0392
Condicion de la muestra : Alterada
Desc. visual inic. del espec. : GP poorly graded gravel with sand
Proced. obtenc. especimen : Húmedo

Cantera* : -
Zona* : Excalibur
Muestra* : M-01
Profundidad (m)* : -
Método ensayo : A

*Información proporcionada por el cliente

Granulometría por Tamizado - D6913/D6913M - 17

Tamiz	Abertura mm	Masa retenida g	% Acum. que Pasa
3 in.	75.000	0.0	100
2 in.	50.000	22269.6	86
1-1/2 in.	37.500	18442.6	74
1 in.	25.000	28521.9	56
3/4 in.	19.000	991.1	47
3/8 in.	9.500	1231.0	36
No. 4	4.750	537.8	31
No. 10	2.000	9.17	28
No. 20	0.850	6.63	26
No. 40	0.425	14.38	21
No. 60	0.250	18.91	16
No. 100	0.150	17.27	10
No. 140	0.106	7.36	8
No. 200	0.075	3.88	7

Aparato o dispersante usado : Ninguno
Ensayo realizado previamente : Ninguno
Tipo de tamizado : Compuesto

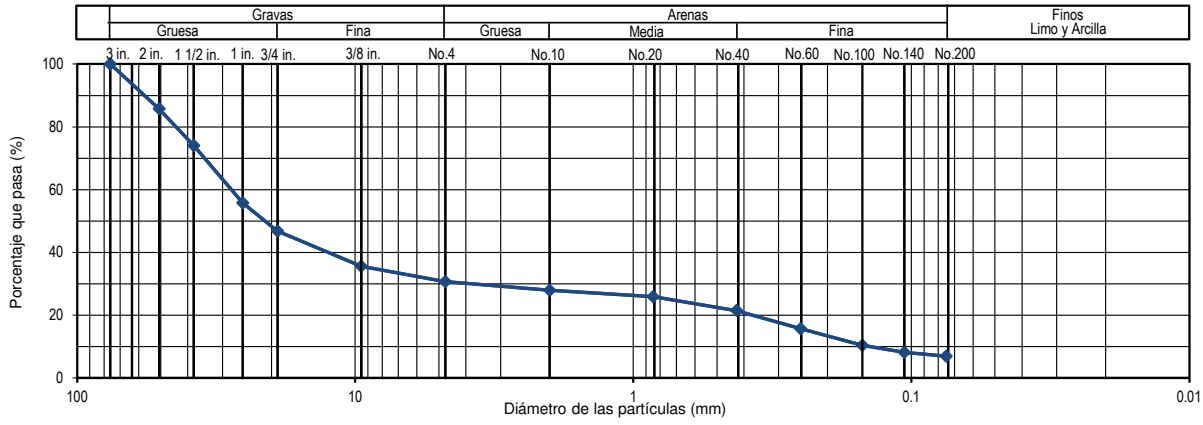
Separación de especimen	Tamiz	% Retenido
1er Fraccionamiento	1 in.	44
2do Fraccionamiento	N°4	69

Clasificación SUCS / AASHTO ASTM D2487 - 17 (**)

SUCS GP GM Grava mal graduada con limo con arena
AASHTO -

Coeficiente de Uniformidad	C_u	198.6
Coeficiente de Curvatura	C_c	4.0
Grava	%	69
Arena	%	24
Finos	%	7

Curva Granulométrica



Realizado por: G.M.P. Autorizado por: J.C.C.

Observaciones:
- - -

Este informe de ensayo no debe reproducirse parcialmente, sin la autorización escrita del laboratorio, salvo que la reproducción sea en su totalidad.
Para realizar el ensayo se utiliza una muestra común.
Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de gestión de la calidad de la entidad que lo produce.
Este informe de ensayo es un documento oficial de interés público, su adulteración o uso indebido constituye un delito contra la fé pública y se regula por las disposiciones penales y civiles de la materia.
Los resultados obtenidos se refieren solamente a las muestras ensayadas según las condiciones como se recibieron.
El laboratorio no asume responsabilidad de la información suministrada por el cliente.

FIN DE INFORME DE ENSAYO

Jr. Los Lirios N° 530, Urb. San José, Lima 10, Perú
Telf. 719-6296
informes@ingeotest.com www.ingeotest.com

Ingeotest INGENIEROS	**Informe de Ensayo** **Standard Test Methods for Liquid Limit, Plastic Limit, and Plasticity Index of Soils** **(ASTM D4318 - 17$^{\varepsilon 1}$)**	SGC-LG-REG-29 Fecha: 2021-03-15 Versión: 00 Página 1 de 1

Informe : 21D04318-038-001
Cliente : USIL Costa Verde
Contacto : -
Proyecto* : Investigación Geotécnica - Costa Verde

Ubicación* : Costa Verde - Lima, Perú

Motivo de modificación del informe : - - -

Fecha de emisión del informe : 2021-03-25
Fecha de ejecución del ensayo : 2021-03-12
Fecha de recepción de la muestra : 2021-03-08

Lugar de ejecución del ensayo : Laboratorio Ingeotest

Datos de la muestra y el ensayo

Muestreado por* : El cliente
Cod. de muestra Ingeotest : 21M0392
Condición de la muestra : Alterada

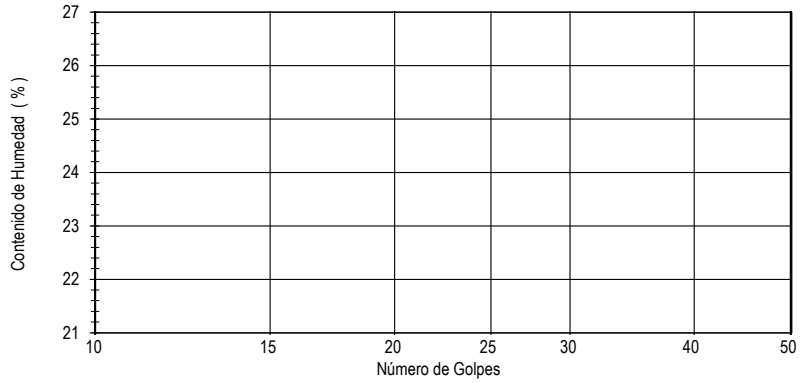
Desc. visual inic. del espec. : GP poorly graded gravel with sand
Tamaño máximo de partícula : 3 in.
Proced. obtenc. especimen : húmedo

Cantera* : -
Zona* : Excalibur
Muestra* : M-01
Profundidad (m)* : -

Retenido Tamiz N°40 : 79 %
Conten. de humedad Inicial : 1 %

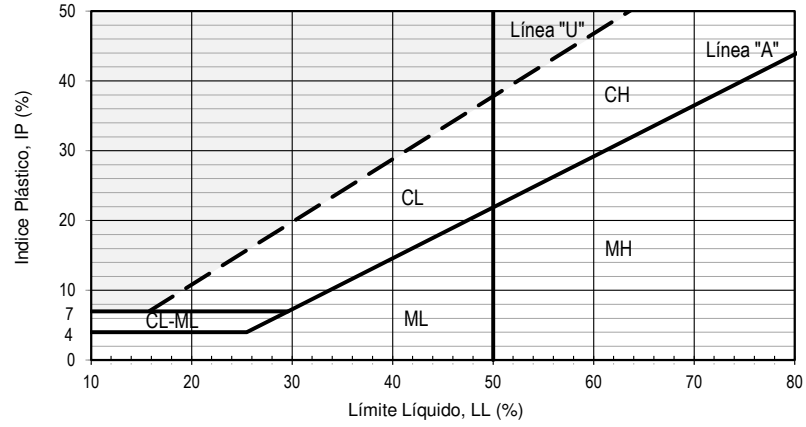
*Información proporcionada por el cliente

Diagrama de Fluidez



Método de ensayo : Multipunto
Dispositivo de límite líquido : Manual
Herramienta de ranurado : Plástico

Diagrama de Plasticidad



Tipo de enrollado : Manual

Límites de Consistencia		
Límite Líquido	(LL)	NP
Límite Plástico	(LP)	NP
Indice de Plasticidad	(IP)	NP

Realizado por: G.M.P. Autorizado por: J.C.C.

Observaciones:

- - -

Este informe de ensayo no debe reproducirse parcialmente, sin la autorización escrita del laboratorio, salvo que la reproducción sea en su totalidad.
Para realizar el ensayo se utiliza una muestra común.
Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de gestión de la calidad de la entidad que lo produce.
Este informe de ensayo es un documento oficial de interés público, su adulteración o uso indebido constituye un delito contra la fé pública y se regula por las disposiciones penales y civiles de la materia.
Los resultados obtenidos se refieren solamente a las muestras ensayadas según las condiciones como se recibieron.
El laboratorio no asume responsabilidad de la información suministrada por el cliente.

FIN DE INFORME DE ENSAYO

Jr. Los Lirios N° 530, Urb. San José, Lima 10, Perú
Telf. 719-6296
informes@ingeotest.com www.ingeotest.com

Ingeotest INGENIEROS	**Informe de Ensayo** **Standard Test Methods for Laboratory Determination of Water (Moisture) Content of Soil and Rock by Mass (ASTM D2216 - 19)**	SGC-LG-REG-37 Fecha: 2021-03-15 Versión: 03 Página 1 de 1

Informe : 21D02216-038-001
Cliente : USIL Costa Verde
Contacto : -
Proyecto* : Investigación Geotécnica - Costa Verde

Fecha de emisión del informe : 2021-03-25
Fecha de ejecución del ensayo : 2021-03-12 - 2021-03-13
Fecha de recepción de la muestra : 2021-03-08

Ubicación* : Costa Verde - Lima, Perú
Lugar de ejecución del ensayo : Laboratorio Ingeotest

Motivo de modificación del informe : - - -

Datos de la Muestra y Ensayo

Muestreado por* : El cliente
Cod. de muestra ingeotest : 21M0392
Condicion de la muestra : Alterada
Desc. visual inic. del espec. : GP poorly graded gravel with sand
Tamaño Máximo Visual : 3 in.

Cantera* : -
Zona* : Excalibur
Muestra* : M-01
Profundidad (m)* : -

Clasificación SUCS : GP GM
Temperatura del Horno : 110 +/- 5 °C

Método de ensayo : A

*Información proporcionada por el cliente

Mediciones y Cálculos

Especimen N°		01	02	-
Recipiente N°		TZN-0165	TZN-0186	-
Masa del Recipiente	*g*	400.2	400.9	-
Masa del Recipiente + Suelo Húmedo	*g*	3,626.6	3,360.4	-
Masa del Recipiente + Suelo Seco	*g*	3,603.4	3,338.7	-
Masa del Agua	*g*	23.2	21.7	-
Masa del Suelo Seco	*g*	3,203.2	2,937.8	-
Contenido de Humedad	%	1	1	-
Promedio Contenido de Humedad	%	**1**		

Cantidad de muestra cumple con el ensayo : Si
La muestra tiene más de un tipo de material : No
Algún material fue excluído del ensayo : No

Realizado por : G.M.P. Autorizado por : J.C.C.

Observaciones:
- - -

Este informe de ensayo no debe reproducirse parcialmente, sin la autorización escrita del laboratorio, salvo que la reproducción sea en su totalidad.
Para realizar el ensayo se utiliza una muestra común.
Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de gestión de la calidad de la entidad que lo produce.
Este informe de ensayo es un documento oficial de interés público, su adulteración o uso indebido constituye un delito contra la fé pública y se regula por las disposiciones penales y civiles de la materia.
Los resultados obtenidos se refieren solamente a las muestras ensayadas según las condiciones como se recibieron.
El laboratorio no asume responsabilidad de la información suministrada por el cliente.

FIN DE INFORME DE ENSAYO

Jr. Los Lirios N° 530, Urb. San José, Lima 10, Perú
Telf. 719-6296
informes@ingeotest.com www.ingeotest.com

Ingeotest INGENIEROS	**Informe de Ensayo** **Standard Test Methods for Particle-Size Distribution (Gradation) of Soils Using Sieve Analysis** **(ASTM D6913/D6913M - 17)**	SGC-LG-REG-33 Fecha: 2021-03-15 Versión: 03 Página 1 de 1

Informe : 21D06913-038-002
Cliente : USIL Costa Verde
Contacto : -
Proyecto* : Investigación Geotécnica - Costa Verde

Fecha de emisión del informe : 2021-03-25
Fecha de ejecución del ensayo : 2021-03-12 - 2021-03-16
Fecha de recepción de la muestra : 2021-03-08

Ubicación* : Costa Verde - Lima, Perú

Lugar de ejecución del ensayo : Laboratorio Ingeotest

Motivo de modificación del informe : - - -

Datos de la Muestra y Ensayo

Muestreado por* : El cliente
Cod. de muestra Ingeotest : 21M0393
Condicion de la muestra : Alterada
Desc. visual inic. del espec. : GP poorly graded gravel with sand
Proced. obtenc. especimen : Húmedo

Cantera* : -
Zona* : Excalibur
Muestra* : M-02
Profundidad (m)* : -
Método ensayo : A

*Información proporcionada por el cliente

Granulometría por Tamizado - D6913/D6913M - 17

Tamiz	Abertura mm	Masa retenida g	% Acum. que Pasa
3 in.	75.000	0.0	100
2 in.	50.000	16845.2	82
1-1/2 in.	37.500	11646.7	70
1 in.	25.000	16920.4	52
3/4 in.	19.000	1332.1	41
3/8 in.	9.500	1465.9	30
No. 4	4.750	657.5	24
No. 10	2.000	10.25	22
No. 20	0.850	8.77	20
No. 40	0.425	20.45	15
No. 60	0.250	25.19	9
No. 100	0.150	17.52	4
No. 140	0.106	5.46	3
No. 200	0.075	2.70	2

Aparato o dispersante usado : Ninguno
Ensayo realizado previamente : Ninguno
Tipo de tamizado : Compuesto

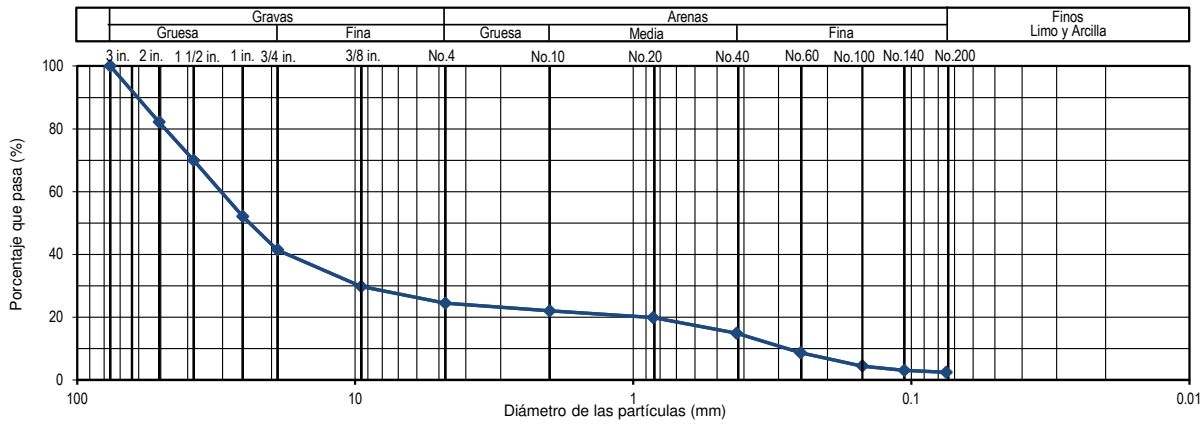
Separación de especimen	Tamiz	% Retenido
1er Fraccionamiento	1 in.	48
2do Fraccionamiento	N°4	76

Clasificación SUCS / AASHTO ASTM D2487 - 17 (**)

SUCS GP Grava mal graduada con arena
AASHTO -

Coeficiente de Uniformidad	C_u	108.1
Coeficiente de Curvatura	C_c	10.6
Grava	%	76
Arena	%	22
Finos	%	2

Curva Granulométrica



Realizado por: G.M.P. Autorizado por: J.C.C.

Observaciones:
- - -

Este informe de ensayo no debe reproducirse parcialmente, sin la autorización escrita del laboratorio, salvo que la reproducción sea en su totalidad.
Para realizar el ensayo se utiliza una muestra común.
Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de gestión de la calidad de la entidad que lo produce.
Este informe de ensayo es un documento oficial de interés público, su adulteración o uso indebido constituye un delito contra la fé pública y se regula por las disposiciones penales y civiles de la materia.
Los resultados obtenidos se refieren solamente a las muestras ensayadas según las condiciones como se recibieron.
El laboratorio no asume responsabilidad de la información suministrada por el cliente.

FIN DE INFORME DE ENSAYO

Jr. Los Lirios N° 530, Urb. San José, Lima 10, Perú
Telf. 719-6296
informes@ingeotest.com www.ingeotest.com

Ingeotest INGENIEROS	**Informe de Ensayo** **Standard Test Methods for Liquid Limit, Plastic Limit, and Plasticity Index of Soils** **(ASTM D4318 - 17$^{\varepsilon 1}$)**	SGC-LG-REG-29 Fecha: 2021-03-15 Versión: 00 Página 1 de 1

Informe : 21D04318-038-002
Cliente : USIL Costa Verde
Contacto : -
Proyecto* : Investigación Geotécnica - Costa Verde

Ubicación* : Costa Verde - Lima, Perú

Motivo de modificación del informe : - - -

Fecha de emisión del informe : 2021-03-25
Fecha de ejecución del ensayo : 2021-03-12
Fecha de recepción de la muestra : 2021-03-08

Lugar de ejecución del ensayo : Laboratorio Ingeotest

Datos de la muestra y el ensayo

Muestreado por* : El cliente
Cod. de muestra Ingeotest : 21M0393
Condición de la muestra : Alterada

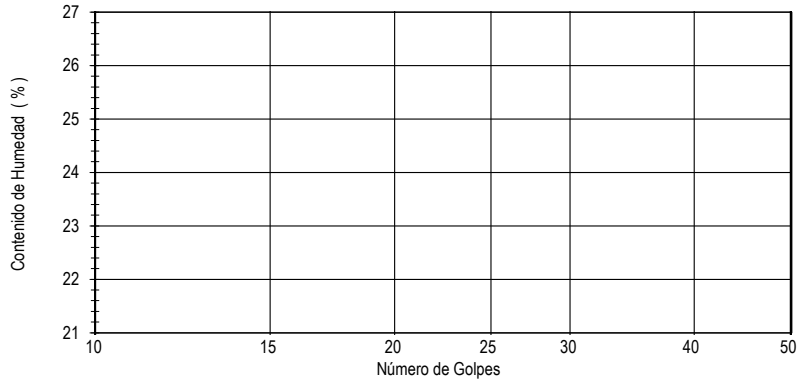
Desc. visual inic. del espec. : GP poorly graded gravel with sand
Tamaño máximo de partícula : 3 in.
Proced. obtenc. especimen : húmedo

Cantera* : -
Zona* : Excalibur
Muestra* : M-02
Profundidad (m)* : -

Retenido Tamiz N°40 : 85 %
Conten. de humedad Inicial : 1 %

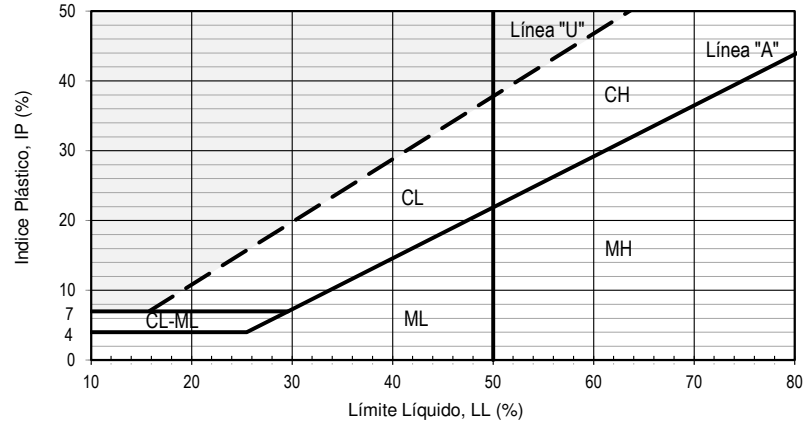
*Información proporcionada por el cliente

Diagrama de Fluidez



Método de ensayo : Multipunto
Dispositivo de límite líquido : Manual
Herramienta de ranurado : Plástico

Diagrama de Plasticidad



Tipo de enrollado : Manual

Límites de Consistencia		
Límite Líquido	(LL)	NP
Límite Plástico	(LP)	NP
Indice de Plasticidad	(IP)	NP

Realizado por: G.M.P. Autorizado por: J.C.C.

Observaciones:

- - -

Este informe de ensayo no debe reproducirse parcialmente, sin la autorización escrita del laboratorio, salvo que la reproducción sea en su totalidad.
Para realizar el ensayo se utiliza una muestra común.
Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de gestión de la calidad de la entidad que lo produce.
Este informe de ensayo es un documento oficial de interés público, su adulteración o uso indebido constituye un delito contra la fé pública y se regula por las disposiciones penales y civiles de la materia.
Los resultados obtenidos se refieren solamente a las muestras ensayadas según las condiciones como se recibieron.
El laboratorio no asume responsabilidad de la información suministrada por el cliente.

FIN DE INFORME DE ENSAYO

Jr. Los Lirios N° 530, Urb. San José, Lima 10, Perú
Telf. 719-6296
informes@ingeotest.com www.ingeotest.com

Ingeotest INGENIEROS	**Informe de Ensayo** **Standard Test Methods for Laboratory Determination of Water (Moisture) Content of Soil and Rock by Mass (ASTM D2216 - 19)**	SGC-LG-REG-37 Fecha: 2021-03-15 Versión: 03 Página 1 de 1

Informe : 21D02216-038-002
Cliente : USIL Costa Verde
Contacto : -
Proyecto* : Investigación Geotécnica - Costa Verde

Ubicación* : Costa Verde - Lima, Perú

Motivo de modificación del informe : - - -

Fecha de emisión del informe : 2021-03-25
Fecha de ejecución del ensayo : 2021-03-12 - 2021-03-13
Fecha de recepción de la muestra : 2021-03-08

Lugar de ejecución del ensayo : Laboratorio Ingeotest

Datos de la Muestra y Ensayo

Muestreado por* : El cliente
Cod. de muestra ingeotest : 21M0393
Condicion de la muestra : Alterada
Desc. visual inic. del espec. : GP poorly graded gravel with sand
Tamaño Máximo Visual : 3 in.

Cantera* : -
Zona* : Excalibur
Muestra* : M-02
Profundidad (m)* : -

Clasificación SUCS : GP
Temperatura del Horno : 110 +/- 5 °C

Método de ensayo : A

*Información proporcionada por el cliente

Mediciones y Cálculos

Especimen N°		01	02	-
Recipiente N°		TZN-0117	TZN-0179	-
Masa del Recipiente	*g*	401.1	379.0	-
Masa del Recipiente + Suelo Húmedo	*g*	3,755.9	3,582.0	-
Masa del Recipiente + Suelo Seco	*g*	3,736.9	3,563.7	-
Masa del Agua	*g*	19.0	18.3	-
Masa del Suelo Seco	*g*	3,335.8	3,184.7	-
Contenido de Humedad	%	1	1	-
Promedio Contenido de Humedad	%	**1**		

Cantidad de muestra cumple con el ensayo : Si
La muestra tiene más de un tipo de material : No
Algún material fue excluído del ensayo : No

Realizado por : G.M.P. Autorizado por : J.C.C.

Observaciones:
- - -

Este informe de ensayo no debe reproducirse parcialmente, sin la autorización escrita del laboratorio, salvo que la reproducción sea en su totalidad.
Para realizar el ensayo se utiliza una muestra común.
Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de gestión de la calidad de la entidad que lo produce.
Este informe de ensayo es un documento oficial de interés público, su adulteración o uso indebido constituye un delito contra la fé pública y se regula por las disposiciones penales y civiles de la materia.
Los resultados obtenidos se refieren solamente a las muestras ensayadas según las condiciones como se recibieron.
El laboratorio no asume responsabilidad de la información suministrada por el cliente.

FIN DE INFORME DE ENSAYO

Jr. Los Lirios N° 530, Urb. San José, Lima 10, Perú
Telf. 719-6296
informes@ingeotest.com www.ingeotest.com

Ingeotest INGENIEROS	**Informe de Ensayo** **Standard Test Methods for Particle-Size Distribution (Gradation) of Soils Using Sieve Analysis** **(ASTM D6913/D6913M - 17)**	SGC-LG-REG-33 Fecha: 2021-03-15 Versión: 03 Página 1 de 1

Informe : 21D06913-038-003
Cliente : USIL Costa Verde
Contacto : -
Proyecto* : Investigación Geotécnica - Costa Verde

Fecha de emisión del informe : 2021-03-25
Fecha de ejecución del ensayo : 2021-03-12 - 2021-03-16
Fecha de recepción de la muestra : 2021-03-08

Ubicación* : Costa Verde - Lima, Perú

Lugar de ejecución del ensayo : Laboratorio Ingeotest

Motivo de modificación del informe : - - -

Datos de la Muestra y Ensayo

Muestreado por* : El cliente
Cod. de muestra Ingeotest : 21M0394
Condicion de la muestra : Alterada
Desc. visual inic. del espec. : GP poorly graded gravel with sand
Proced. obtenc. especimen : Húmedo

Cantera* : -
Zona* : Miraflores
Muestra* : M-03
Profundidad (m)* : -
Método ensayo : A

*Información proporcionada por el cliente

Granulometría por Tamizado - D6913/D6913M - 17

Tamiz	Abertura mm	Masa retenida g	% Acum. que Pasa
3 in.	75.000	0.0	100
2 in.	50.000	5948.0	93
1-1/2 in.	37.500	5837.7	87
1 in.	25.000	10209.8	75
3/4 in.	19.000	5492.3	69
3/8 in.	9.500	287.5	60
No. 4	4.750	296.0	50
No. 10	2.000	9.99	45
No. 20	0.850	9.66	40
No. 40	0.425	11.52	35
No. 60	0.250	11.04	29
No. 100	0.150	11.26	23
No. 140	0.106	5.11	21
No. 200	0.075	2.74	20

Aparato o dispersante usado : Ninguno
Ensayo realizado previamente : Ninguno
Tipo de tamizado : Compuesto

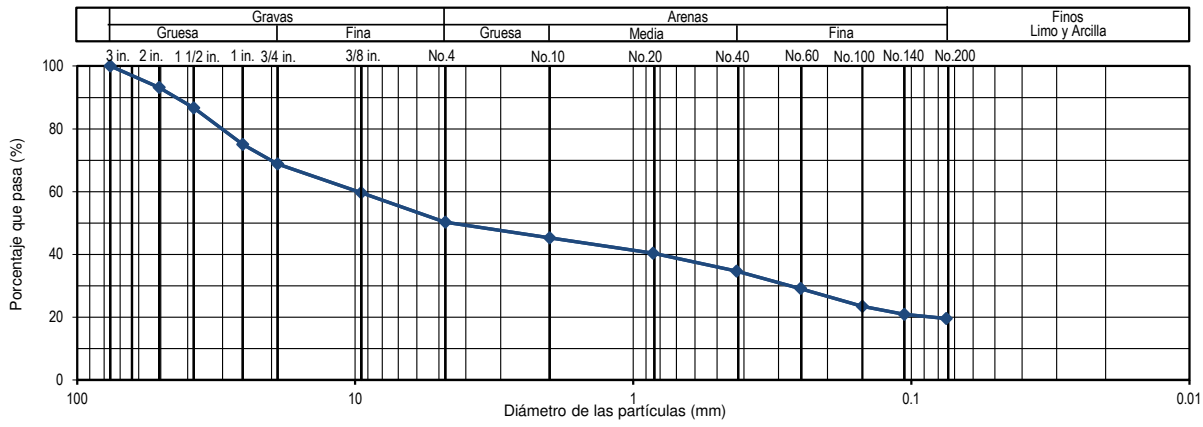
Separación de especimen	Tamiz	% Retenido
1er Fraccionamiento	3/4 in.	31
2do Fraccionamiento	N°4	50

Clasificación SUCS / AASHTO ASTM D2487 - 17 (**)

SUCS GC-GM Grava arcilloso-limosa con arena
AASHTO -

Coeficiente de Uniformidad	C_u	
Coeficiente de Curvatura	C_c	
Grava	%	50
Arena	%	30
Finos	%	20

Curva Granulométrica



Realizado por: G.M.P. Autorizado por: J.C.C.

Observaciones:
- - -

Este informe de ensayo no debe reproducirse parcialmente, sin la autorización escrita del laboratorio, salvo que la reproducción sea en su totalidad.
Para realizar el ensayo se utiliza una muestra común.
Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de gestión de la calidad de la entidad que lo produce.
Este informe de ensayo es un documento oficial de interés público, su adulteración o uso indebido constituye un delito contra la fé pública y se regula por las disposiciones penales y civiles de la materia.
Los resultados obtenidos se refieren solamente a las muestras ensayadas según las condiciones como se recibieron.
El laboratorio no asume responsabilidad de la información suministrada por el cliente.

FIN DE INFORME DE ENSAYO

Jr. Los Lirios N° 530, Urb. San José, Lima 10, Perú
Telf. 719-6296
informes@ingeotest.com www.ingeotest.com

Ingeotest INGENIEROS	**Informe de Ensayo** **Standard Test Methods for Liquid Limit, Plastic Limit, and Plasticity Index of Soils** **(ASTM D4318 - 17$^{\varepsilon 1}$)**	SGC-LG-REG-29 Fecha: 2021-03-15 Versión: 00 Página 1 de 1

Informe : 21D04318-038-003
Cliente : USIL Costa Verde
Contacto : -
Proyecto* : Investigación Geotécnica - Costa Verde

Ubicación* : Costa Verde - Lima, Perú

Motivo de modificación del informe : - - -

Fecha de emisión del informe : 2021-03-25
Fecha de ejecución del ensayo : 2021-03-19 - 2021-03-20
Fecha de recepción de la muestra : 2021-03-08

Lugar de ejecución del ensayo : Laboratorio Ingeotest

Datos de la muestra y el ensayo

Muestreado por* : El cliente
Cod. de muestra Ingeotest : 21M0394
Condición de la muestra : Alterada

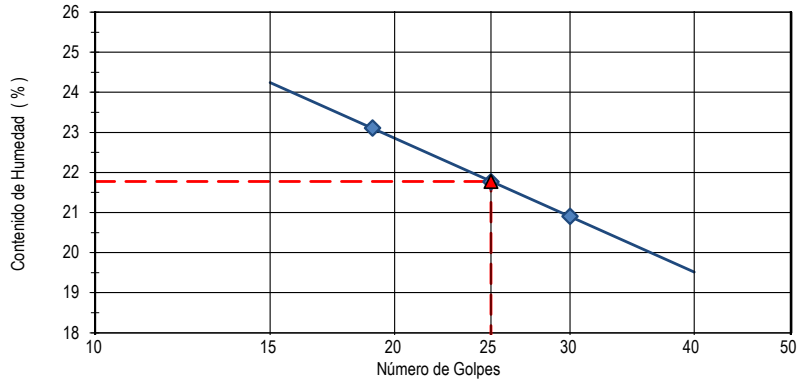
Desc. visual inic. del espec. : GP poorly graded gravel with sand
Tamaño máximo de partícula : 3 in.
Proced. obtenc. especimen : húmedo

Cantera* : -
Zona* : Miraflores
Muestra* : M-03
Profundidad (m)* : -

Retenido Tamiz N°40 : 65 %
Conten. de humedad Inicial : 1 %

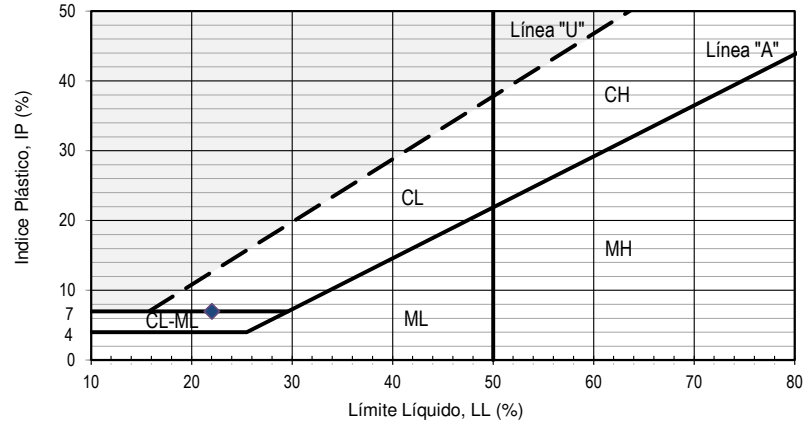
*Información proporcionada por el cliente

Diagrama de Fluidez



Método de ensayo : Multipunto
Dispositivo de límite líquido : Manual
Herramienta de ranurado : Plástico

Diagrama de Plasticidad



Tipo de enrollado : Manual

Límites de Consistencia		
Límite Líquido	(LL)	22
Límite Plástico	(LP)	15
Indice de Plasticidad	(IP)	7

Realizado por: G.M.P. Autorizado por: J.C.C.

Observaciones:

- - -

Este informe de ensayo no debe reproducirse parcialmente, sin la autorización escrita del laboratorio, salvo que la reproducción sea en su totalidad.
Para realizar el ensayo se utiliza una muestra común.
Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de gestión de la calidad de la entidad que lo produce.
Este informe de ensayo es un documento oficial de interés público, su adulteración o uso indebido constituye un delito contra la fé pública y se regula por las disposiciones penales y civiles de la materia.
Los resultados obtenidos se refieren solamente a las muestras ensayadas según las condiciones como se recibieron.
El laboratorio no asume responsabilidad de la información suministrada por el cliente.

FIN DE INFORME DE ENSAYO

Jr. Los Lirios N° 530, Urb. San José, Lima 10, Perú
Telf. 719-6296
informes@ingeotest.com www.ingeotest.com

Ingeotest INGENIEROS	**Informe de Ensayo** **Standard Test Methods for Laboratory Determination of Water (Moisture) Content of Soil and Rock by Mass (ASTM D2216 - 19)**	SGC-LG-REG-37 Fecha: 2021-03-15 Versión: 03 Página 1 de 1

Informe : 21D02216-038-003
Cliente : USIL Costa Verde
Contacto : -
Proyecto* : Investigación Geotécnica - Costa Verde

Fecha de emisión del informe : 2021-03-25
Fecha de ejecución del ensayo : 2021-03-12 - 2021-03-13
Fecha de recepción de la muestra : 2021-03-08

Ubicación* : Costa Verde - Lima, Perú
Lugar de ejecución del ensayo : Laboratorio Ingeotest

Motivo de modificación del informe : - - -

Datos de la Muestra y Ensayo

Muestreado por* : El cliente
Cod. de muestra ingeotest : 21M0394
Condicion de la muestra : Alterada
Desc. visual inic. del espec. : GP poorly graded gravel with sand
Tamaño Máximo Visual : 3 in.

Cantera* : -
Zona* : Miraflores
Muestra* : M-03
Profundidad (m)* : -

Clasificación SUCS : GC-GM
Temperatura del Horno : 110 +/- 5 °C

Método de ensayo : A

*Información proporcionada por el cliente

Mediciones y Cálculos

Especimen N°		01	02	-
Recipiente N°		TZN-0153	TZN-0134	-
Masa del Recipiente	*g*	402.8	401.6	-
Masa del Recipiente + Suelo Húmedo	*g*	1,439.5	1,554.0	-
Masa del Recipiente + Suelo Seco	*g*	1,425.9	1,538.7	-
Masa del Agua	*g*	13.6	15.3	-
Masa del Suelo Seco	*g*	1,023.1	1,137.1	-
Contenido de Humedad	%	1	1	-
Promedio Contenido de Humedad	%	**1**		

Cantidad de muestra cumple con el ensayo : Si
La muestra tiene más de un tipo de material : No
Algún material fue excluído del ensayo : No

Realizado por : G.M.P. Autorizado por : J.C.C.

Observaciones:
- - -

Este informe de ensayo no debe reproducirse parcialmente, sin la autorización escrita del laboratorio, salvo que la reproducción sea en su totalidad.
Para realizar el ensayo se utiliza una muestra común.
Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de gestión de la calidad de la entidad que lo produce.
Este informe de ensayo es un documento oficial de interés público, su adulteración o uso indebido constituye un delito contra la fé pública y se regula por las disposiciones penales y civiles de la materia.
Los resultados obtenidos se refieren solamente a las muestras ensayadas según las condiciones como se recibieron.
El laboratorio no asume responsabilidad de la información suministrada por el cliente.

FIN DE INFORME DE ENSAYO

Jr. Los Lirios N° 530, Urb. San José, Lima 10, Perú
Telf. 719-6296
informes@ingeotest.com www.ingeotest.com

Ingeotest INGENIEROS	**Informe de Ensayo** **Standard Test Methods for Particle-Size Distribution (Gradation) of Soils Using Sieve Analysis** **(ASTM D6913/D6913M - 17)**	SGC-LG-REG-33 Fecha: 2021-03-15 Versión: 03 Página 1 de 1

Informe : 21D06913-038-004
Cliente : USIL Costa Verde
Contacto : -
Proyecto* : Investigación Geotécnica - Costa Verde

Fecha de emisión del informe : 2021-03-25
Fecha de ejecución del ensayo : 2021-03-11 - 2021-03-16
Fecha de recepción de la muestra : 2021-03-08

Ubicación* : Costa Verde - Lima, Perú

Lugar de ejecución del ensayo : Laboratorio Ingeotest

Motivo de modificación del informe : - - -

Datos de la Muestra y Ensayo

Muestreado por* : El cliente
Cod. de muestra Ingeotest : 21M0395
Condicion de la muestra : Alterada
Desc. visual inic. del espec. : GP poorly graded gravel with sand
Proced. obtenc. especimen : Húmedo

Cantera* : -
Zona* : Carmen de la Legua
Muestra* : M-04
Profundidad (m)* : -
Método ensayo : A

*Información proporcionada por el cliente

Granulometría por Tamizado - D6913/D6913M - 17

Tamiz	Abertura mm	Masa retenida g	% Acum. que Pasa
3 in.	75.000	0.0	100
2 in.	50.000	10056.4	85
1-1/2 in.	37.500	5970.4	77
1 in.	25.000	7885.3	65
3/4 in.	19.000	431.5	58
3/8 in.	9.500	582.9	48
No. 4	4.750	286.5	42
No. 10	2.000	6.79	40
No. 20	0.850	7.97	36
No. 40	0.425	12.72	31
No. 60	0.250	14.44	25
No. 100	0.150	14.12	19
No. 140	0.106	6.40	16
No. 200	0.075	4.16	14

Aparato o dispersante usado : Ninguno
Ensayo realizado previamente : Ninguno
Tipo de tamizado : Compuesto

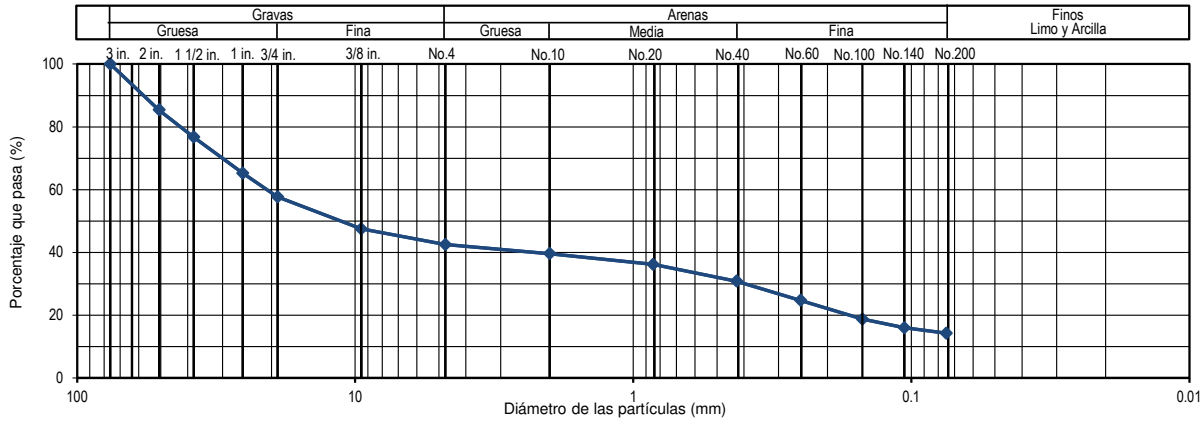
Separación de especimen	Tamiz	% Retenido
1er Fraccionamiento	1 in.	35
2do Fraccionamiento	N°4	58

Clasificación SUCS / AASHTO ASTM D2487 - 17 (**)

SUCS GM Grava limosa con arena
AASHTO -

Coeficiente de Uniformidad	C_u	
Coeficiente de Curvatura	C_c	
Grava	%	58
Arena	%	28
Finos	%	14

Curva Granulométrica



Realizado por: G.M.P. Autorizado por: J.C.C.

Observaciones:
- - -

Este informe de ensayo no debe reproducirse parcialmente, sin la autorización escrita del laboratorio, salvo que la reproducción sea en su totalidad.
Para realizar el ensayo se utiliza una muestra común.
Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de gestión de la calidad de la entidad que lo produce.
Este informe de ensayo es un documento oficial de interés público, su adulteración o uso indebido constituye un delito contra la fé pública y se regula por las disposiciones penales y civiles de la materia.
Los resultados obtenidos se refieren solamente a las muestras ensayadas según las condiciones como se recibieron.
El laboratorio no asume responsabilidad de la información suministrada por el cliente.

FIN DE INFORME DE ENSAYO

Jr. Los Lirios N° 530, Urb. San José, Lima 10, Perú
Telf. 719-6296
informes@ingeotest.com www.ingeotest.com

Ingeotest INGENIEROS	**Informe de Ensayo** **Standard Test Methods for Liquid Limit, Plastic Limit, and Plasticity Index of Soils** **(ASTM D4318 - 17$^{\varepsilon 1}$)**	SGC-LG-REG-29 Fecha: 2021-03-15 Versión: 00 Página 1 de 1

Informe : 21D04318-038-004
Cliente : USIL Costa Verde
Contacto : -
Proyecto* : Investigación Geotécnica - Costa Verde

Ubicación* : Costa Verde - Lima, Perú

Motivo de modificación del informe : - - -

Fecha de emisión del informe : 2021-03-25
Fecha de ejecución del ensayo : 2021-03-11
Fecha de recepción de la muestra : 2021-03-08

Lugar de ejecución del ensayo : Laboratorio Ingeotest

Datos de la muestra y el ensayo

Muestreado por* : El cliente
Cod. de muestra Ingeotest : 21M0395
Condición de la muestra : Alterada

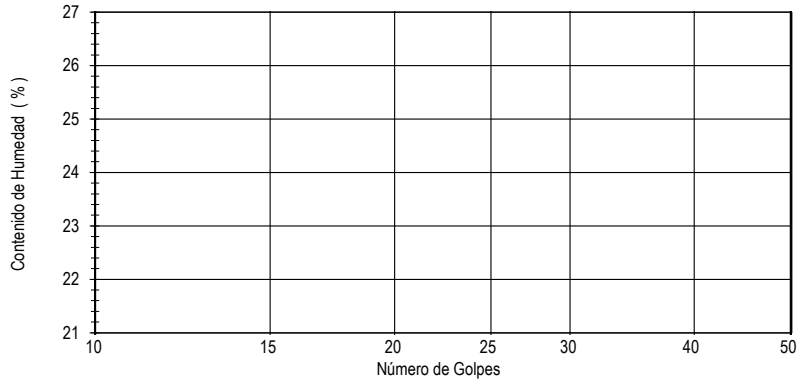
Desc. visual inic. del espec. : GP poorly graded gravel with sand
Tamaño máximo de partícula : 3 in.
Proced. obtenc. especimen : húmedo

Cantera* : -
Zona* : Carmen de la Legua
Muestra* : M-04
Profundidad (m)* : -

Retenido Tamiz N°40 : 69 %
Conten. de humedad Inicial : 1 %

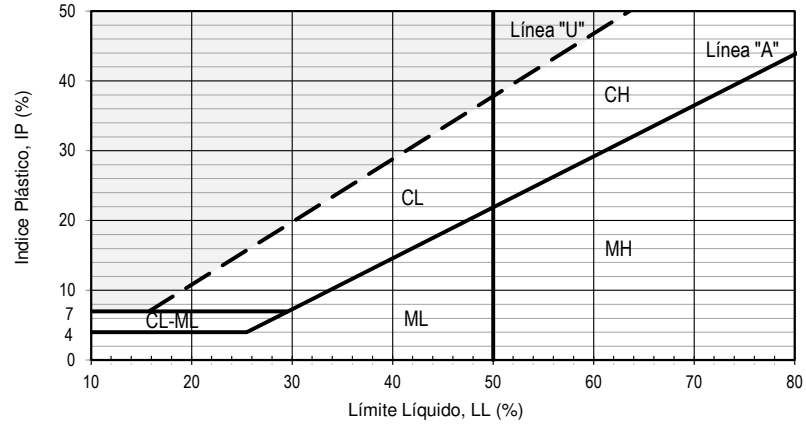
*Información proporcionada por el cliente

Diagrama de Fluidez



Método de ensayo : Multipunto
Dispositivo de límite líquido : Manual
Herramienta de ranurado : Plástico

Diagrama de Plasticidad



Tipo de enrollado : Manual

Límites de Consistencia		
Límite Líquido	(LL)	NP
Límite Plástico	(LP)	NP
Indice de Plasticidad	(IP)	NP

Realizado por: G.M.P. Autorizado por: J.C.C.

Observaciones:

- - -

Este informe de ensayo no debe reproducirse parcialmente, sin la autorización escrita del laboratorio, salvo que la reproducción sea en su totalidad.
Para realizar el ensayo se utiliza una muestra común.
Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de gestión de la calidad de la entidad que lo produce.
Este informe de ensayo es un documento oficial de interés público, su adulteración o uso indebido constituye un delito contra la fé pública y se regula por las disposiciones penales y civiles de la materia.
Los resultados obtenidos se refieren solamente a las muestras ensayadas según las condiciones como se recibieron.
El laboratorio no asume responsabilidad de la información suministrada por el cliente.

FIN DE INFORME DE ENSAYO

Jr. Los Lirios N° 530, Urb. San José, Lima 10, Perú
Telf. 719-6296
informes@ingeotest.com www.ingeotest.com

Ingeotest INGENIEROS	**Informe de Ensayo** **Standard Test Methods for Laboratory Determination of Water (Moisture) Content of Soil and Rock by Mass (ASTM D2216 - 19)**	SGC-LG-REG-37 Fecha: 2021-03-15 Versión: 03 Página 1 de 1

Informe : 21D02216-038-004
Cliente : USIL Costa Verde
Contacto : -
Proyecto* : Investigación Geotécnica - Costa Verde

Ubicación* : Costa Verde - Lima, Perú

Motivo de modificación del informe : - - -

Fecha de emisión del informe : 2021-03-25
Fecha de ejecución del ensayo : 2021-03-11- 2021-03-12
Fecha de recepción de la muestra : 2021-03-08

Lugar de ejecución del ensayo : Laboratorio Ingeotest

Datos de la Muestra y Ensayo

Muestreado por* : El cliente
Cod. de muestra ingeotest : 21M0395
Condicion de la muestra : Alterada
Desc. visual inic. del espec. : GP poorly graded gravel with sand
Tamaño Máximo Visual : 3 in.

Cantera* : -
Zona* : Carmen de la Legua
Muestra* : M-04
Profundidad (m)* : -

Clasificación SUCS : GP
Temperatura del Horno : 110 +/- 5 °C

Método de ensayo : A

*Información proporcionada por el cliente

Mediciones y Cálculos

Especimen N°		01	02	-
Recipiente N°		TZN-0203	TZN-0172	-
Masa del Recipiente	*g*	393.6	397.9	-
Masa del Recipiente + Suelo Húmedo	*g*	2,260.2	2,299.1	-
Masa del Recipiente + Suelo Seco	*g*	2,238.5	2,276.1	-
Masa del Agua	*g*	21.7	23.0	-
Masa del Suelo Seco	*g*	1,844.9	1,878.2	-
Contenido de Humedad	%	1	1	-
Promedio Contenido de Humedad	%	**1**		

Cantidad de muestra cumple con el ensayo : Si
La muestra tiene más de un tipo de material : No
Algún material fue excluído del ensayo : No

Realizado por : G.M.P. Autorizado por : J.C.C.

Observaciones:
- - -

Este informe de ensayo no debe reproducirse parcialmente, sin la autorización escrita del laboratorio, salvo que la reproducción sea en su totalidad.
Para realizar el ensayo se utiliza una muestra común.
Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de gestión de la calidad de la entidad que lo produce.
Este informe de ensayo es un documento oficial de interés público, su adulteración o uso indebido constituye un delito contra la fé pública y se regula por las disposiciones penales y civiles de la materia.
Los resultados obtenidos se refieren solamente a las muestras ensayadas según las condiciones como se recibieron.
El laboratorio no asume responsabilidad de la información suministrada por el cliente.

FIN DE INFORME DE ENSAYO

Ingeotest INGENIEROS	**Informe de Ensayo** **Standard Test Methods for Particle-Size Distribution (Gradation) of Soils Using Sieve Analysis** **(ASTM D6913/D6913M - 17)**	SGC-LG-REG-33 Fecha: 2021-03-15 Versión: 03 Página 1 de 1

Informe : 21D06913-038-005
Cliente : USIL Costa Verde
Contacto : -
Proyecto* : Investigación Geotécnica - Costa Verde

Fecha de emisión del informe : 2021-03-25
Fecha de ejecución del ensayo : 2021-03-12 - 2021-03-16
Fecha de recepción de la muestra : 2021-03-08

Ubicación* : Costa Verde - Lima, Perú

Lugar de ejecución del ensayo : Laboratorio Ingeotest

Motivo de modificación del informe : - - -

Datos de la Muestra y Ensayo

Muestreado por* : El cliente
Cod. de muestra Ingeotest : 21M0396
Condicion de la muestra : Alterada
Desc. visual inic. del espec. : GP poorly graded gravel with sand
Proced. obtenc. especimen : Húmedo

Cantera* : -
Zona* : Carmen de la Legua
Muestra* : M-05
Profundidad (m)* : -
Método ensayo : A

*Información proporcionada por el cliente

Granulometría por Tamizado - D6913/D6913M - 17

Tamiz	Abertura mm	Masa retenida g	% Acum. que Pasa
3 in.	75.000	0.0	100
2 in.	50.000	1353.2	94
1-1/2 in.	37.500	2206.7	85
1 in.	25.000	3770.0	69
3/4 in.	19.000	781.0	56
3/8 in.	9.500	914.5	41
No. 4	4.750	445.8	34
No. 10	2.000	14.06	29
No. 20	0.850	9.28	26
No. 40	0.425	18.71	19
No. 60	0.250	21.58	12
No. 100	0.150	14.09	8
No. 140	0.106	5.34	6
No. 200	0.075	2.68	5

Aparato o dispersante usado : Ninguno
Ensayo realizado previamente : Ninguno
Tipo de tamizado : Compuesto

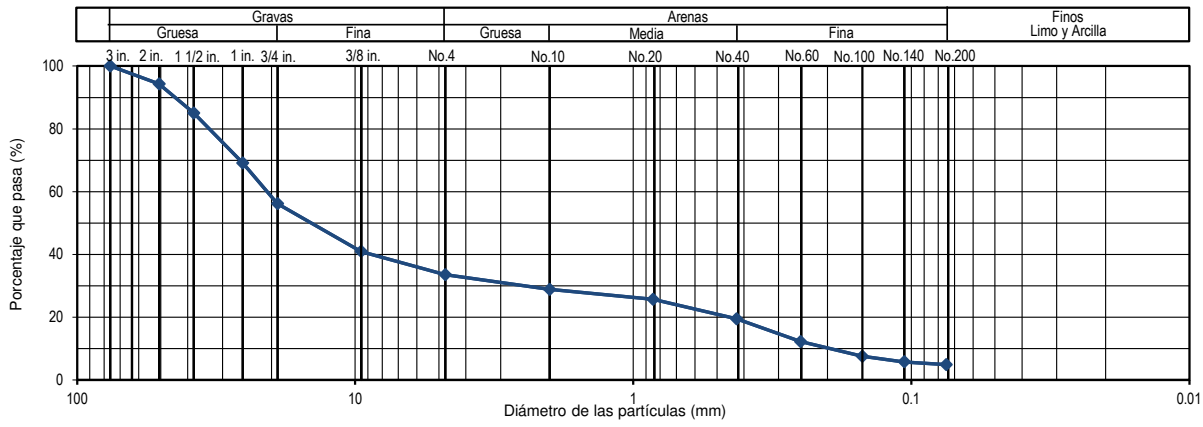
Separación de especimen	Tamiz	% Retenido
1er Fraccionamiento	1 in.	31
2do Fraccionamiento	N°4	66

Clasificación SUCS / AASHTO ASTM D2487 - 17 (**)

SUCS GW Grava bien graduada con arena
AASHTO -

Coeficiente de Uniformidad	C_u	103.5
Coeficiente de Curvatura	C_c	1.7
Grava	%	66
Arena	%	29
Finos	%	5

Curva Granulométrica



Realizado por: G.M.P. Autorizado por: J.C.C.

Observaciones:
- - -

Este informe de ensayo no debe reproducirse parcialmente, sin la autorización escrita del laboratorio, salvo que la reproducción sea en su totalidad.
Para realizar el ensayo se utiliza una muestra común.
Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de gestión de la calidad de la entidad que lo produce.
Este informe de ensayo es un documento oficial de interés público, su adulteración o uso indebido constituye un delito contra la fé pública y se regula por las disposiciones penales y civiles de la materia.
Los resultados obtenidos se refieren solamente a las muestras ensayadas según las condiciones como se recibieron.
El laboratorio no asume responsabilidad de la información suministrada por el cliente.

FIN DE INFORME DE ENSAYO

Jr. Los Lirios N° 530, Urb. San José, Lima 10, Perú
Telf. 719-6296
informes@ingeotest.com www.ingeotest.com

Ingeotest INGENIEROS	**Informe de Ensayo** **Standard Test Methods for Liquid Limit, Plastic Limit, and Plasticity Index of Soils** **(ASTM D4318 - 17$^{\varepsilon 1}$)**	SGC-LG-REG-29 Fecha: 2021-03-15 Versión: 00 Página 1 de 1

Informe : 21D04318-038-005
Cliente : USIL Costa Verde
Contacto : -
Proyecto* : Investigación Geotécnica - Costa Verde

Ubicación* : Costa Verde - Lima, Perú

Motivo de modificación del informe : - - -

Fecha de emisión del informe : 2021-03-25
Fecha de ejecución del ensayo : 2021-03-12
Fecha de recepción de la muestra : 2021-03-08

Lugar de ejecución del ensayo : Laboratorio Ingeotest

Datos de la muestra y el ensayo

Muestreado por* : El cliente
Cod. de muestra Ingeotest : 21M0396
Condición de la muestra : Alterada

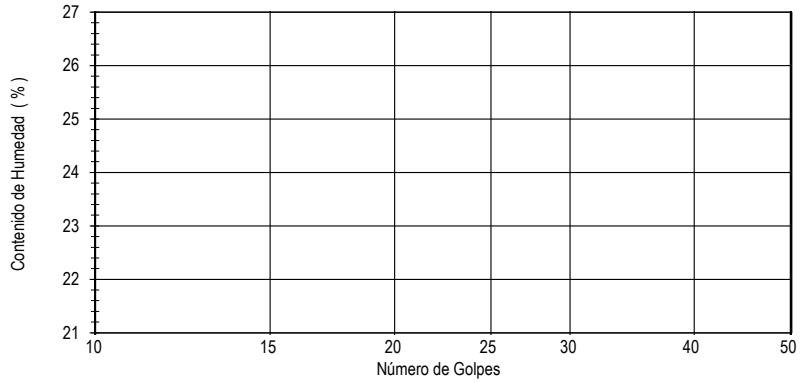
Desc. visual inic. del espec. : GP poorly graded gravel with sand
Tamaño máximo de partícula : 3 in.
Proced. obtenc. especimen : húmedo

Cantera* : -
Zona* : Carmen de la Legua
Muestra* : M-05
Profundidad (m)* : -

Retenido Tamiz N°40 : 81 %
Conten. de humedad Inicial : 1 %

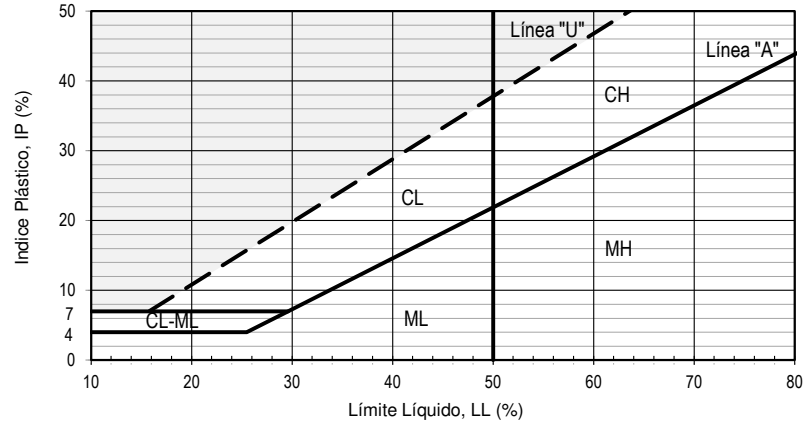
*Información proporcionada por el cliente

Diagrama de Fluidez



Método de ensayo : Multipunto
Dispositivo de límite líquido : Manual
Herramienta de ranurado : Plástico

Diagrama de Plasticidad



Tipo de enrollado : Manual

Límites de Consistencia		
Límite Líquido	(LL)	NP
Límite Plástico	(LP)	NP
Indice de Plasticidad	(IP)	NP

Realizado por: G.M.P. Autorizado por: J.C.C.

Observaciones:

- - -

Este informe de ensayo no debe reproducirse parcialmente, sin la autorización escrita del laboratorio, salvo que la reproducción sea en su totalidad.
Para realizar el ensayo se utiliza una muestra común.
Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de gestión de la calidad de la entidad que lo produce.
Este informe de ensayo es un documento oficial de interés público, su adulteración o uso indebido constituye un delito contra la fé pública y se regula por las disposiciones penales y civiles de la materia.
Los resultados obtenidos se refieren solamente a las muestras ensayadas según las condiciones como se recibieron.
El laboratorio no asume responsabilidad de la información suministrada por el cliente.

FIN DE INFORME DE ENSAYO

Jr. Los Lirios N° 530, Urb. San José, Lima 10, Perú
Telf. 719-6296
informes@ingeotest.com www.ingeotest.com

Ingeotest INGENIEROS	**Informe de Ensayo** **Standard Test Methods for Laboratory Determination of Water (Moisture) Content of Soil and Rock by Mass (ASTM D2216 - 19)**	SGC-LG-REG-37 Fecha: 2021-03-15 Versión: 03 Página 1 de 1

Informe : 21D02216-038-005
Cliente : USIL Costa Verde
Contacto : -
Proyecto* : Investigación Geotécnica - Costa Verde

Fecha de emisión del informe : 2021-03-25
Fecha de ejecución del ensayo : 2021-03-12- 2021-03-13
Fecha de recepción de la muestra : 2021-03-08

Ubicación* : Costa Verde - Lima, Perú
Lugar de ejecución del ensayo : Laboratorio Ingeotest

Motivo de modificación del informe : - - -

Datos de la Muestra y Ensayo

Muestreado por* : El cliente
Cod. de muestra ingeotest : 21M0396
Condicion de la muestra : Alterada
Desc. visual inic. del espec. : GP poorly graded gravel with sand
Tamaño Máximo Visual : 3 in.

Cantera* : -
Zona* : Carmen de la Legua
Muestra* : M-05
Profundidad (m)* : -

Clasificación SUCS : GW
Temperatura del Horno : 110 +/- 5 °C

Método de ensayo : A

*Información proporcionada por el cliente

Mediciones y Cálculos

Especimen N°		01	02	-
Recipiente N°		TZN-0163	TZN-0035	-
Masa del Recipiente	*g*	400.2	340.7	-
Masa del Recipiente + Suelo Húmedo	*g*	2,631.9	2,296.0	-
Masa del Recipiente + Suelo Seco	*g*	2,615.1	2,281.8	-
Masa del Agua	*g*	16.8	14.2	-
Masa del Suelo Seco	*g*	2,214.9	1,941.1	-
Contenido de Humedad	%	1	1	-
Promedio Contenido de Humedad	%	**1**		

Cantidad de muestra cumple con el ensayo : Si
La muestra tiene más de un tipo de material : No
Algún material fue excluído del ensayo : No

Realizado por : G.M.P. Autorizado por : J.C.C.

Observaciones:
- - -

Este informe de ensayo no debe reproducirse parcialmente, sin la autorización escrita del laboratorio, salvo que la reproducción sea en su totalidad.
Para realizar el ensayo se utiliza una muestra común.
Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de gestión de la calidad de la entidad que lo produce.
Este informe de ensayo es un documento oficial de interés público, su adulteración o uso indebido constituye un delito contra la fé pública y se regula por las disposiciones penales y civiles de la materia.
Los resultados obtenidos se refieren solamente a las muestras ensayadas según las condiciones como se recibieron.
El laboratorio no asume responsabilidad de la información suministrada por el cliente.

FIN DE INFORME DE ENSAYO

Jr. Los Lirios N° 530, Urb. San José, Lima 10, Perú
Telf. 719-6296
informes@ingeotest.com www.ingeotest.com

Ingeotest INGENIEROS	**Informe de Ensayo** **Standard Test Methods for Particle-Size Distribution (Gradation) of Soils Using Sieve Analysis** **(ASTM D6913/D6913M - 17)**	SGC-LG-REG-33 Fecha: 2021-03-15 Versión: 03 Página 1 de 1

Informe : 21D06913-038-006
Cliente : USIL Costa Verde
Contacto : -
Proyecto* : Investigación Geotécnica - Costa Verde

Ubicación* : Costa Verde - Lima, Perú

Motivo de modificación del informe : - - -

Fecha de emisión del informe : 2021-03-25
Fecha de ejecución del ensayo : 2021-03-12 - 2021-03-16
Fecha de recepción de la muestra : 2021-03-08

Lugar de ejecución del ensayo : Laboratorio Ingeotest

Datos de la Muestra y Ensayo

Muestreado por* : El cliente
Cod. de muestra Ingeotest : 21M0398
Condicion de la muestra : Alterada
Desc. visual inic. del espec. : CL Lean clay with sand
Proced. obtenc. especimen : Húmedo

Cantera* : -
Zona* : Barranco
Muestra* : M-07
Profundidad (m)* : -
Método ensayo : A

*Información proporcionada por el cliente

Granulometría por Tamizado - D6913/D6913M - 17

Tamiz	Abertura mm	Masa retenida g	% Acum. que Pasa
3 in.	75.000	0.0	100
2 in.	50.000	0.0	100
1-1/2 in.	37.500	0.0	100
1 in.	25.000	0.0	100
3/4 in.	19.000	0.0	100
3/8 in.	9.500	47.5	97
No. 4	4.750	0.3	97
No. 10	2.000	1.67	96
No. 20	0.850	1.31	95
No. 40	0.425	0.96	94
No. 60	0.250	1.69	92
No. 100	0.150	2.17	90
No. 140	0.106	1.76	88
No. 200	0.075	1.30	87

Aparato o dispersante usado : Ninguno
Ensayo realizado previamente : Ninguno
Tipo de tamizado : Compuesto

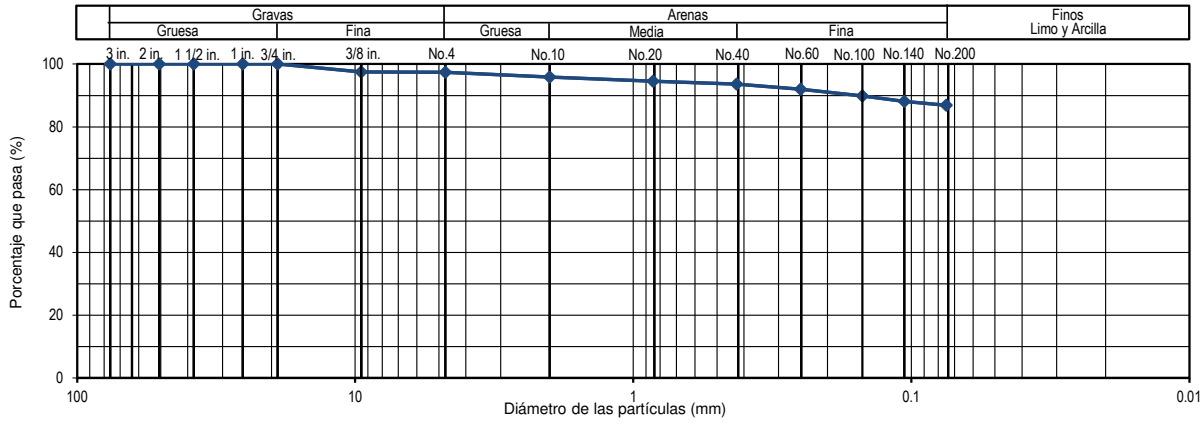
Separación de especimen	Tamiz	% Retenido
1er Fraccionamiento	N°4	3
2do Fraccionamiento	-	-

Clasificación SUCS / AASHTO ASTM D2487 - 17 (**)

SUCS CL Arcilla arenosa de mediana plasticidad
AASHTO -

Coeficiente de Uniformidad	C_u	
Coeficiente de Curvatura	C_c	
Grava	%	3
Arena	%	10
Finos	%	87

Curva Granulométrica



Realizado por: G.M.P. Autorizado por: J.C.C.

Observaciones:
- - -

Este informe de ensayo no debe reproducirse parcialmente, sin la autorización escrita del laboratorio, salvo que la reproducción sea en su totalidad.
Para realizar el ensayo se utiliza una muestra común.
Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de gestión de la calidad de la entidad que lo produce.
Este informe de ensayo es un documento oficial de interés público, su adulteración o uso indebido constituye un delito contra la fé pública y se regula por las disposiciones penales y civiles de la materia.
Los resultados obtenidos se refieren solamente a las muestras ensayadas según las condiciones como se recibieron.
El laboratorio no asume responsabilidad de la información suministrada por el cliente.

FIN DE INFORME DE ENSAYO

Jr. Los Lirios N° 530, Urb. San José, Lima 10, Perú
Telf. 719-6296
informes@ingeotest.com www.ingeotest.com

Ingeotest INGENIEROS	**Informe de Ensayo** **Standard Test Methods for Liquid Limit, Plastic Limit, and Plasticity Index of Soils** **(ASTM D4318 - 17$^{\varepsilon 1}$)**	SGC-LG-REG-29 Fecha: 2021-03-15 Versión: 00 Página 1 de 1

Informe : 21D04318-038-006
Cliente : USIL Costa Verde
Contacto : -
Proyecto* : Investigación Geotécnica - Costa Verde

Ubicación* : Costa Verde - Lima, Perú

Motivo de modificación del informe : - - -

Fecha de emisión del informe : 2021-03-25
Fecha de ejecución del ensayo : 2021-03-19 - 2021-03-20
Fecha de recepción de la muestra : 2021-03-08

Lugar de ejecución del ensayo : Laboratorio Ingeotest

Datos de la muestra y el ensayo

Muestreado por* : El cliente
Cod. de muestra Ingeotest : 21M0398
Condición de la muestra : Alterada

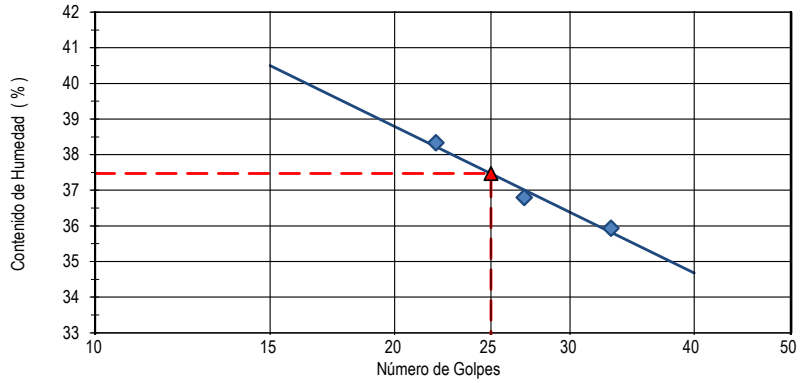
Desc. visual inic. del espec. : CL Lean clay with sand
Tamaño máximo de partícula : 3/4 in.
Proced. obtenc. especimen : húmedo

Cantera* : -
Zona* : Barranco
Muestra* : M-07
Profundidad (m)* : -

Retenido Tamiz N°40 : 6 %
Conten. de humedad Inicial : 3 %

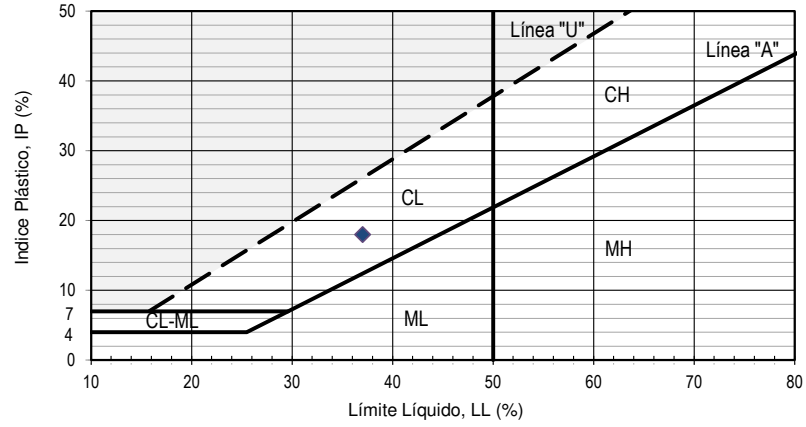
*Información proporcionada por el cliente

Diagrama de Fluidez



Método de ensayo : Multipunto
Dispositivo de límite líquido : Manual
Herramienta de ranurado : Plástico

Diagrama de Plasticidad



Tipo de enrollado : Manual

Límites de Consistencia		
Límite Líquido	(LL)	37
Límite Plástico	(LP)	19
Indice de Plasticidad	(IP)	18

Realizado por: G.M.P. Autorizado por: J.C.C.

Observaciones:

- - -

Este informe de ensayo no debe reproducirse parcialmente, sin la autorización escrita del laboratorio, salvo que la reproducción sea en su totalidad.
Para realizar el ensayo se utiliza una muestra común.
Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de gestión de la calidad de la entidad que lo produce.
Este informe de ensayo es un documento oficial de interés público, su adulteración o uso indebido constituye un delito contra la fé pública y se regula por las disposiciones penales y civiles de la materia.
Los resultados obtenidos se refieren solamente a las muestras ensayadas según las condiciones como se recibieron.
El laboratorio no asume responsabilidad de la información suministrada por el cliente.

FIN DE INFORME DE ENSAYO

Jr. Los Lirios N° 530, Urb. San José, Lima 10, Perú
Telf. 719-6296
informes@ingeotest.com www.ingeotest.com

Ingeotest INGENIEROS	**Informe de Ensayo** **Standard Test Methods for Laboratory Determination of Water (Moisture) Content of Soil and Rock by Mass (ASTM D2216 - 19)**	SGC-LG-REG-37 Fecha: 2021-03-15 Versión: 03 Página 1 de 1

Informe : 21D02216-038-006
Cliente : USIL Costa Verde
Contacto : -
Proyecto* : Investigación Geotécnica - Costa Verde

Fecha de emisión del informe : 2021-03-25
Fecha de ejecución del ensayo : 2021-03-12 - 2021-03-13
Fecha de recepción de la muestra : 2021-03-08

Ubicación* : Costa Verde - Lima, Perú
Lugar de ejecución del ensayo : Laboratorio Ingeotest

Motivo de modificación del informe : - - -

Datos de la Muestra y Ensayo

Muestreado por* : El cliente
Cod. de muestra ingeotest : 21M0398
Condicion de la muestra : Alterada
Desc. visual inic. del espec. : CL Lean clay with sand
Tamaño Máximo Visual : 3/4 in.

Cantera* : -
Zona* : Barranco
Muestra* : M-07
Profundidad (m)* : -

Clasificación SUCS : CL
Temperatura del Horno : 110 +/- 5 °C

Método de ensayo : A

*Información proporcionada por el cliente

Mediciones y Cálculos

Especimen N°		01	02	-
Recipiente N°		TZN-0132	TZN-0094	-
Masa del Recipiente	*g*	395.3	361.1	-
Masa del Recipiente + Suelo Húmedo	*g*	1,417.0	1,268.4	-
Masa del Recipiente + Suelo Seco	*g*	1,386.1	1,241.3	-
Masa del Agua	*g*	30.9	27.1	-
Masa del Suelo Seco	*g*	990.8	880.2	-
Contenido de Humedad	%	3	3	-
Promedio Contenido de Humedad	%	**3**		

Cantidad de muestra cumple con el ensayo : Si
La muestra tiene más de un tipo de material : No
Algún material fue excluído del ensayo : No

Realizado por : G.M.P. Autorizado por : J.C.C.

Observaciones:
- - -

Este informe de ensayo no debe reproducirse parcialmente, sin la autorización escrita del laboratorio, salvo que la reproducción sea en su totalidad.
Para realizar el ensayo se utiliza una muestra común.
Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de gestión de la calidad de la entidad que lo produce.
Este informe de ensayo es un documento oficial de interés público, su adulteración o uso indebido constituye un delito contra la fé pública y se regula por las disposiciones penales y civiles de la materia.
Los resultados obtenidos se refieren solamente a las muestras ensayadas según las condiciones como se recibieron.
El laboratorio no asume responsabilidad de la información suministrada por el cliente.

FIN DE INFORME DE ENSAYO

Jr. Los Lirios N° 530, Urb. San José, Lima 10, Perú
Telf. 719-6296
informes@ingeotest.com www.ingeotest.com

Ingeotest INGENIEROS	**Informe de Ensayo** **Standard Test Methods for Particle-Size Distribution (Gradation) of Soils Using Sieve Analysis** **(ASTM D6913/D6913M - 17)**	SGC-LG-REG-33 Fecha: 2021-03-15 Versión: 03 Página 1 de 1

Informe : 21D07928-038-001
Cliente : USIL Costa Verde
Contacto : Ing. Alcides Cordova
Proyecto* : Investigación Geotécnica - Costa Verde

Fecha de emisión del informe : 2021-05-18
Fecha de ejecución del ensayo : 2021-03-15 / 2021-03-18
Fecha de recepción de la muestra : 2021-03-08

Ubicación* : Costa Verde - Lima, Perú

Lugar de ejecución del ensayo : Laboratorio Ingeotest

Motivo de modificación del informe : - - -

Datos de la Muestra y Ensayo

Muestreado por* : El cliente
Cod. de muestra Ingeotest : 21M0397
Condicion de la muestra : Alterada
Desc. visual inic. del espec. : CL Lean clay with sand
Proced. obtenc. especimen : Húmedo

Cantera* : -
Calicata* : Barranco
Muestra* : M-06
Profundidad (m)* : -
Método ensayo : A

*Información proporcionada por el cliente

Granulometría por tamizado - ASTM D6913

Tamiz	Abertura mm	Masa ret. g	% Acum. que Pasa
3 in.	75.000	0.0	100
2 in.	50.000	0.0	100
1-1/2 in.	37.500	0.0	100
1 in.	25.000	0.0	100
3/4 in.	19.000	0.0	100
3/8 in.	9.500	0.0	100
No. 4	4.750	0.0	100
No. 10	2.000	1.67	98
No. 20	0.850	1.09	97
No. 40	0.425	1.53	96
No. 60	0.250	3.72	92
No. 100	0.150	6.60	85
No. 140	0.106	6.15	79
No. 200	0.075	6.11	73

Sedimentación - ASTM D7928

Tiempo	Diam. mm	Porcent. más Fino
1	0.037	50.7
2	0.028	43.5
5	0.019	37.3
10	0.013	34.7
15	0.011	32.1
30	0.008	28.5
60	0.006	26.0
120	0.004	22.9
240	0.003	21.3
480	0.002	18.7
1440	0.001	14.6

Aparato o dispersante usado : Ninguno
Ensayo realizado previamente : Ninguno
Tipo de tamizado : Simple

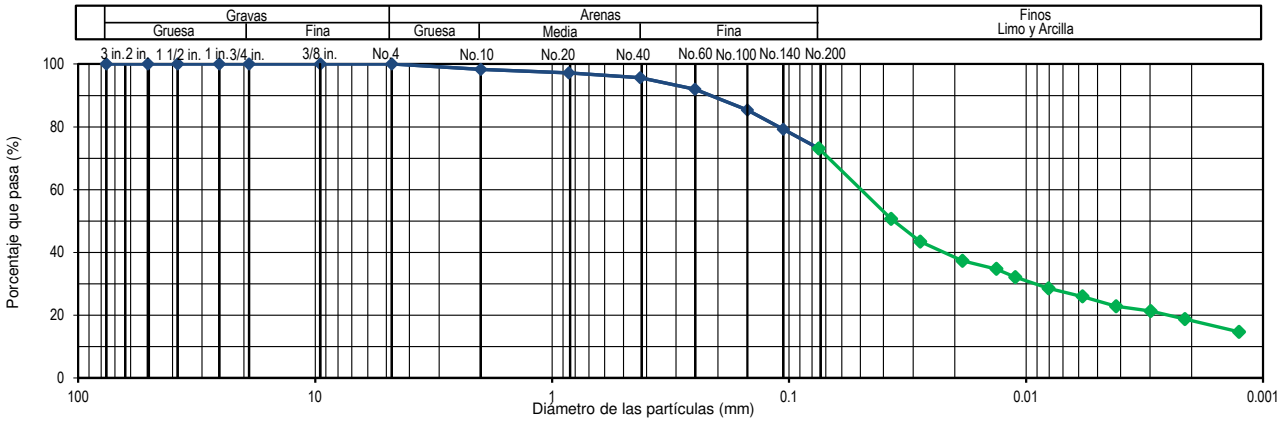
Separación de especimen	Tamiz	% Retenido
1er Fraccionamiento	-	-
2do Fraccionamiento	-	-

Clasificación SUCS / AASHTO ASTM D2487 - 17 (**)

SUCS CL Arcilla de baja plasticidad
AASHTO -

Coeficiente de Uniformidad	C_u	
Coeficiente de Curvatura	C_c	
Grava	%	-
Arena	%	27
Finos	%	73

Curva Granulométrica



Realizado por: G.M.P. Autorizado por: J.C.C.

Observaciones:
- - -

Este informe de ensayo no debe reproducirse parcialmente, sin la autorización escrita del laboratorio, salvo que la reproducción sea en su totalidad.
Para realizar el ensayo se utiliza una muestra común.
Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de gestión de la calidad de la entidad que lo produce.
Este informe de ensayo es un documento oficial de interés público, su adulteración o uso indebido constituye un delito contra la fé pública y se regula por las disposiciones penales y civiles de la materia.
Los resultados obtenidos se refieren solamente a las muestras ensayadas según las condiciones como se recibieron.
El laboratorio no asume responsabilidad de la información suministrada por el cliente.

FIN DE INFORME DE ENSAYO

Ingeotest INGENIEROS	**Informe de Ensayo** **Standard Test Methods for Liquid Limit, Plastic Limit, and Plasticity Index of Soils** **(ASTM D4318 - 17$^{\varepsilon 1}$)**	SGC-LG-REG-29 Fecha: 2021-03-15 Versión: 00 Página 1 de 1

Informe : 21D04318-000-000
Cliente : USIL Costa Verde
Contacto : Ing. Alcides Cordova
Proyecto* : Investigación Geotécnica - Costa Verde

Fecha de emisión del informe : 2021-05-18
Fecha de ejecución del ensayo : 2021-03-15 - 2021-03-17
Fecha de recepción de la muestra : 2021-03-08

Ubicación* : Costa Verde - Lima, Perú
Lugar de ejecución del ensayo : Laboratorio Ingeotest

Motivo de modificación del informe : - - -

Datos de la muestra y el ensayo

Muestreado por* : El cliente
Cod. de muestra Ingeotest : 21M0397
Condición de la muestra : Alterada

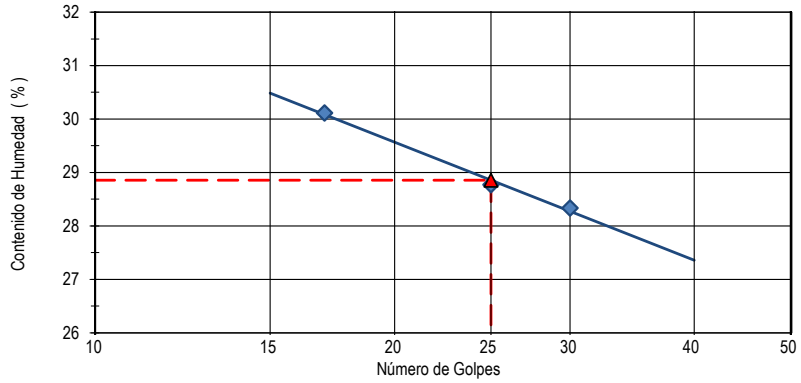
Desc. visual inic. del espec. : CL Lean clay with sand
Tamaño máximo de partícula : No. 4
Proced. obtenc. especimen : húmedo

Cantera* : -
Calicata* : Barranco
Muestra* : M-06
Profundidad (m)* : -

Retenido Tamiz N°40 : 4 %
Conten. de humedad Inicial : 2 %

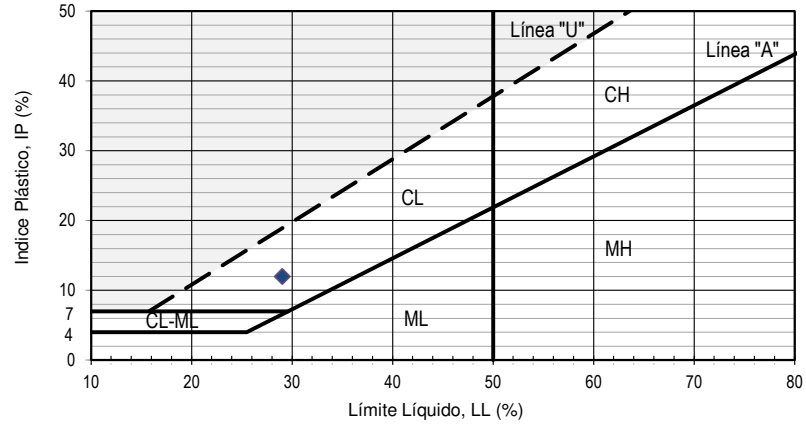
*Información proporcionada por el cliente

Diagrama de Fluidez



Método de ensayo : Multipunto
Dispositivo de límite líquido : Manual
Herramienta de ranurado : Plástico

Diagrama de Plasticidad



Tipo de enrollado : Manual

Límites de Consistencia		
Límite Líquido	(LL)	29
Límite Plástico	(LP)	17
Indice de Plasticidad	(IP)	12

Realizado por: G.M.P. Autorizado por: J.C.C.

Observaciones:

- - -

Este informe de ensayo no debe reproducirse parcialmente, sin la autorización escrita del laboratorio, salvo que la reproducción sea en su totalidad.
Para realizar el ensayo se utiliza una muestra común.
Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de gestión de la calidad de la entidad que lo produce.
Este informe de ensayo es un documento oficial de interés público, su adulteración o uso indebido constituye un delito contra la fé pública y se regula por las disposiciones penales y civiles de la materia.
Los resultados obtenidos se refieren solamente a las muestras ensayadas según las condiciones como se recibieron.
El laboratorio no asume responsabilidad de la información suministrada por el cliente.

FIN DE INFORME DE ENSAYO

Jr. Los Lirios N° 530, Urb. San José, Lima 10, Perú
Telf. 719-6296
informes@ingeotest.com www.ingeotest.com

Ingeotest INGENIEROS	**Informe de Ensayo** **Standard Test Methods for Laboratory Determination of Water (Moisture) Content of Soil and Rock by Mass (ASTM D2216 - 19)**	SGC-LG-REG-37 Fecha: 2021-03-15 Versión: 03 Página 1 de 1

Informe : 21D02216-038-001
Cliente : USIL Costa Verde
Contacto : Ing. Alcides Cordova
Proyecto* : Investigación Geotécnica - Costa Verde

Fecha de emisión del informe : 2021-05-18
Fecha de ejecución del ensayo : 2021-03-15 / 2021-03-16
Fecha de recepción de la muestra : 2021-03-08

Ubicación* : Costa Verde - Lima, Perú
Lugar de ejecución del ensayo : Laboratorio Ingeotest

Motivo de modificación del informe : - - -

Datos de la Muestra y Ensayo

Muestreado por* : El cliente
Cod. de muestra ingeotest : 21M0397
Condicion de la muestra : Alterada
Desc. visual inic. del espec. : CL Lean clay with sand
Tamaño Máximo Visual : No. 4

Cantera* : -
Calicata* : Barranco
Muestra* : M-06
Profundidad (m)* : -

Clasificación SUCS : CL
Temperatura del Horno : 110 + 5 °C

Método de ensayo : A

*Información proporcionada por el cliente

Mediciones y Cálculos

Especimen N°		01	02	-
Recipiente N°		TZN-0025	TAR-0201	-
Masa del Recipiente	*g*	90.2	86.5	-
Masa del Recipiente + Suelo Húmedo	*g*	331.3	293.4	-
Masa del Recipiente + Suelo Seco	*g*	325.7	288.5	-
Masa del Agua	*g*	5.6	4.9	-
Masa del Suelo Seco	*g*	235.5	202.0	-
Contenido de Humedad	%	2	2	-
Promedio Contenido de Humedad	%	**2**		

Cantidad de muestra cumple con el ensayo : Si
La muestra tiene más de un tipo de material : No
Algún material fue excluído del ensayo : No

Realizado por : G.M.P. Autorizado por : J.C.C.

Observaciones:
- - -

Este informe de ensayo no debe reproducirse parcialmente, sin la autorización escrita del laboratorio, salvo que la reproducción sea en su totalidad.
Para realizar el ensayo se utiliza una muestra común.
Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de gestión de la calidad de la entidad que lo produce.
Este informe de ensayo es un documento oficial de interés público, su adulteración o uso indebido constituye un delito contra la fé pública y se regula por las disposiciones penales y civiles de la materia.
Los resultados obtenidos se refieren solamente a las muestras ensayadas según las condiciones como se recibieron.
El laboratorio no asume responsabilidad de la información suministrada por el cliente.

FIN DE INFORME DE ENSAYO

Jr. Los Lirios N° 530, Urb. San José, Lima 10, Perú
Telf. 719-6296
informes@ingeotest.com www.ingeotest.com

Ingeotest INGENIEROS	**Informe de Ensayo** **Ensayo de Densidad (Peso Unitario) del Suelo** **(ASTM D7263)**	SGC-LG-REG-67 Fecha 2021-03-18 Versión 01 Página 1 de 1

Informe	21D07263-038-001	Fecha	2021-05-18
Solicitante	USIL Costa Verde		
Proyecto	Investigación Geotécnica - Costa Verde		
Ubicación	Costa Verde - Lima, Perú		

Detalle del Ensayo

Densidad de la parafina 0.87 gr/cm^3

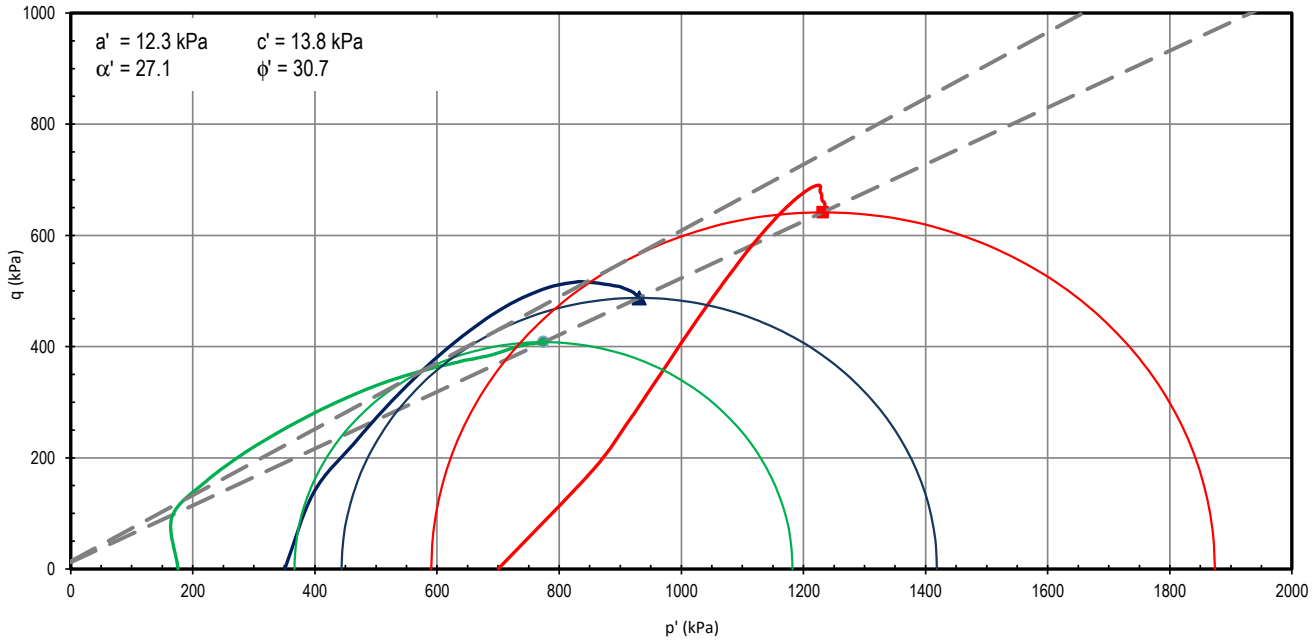
Resultados del Ensayo

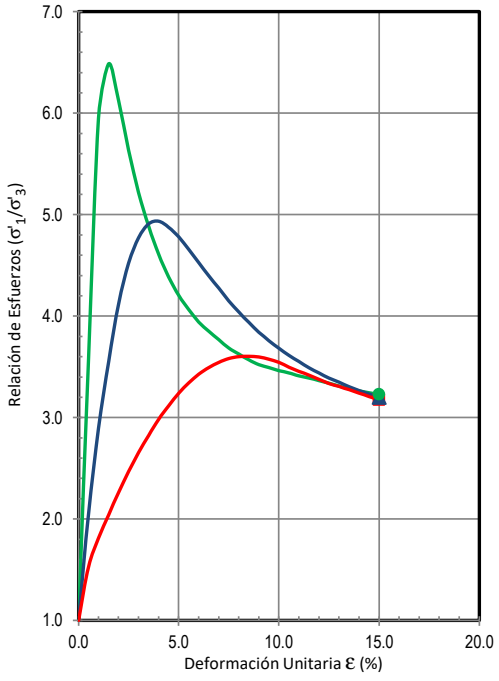
Item	Muestra	Descripción	Profundidad	Densidad Aparente	Contenido de Humedad	Densidad Seca
			m	*gr/cm3*	*%*	gr/cm^3
1	M-06	CL (Ver Certificado 21D07928-038-001)	-	2.028	4.00	1.950

Observaciones:

Ingeotest INGENIEROS	**Informe de Ensayo** **Ensayo de Compresión Triaxial** **Consolidado - No Drenado (CU)** **(ASTM D4767)**	SGC-LG-REG-63 Fecha 2021-03-18 Versión: 01 Página 1 de 5

Informe	21D04767-038-001	Fecha	2021-05-18
Solicitante	USIL Costa Verde	Zona	Barranco
Proyecto	Investigación Geotécnica - Costa Verde	Muestra	M-06
Ubicación	Costa Verde - Lima, Perú	Prof. (m)	-





Simbolo			●	▲	■
Ensayo N°			01	02	03
Muestra			Remoldeado		
Inicio	Diámetro	*mm*	35.0	35.0	35.0
	Altura	*mm*	75.0	75.0	75.0
	Contenido de humedad	%	4.0	4.0	4.0
	Densidad Seca	*N/m* ^{3}	19,123	19,123	19,123
	Saturación	%	27.9	27.9	27.9
	Relación de vacios		0.385	0.385	0.385
Antes del Corte	Contenido de humedad	%	13.7	13.9	13.6
	Densidad Seca	*N/m* ^{3}	19,321	19,263	19,360
	Saturación	%	100.0	100.0	100.0
	Relación de vacios		0.370	0.370	0.370
Esfuerzo Efectivo Vertical Consolid.		*kPa*	173.2	349.3	699.3
Esfuerzo Cortante		*kPa*	408.0	487.6	641.7
Deformación en la Falla		%	15.0	15.0	15.0
Velocidad de Deformación		*mm/min*	0.075		
Gravedad Especifica Estimada			2.70		
Límite Liquido		%	29		
Límite Plástico		%	17		
Valor B			0.95	0.95	0.95

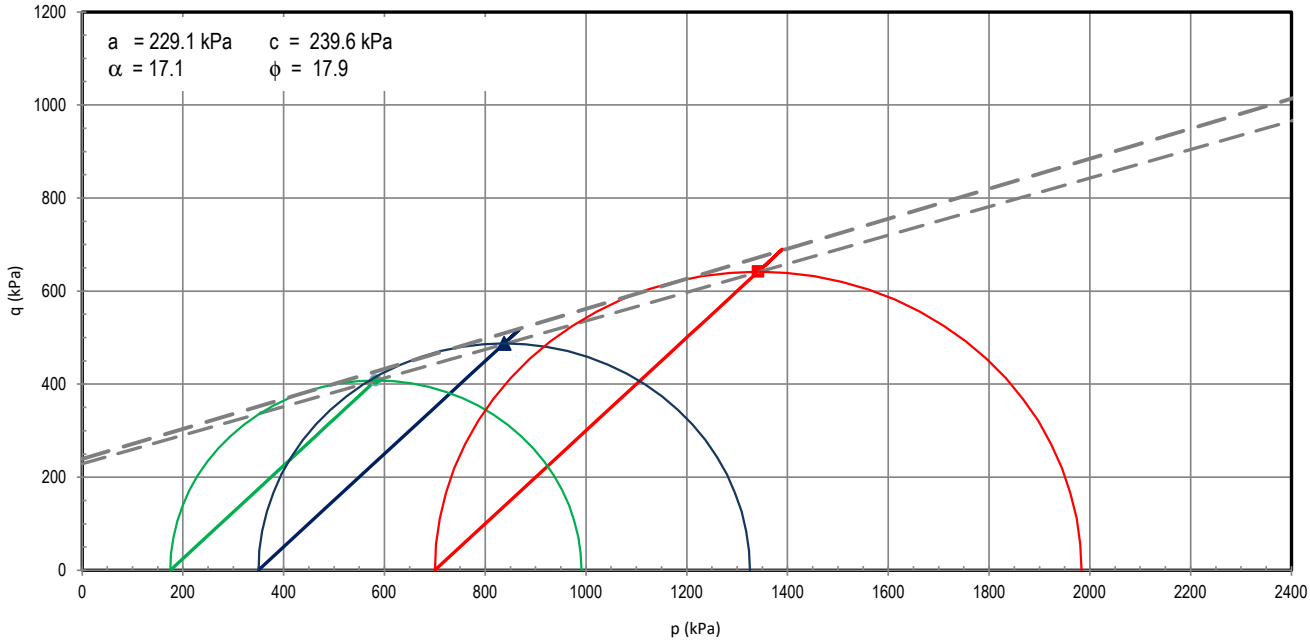
Observaciones:

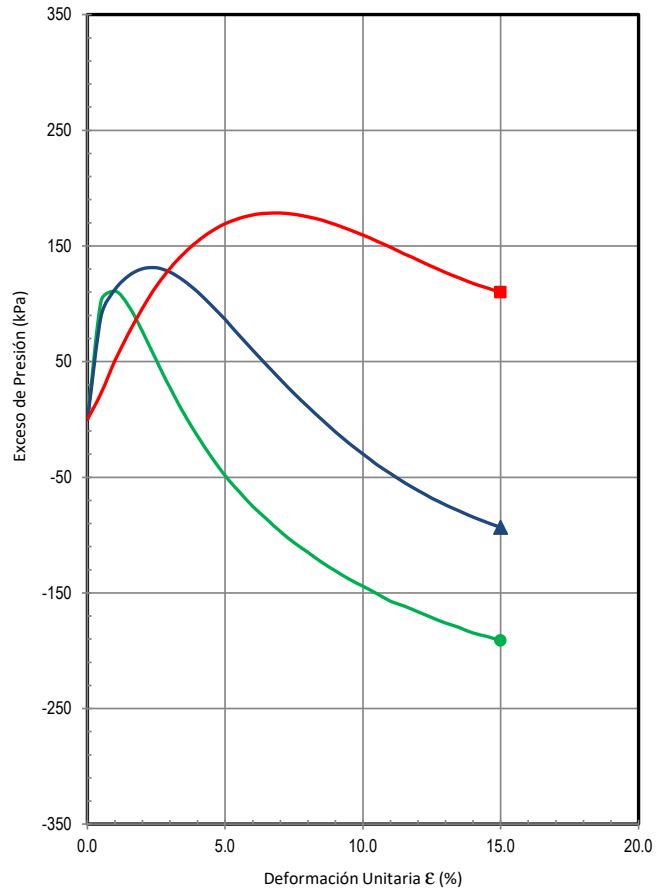
Los parámetros de resistencia del suelo del presente informe, podrán ser reinterpretados en caso de ser considerado pertinente por un profesional especialista en geotecnia.

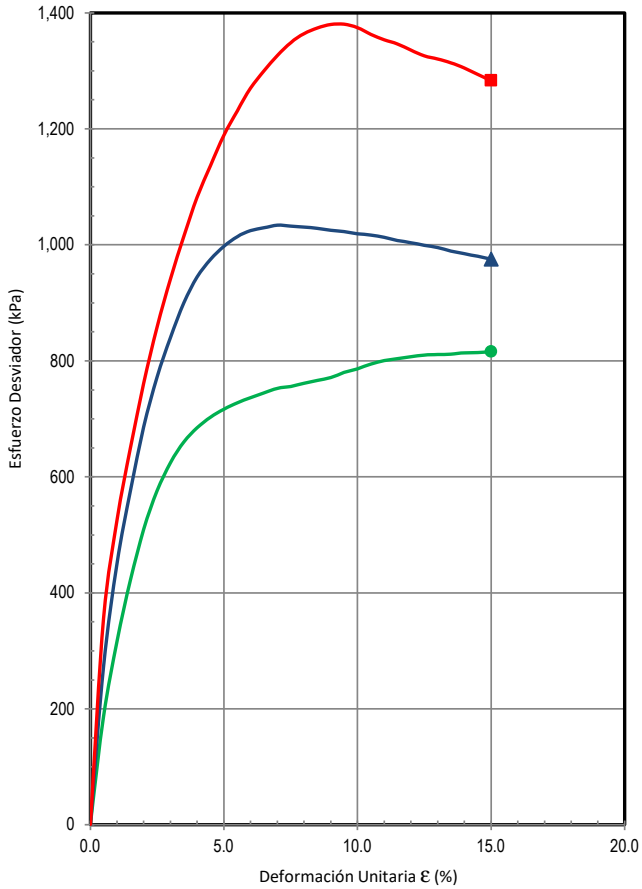
Densidad Seca = 1.95 gr/cm3 y Contenido de Humedad = 4.0 %, datos de remoldeo obtenidos del ensayo volumetrico del informe 21D07263-038-001.

Fotos

Informe	21D04767-038-001	Fecha	2021-05-18
Solicitante	USIL Costa Verde	Zona	Barranco
Proyecto	Investigación Geotécnica - Costa Verde	Muestra	M-06
Ubicación	Costa Verde - Lima, Perú	Prof. (m)	-







Informe	21D04767-038-001	Fecha	2021-05-18
Solicitante	USIL Costa Verde	Zona	Barranco
Proyecto	Investigación Geotécnica - Costa Verde	Muestra	M-06
Ubicación	Costa Verde - Lima, Perú	Prof. (m)	-

ESPECIMEN N° 01 - 175 kPa

Vertical Strain	Deviator Stress	Pore Pressure	Total Vertical Stress	Total Horizontal Stress	Efective Vertical Stress	Efective Horizontal Stress	Excess Pore Pressure	Effective p	q
%	kPa	kPa	kPa	kPa	kPa	kPa	kPa	kPa	Kpa
0.0	1.7	985.07	1161.7	1160.0	176.6	174.9	0.0	175.8	0.9
0.5	187.0	1087.63	1347.0	1160.0	259.4	72.4	102.6	165.9	93.5
1.0	316.6	1096.06	1476.6	1160.0	380.5	63.9	111.0	222.2	158.3
1.5	422.2	1083.06	1582.2	1160.0	499.1	76.9	98.0	288.0	211.1
2.0	509.1	1060.59	1669.1	1160.0	608.5	99.4	75.5	354.0	254.6
2.5	575.6	1035.82	1735.6	1160.0	699.7	124.2	50.7	412.0	287.8
3.0	624.3	1012.02	1784.3	1160.0	772.2	148.0	27.0	460.1	312.1
3.5	660.4	989.90	1820.4	1160.0	830.5	170.1	4.8	500.3	330.2
4.0	684.2	970.38	1844.2	1160.0	873.8	189.6	-14.7	531.7	342.1
4.5	702.9	952.43	1862.9	1160.0	910.5	207.6	-32.6	559.0	351.5
5.0	716.6	936.22	1876.6	1160.0	940.4	223.8	-48.9	582.1	358.3
5.5	727.7	922.55	1887.7	1160.0	965.2	237.4	-62.5	601.3	363.9
6.0	736.3	909.70	1896.3	1160.0	986.6	250.3	-75.4	618.4	368.1
6.5	744.5	898.75	1904.5	1160.0	1005.8	261.3	-86.3	633.5	372.3
7.0	752.6	887.98	1912.6	1160.0	1024.6	272.0	-97.1	648.3	376.3
7.5	755.9	878.31	1915.9	1160.0	1037.6	281.7	-106.8	659.6	378.0
8.0	761.2	869.97	1921.2	1160.0	1051.3	290.0	-115.1	670.6	380.6
8.5	766.3	861.58	1926.3	1160.0	1064.7	298.4	-123.5	681.6	383.1
9.0	771.1	853.93	1931.1	1160.0	1077.2	306.1	-131.1	691.6	385.6
9.5	779.9	846.92	1939.9	1160.0	1092.9	313.1	-138.1	703.0	389.9
10.0	786.3	840.66	1946.3	1160.0	1105.6	319.3	-144.4	712.5	393.1
10.5	794.4	834.41	1954.4	1160.0	1120.0	325.6	-150.7	722.8	397.2
11.0	800.2	827.81	1960.2	1160.0	1132.4	332.2	-157.3	732.3	400.1
11.5	803.7	823.52	1963.7	1160.0	1140.2	336.5	-161.5	738.3	401.9
12.0	807.0	818.54	1967.0	1160.0	1148.4	341.5	-166.5	744.9	403.5
12.5	810.0	813.62	1970.0	1160.0	1156.4	346.4	-171.4	751.4	405.0
13.0	810.8	808.93	1970.7	1159.9	1161.8	351.0	-176.1	756.4	405.4
13.5	811.5	804.94	1971.5	1160.0	1166.6	355.1	-180.1	760.8	405.8
14.0	813.9	800.25	1973.9	1160.0	1173.6	359.8	-184.8	766.7	406.9
14.5	814.1	797.23	1974.1	1160.0	1176.8	362.8	-187.8	769.8	407.0
15.0	816.0	793.71	1976.0	1160.0	1182.2	366.3	-191.4	774.3	408.0

Informe	21D04767-038-001	Fecha	2021-05-18
Solicitante	USIL Costa Verde	Zona	Barranco
Proyecto	Investigación Geotécnica - Costa Verde	Muestra	M-06
Ubicación	Costa Verde - Lima, Perú	Prof. (m)	-

ESPECIMEN N° 02 - 350 kPa

Vertical Strain	Deviator Stress	Pore Pressure	Total Vertical Stress	Total Horizontal Stress	Efective Vertical Stress	Efective Horizontal Stress	Excess Pore Pressure	Effective p	q
%	kPa	kPa	kPa	kPa	kPa	kPa	kPa	kPa	Kpa
0.0	0.7	1004.9	1355.7	1355.0	350.8	350.1	0.0	350.5	0.4
0.5	273.2	1094.4	1628.1	1354.9	533.7	260.5	89.5	397.1	136.6
1.0	450.5	1117.1	1805.5	1355.0	688.5	237.9	112.2	463.2	225.3
1.5	576.5	1129.1	1931.5	1355.0	802.4	225.9	124.2	514.1	288.2
2.0	685.6	1135.2	2040.6	1355.0	905.4	219.8	130.3	562.6	342.8
2.5	771.6	1135.9	2126.6	1355.0	990.7	219.1	131.0	604.9	385.8
3.0	840.4	1132.2	2195.4	1355.0	1063.2	222.8	127.3	643.0	420.2
3.5	900.0	1124.7	2255.0	1355.0	1130.3	230.3	119.8	680.3	450.0
4.0	944.3	1114.9	2299.3	1355.0	1184.4	240.1	110.0	712.2	472.2
4.5	975.0	1103.4	2330.0	1355.0	1226.5	251.6	98.5	739.0	487.5
5.0	997.3	1091.1	2352.3	1355.0	1261.3	263.9	86.2	762.6	498.7
5.5	1014.2	1077.6	2369.2	1355.0	1291.7	277.4	72.7	784.6	507.1
6.0	1024.3	1064.7	2379.3	1355.0	1314.7	290.3	59.8	802.5	512.2
6.5	1029.2	1051.9	2384.2	1355.0	1332.3	303.1	47.0	817.7	514.6
7.0	1033.8	1039.5	2388.8	1355.0	1349.4	315.5	34.6	832.5	516.9
7.5	1032.2	1027.3	2387.2	1355.0	1359.9	327.7	22.4	843.8	516.1
8.0	1030.4	1015.8	2385.4	1355.0	1369.6	339.2	10.9	854.4	515.2
8.5	1028.4	1004.8	2383.4	1355.0	1378.6	350.2	-0.1	864.4	514.2
9.0	1025.1	994.1	2380.1	1355.0	1386.0	360.9	-10.8	873.4	512.5
9.5	1022.7	984.2	2377.7	1355.0	1393.5	370.8	-20.7	882.2	511.3
10.0	1019.1	974.8	2374.1	1355.0	1399.4	380.2	-30.1	889.8	509.6
10.5	1016.6	965.9	2371.6	1355.0	1405.7	389.1	-39.0	897.4	508.3
11.0	1012.8	957.9	2367.8	1355.0	1409.9	397.1	-47.0	903.5	506.4
11.5	1007.6	950.2	2362.6	1355.0	1412.4	404.8	-54.7	908.6	503.8
12.0	1003.6	943.3	2358.6	1355.0	1415.3	411.7	-61.6	913.5	501.8
12.5	999.3	936.8	2354.3	1355.0	1417.5	418.2	-68.1	917.8	499.6
13.0	994.9	931.0	2349.9	1355.0	1419.0	424.0	-73.9	921.5	497.5
13.5	989.4	925.6	2344.4	1355.0	1418.8	429.4	-79.3	924.1	494.7
14.0	984.8	920.4	2339.8	1355.0	1419.4	434.6	-84.5	927.0	492.4
14.5	980.1	915.8	2335.1	1355.0	1419.3	439.2	-89.1	929.2	490.0
15.0	975.2	911.5	2330.2	1355.0	1418.7	443.5	-93.4	931.1	487.6

Informe	21D04767-038-001	Fecha	2021-05-18
Solicitante	USIL Costa Verde	Zona	Barranco
Proyecto	Investigación Geotécnica - Costa Verde	Muestra	M-06
Ubicación	Costa Verde - Lima, Perú	Prof. (m)	-

ESPECIMEN N° 03 - 700 kPa

Vertical Strain	Deviator Stress	Pore Pressure	Total Vertical Stress	Total Horizontal Stress	Efective Vertical Stress	Efective Horizontal Stress	Excess Pore Pressure	Effective p	q
%	kPa	kPa	kPa	kPa	kPa	kPa	kPa	kPa	Kpa
0.0	0.7	635.0	1335.7	1335.0	700.7	700.0	0.0	700.4	0.4
0.5	356.8	657.9	1691.7	1334.9	1033.9	677.0	22.9	855.5	178.4
1.0	525.3	685.9	1860.3	1335.0	1174.4	649.2	50.9	911.8	262.6
1.5	650.3	709.6	1985.3	1335.0	1275.7	625.4	74.6	950.5	325.1
2.0	760.6	731.5	2095.6	1335.0	1364.1	603.5	96.5	983.8	380.3
2.5	858.0	750.3	2193.0	1335.0	1442.7	584.7	115.3	1013.7	429.0
3.0	941.3	765.7	2276.3	1335.0	1510.6	569.3	130.7	1039.9	470.6
3.5	1014.9	778.6	2349.9	1335.0	1571.3	556.4	143.6	1063.9	507.5
4.0	1081.7	789.2	2416.7	1335.0	1627.5	545.8	154.2	1086.7	540.9
4.5	1136.6	797.6	2471.6	1335.0	1674.0	537.4	162.6	1105.7	568.3
5.0	1189.0	804.2	2524.0	1335.0	1719.8	530.8	169.2	1125.3	594.5
5.5	1231.1	808.8	2566.1	1335.0	1757.3	526.2	173.8	1141.8	615.6
6.0	1269.8	811.8	2604.8	1335.0	1793.0	523.2	176.8	1158.1	634.9
6.5	1299.8	813.3	2634.8	1335.0	1821.5	521.7	178.3	1171.6	649.9
7.0	1326.5	813.4	2661.5	1335.0	1848.1	521.6	178.4	1184.8	663.3
7.5	1348.7	812.4	2683.7	1335.0	1871.4	522.7	177.4	1197.0	674.4
8.0	1364.0	810.2	2699.0	1335.0	1888.8	524.8	175.2	1206.8	682.0
8.5	1373.9	807.2	2708.9	1335.0	1901.7	527.8	172.2	1214.7	687.0
9.0	1379.7	803.4	2714.7	1335.0	1911.3	531.6	168.4	1221.5	689.9
9.5	1380.3	799.0	2715.3	1335.0	1916.3	536.0	164.0	1226.2	690.2
10.0	1374.6	794.4	2709.6	1335.0	1915.3	540.7	159.4	1228.0	687.3
10.5	1362.9	789.1	2697.9	1335.0	1908.8	545.9	154.1	1227.3	681.5
11.0	1353.5	783.7	2688.5	1335.0	1904.8	551.3	148.7	1228.1	676.8
11.5	1346.3	778.1	2681.3	1335.0	1903.2	556.9	143.1	1230.0	673.2
12.0	1335.5	772.8	2670.5	1335.0	1897.7	562.2	137.8	1230.0	667.8
12.5	1325.8	767.2	2660.8	1335.0	1893.6	567.8	132.2	1230.7	662.9
13.0	1320.5	762.1	2655.5	1335.0	1893.5	573.0	127.1	1233.2	660.3
13.5	1313.9	757.2	2648.9	1335.0	1891.7	577.8	122.2	1234.8	657.0
14.0	1304.9	752.6	2639.9	1335.0	1887.3	582.4	117.6	1234.8	652.5
14.5	1293.7	748.5	2628.7	1335.0	1880.2	586.5	113.5	1233.3	646.9
15.0	1283.4	744.7	2618.4	1335.0	1873.7	590.3	109.7	1232.0	641.7

Anexo G Registro fotográfico

Anexo G. Registro fotográfico

A continuación, se muestra el registro fotográfico de la zona de estudio y su entorno urbano.

Figura 1. Vista de la Playa los Pavos, frente al Sector 1.

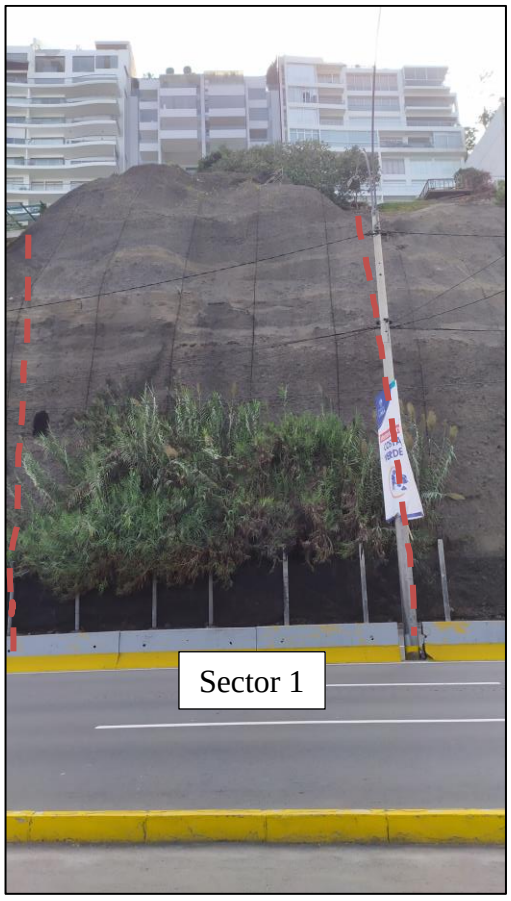


Figura 2. Vista del Sector 1.

Figura 3. Vista del Sector 2.

Figura 4. Vista del Sector 1 y 2.

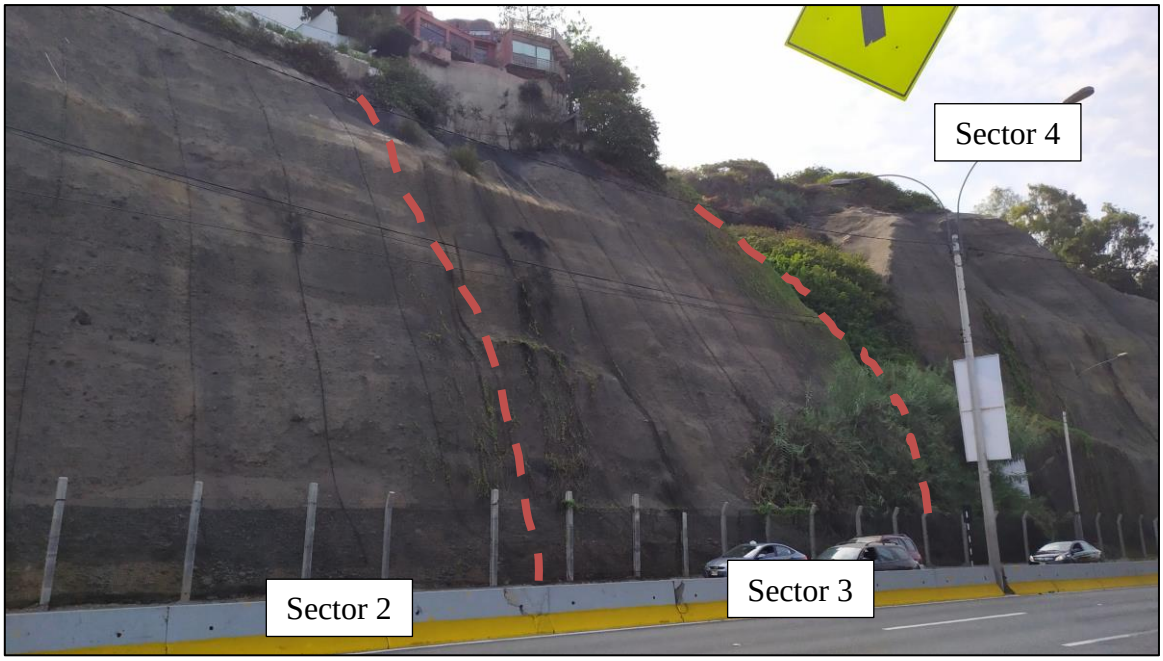


Figura 5. Vista de los Sectores 2, 3 y 4.

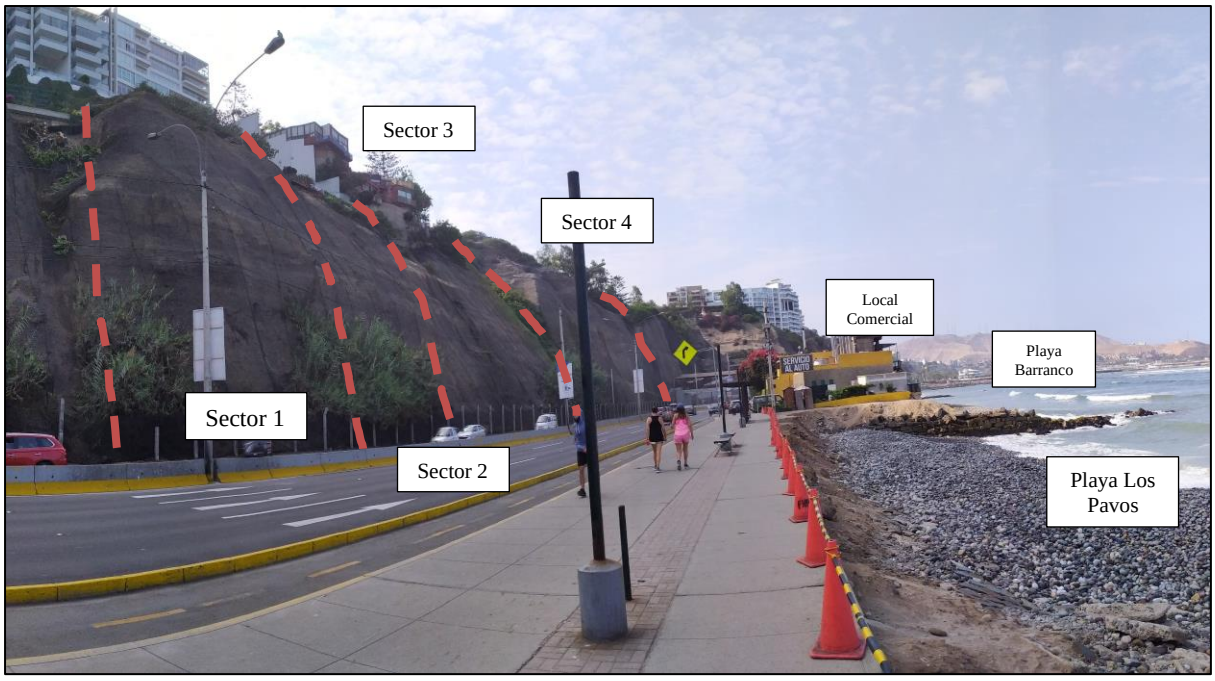


Figura 6. Vista de los Sectores 1, 2, 3 y 4. Además se muestra la zona de playas y el local comercial.

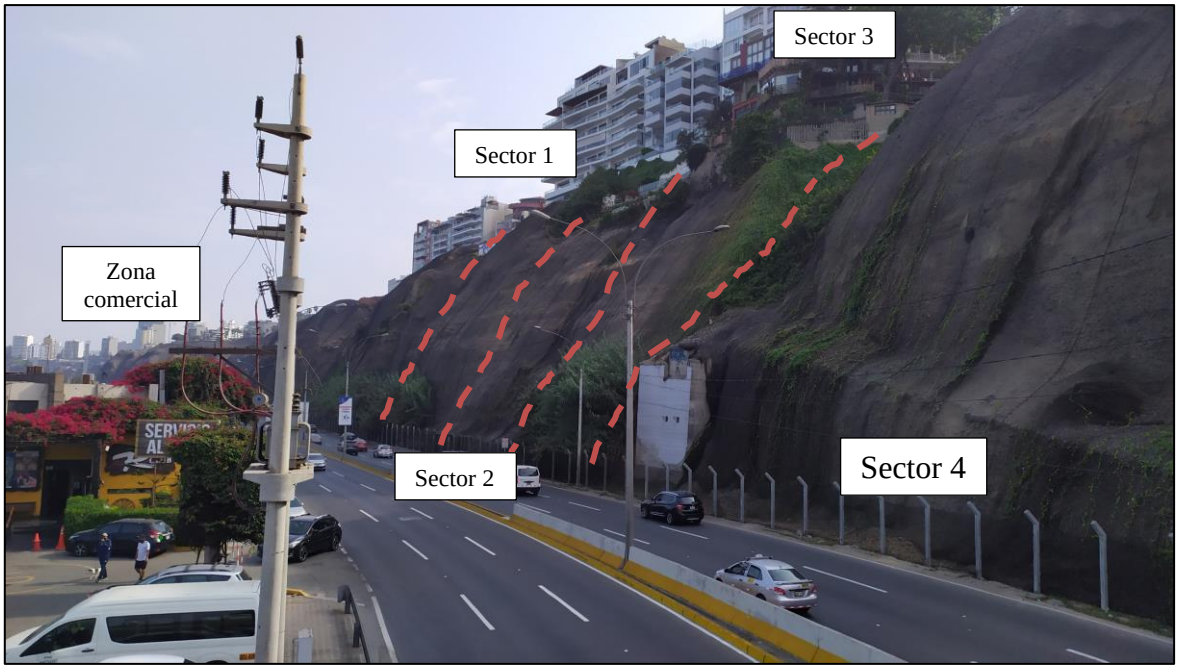


Figura 7. Vista del Sector 1, 2, 3 y 4, así como, de la zona comercial

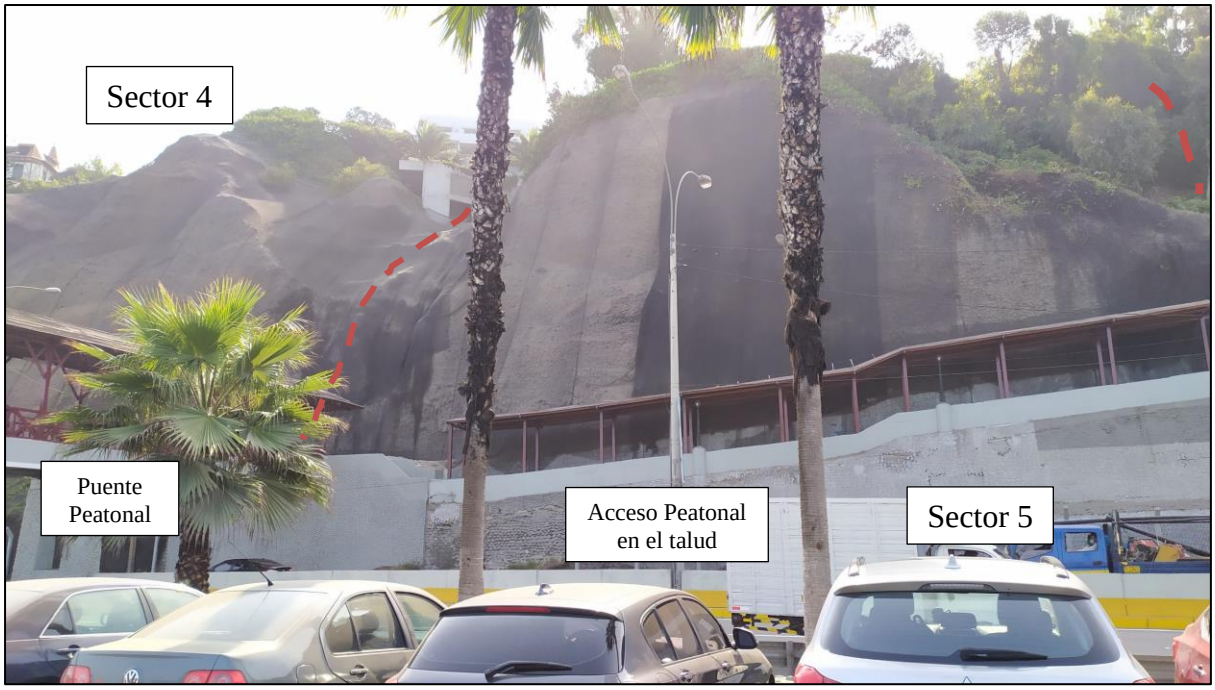


Figura 8. Vista del Sector 4 y 5. Se muestra además el acceso peatonal en el talud que conecta con la Bajada de Baños, continúa por el puente peatonal que conecta a la zona de playas.

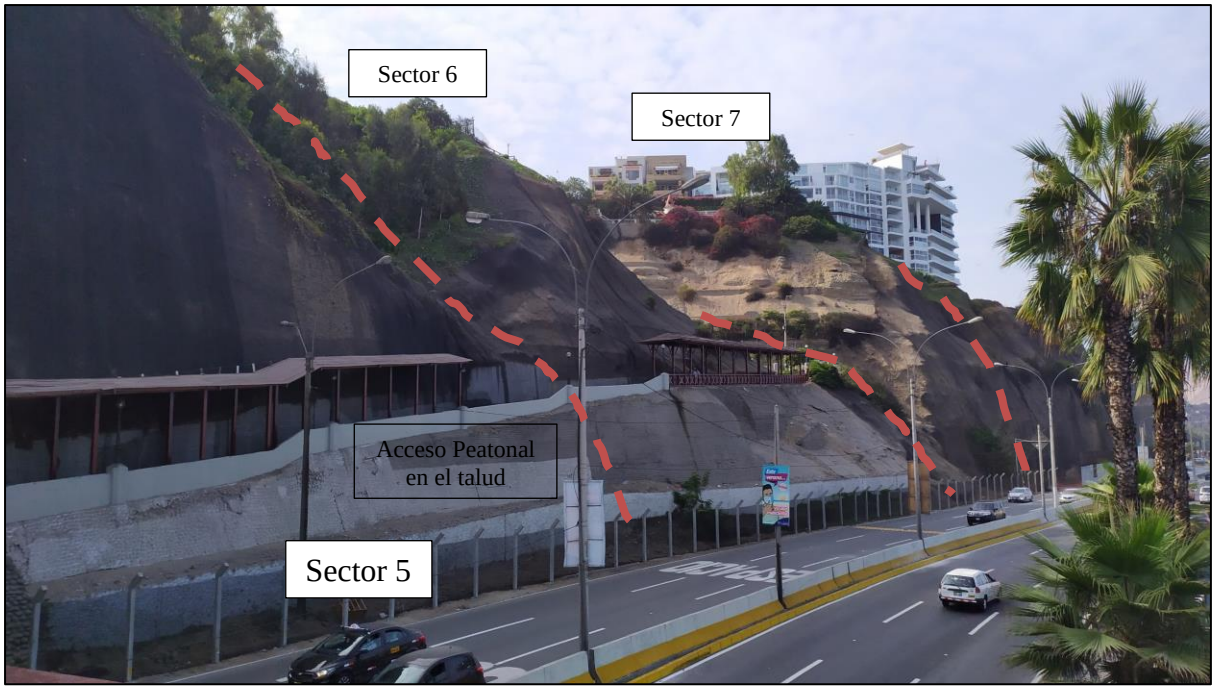


Figura 9. Vista de los Sectores 5, 6 y 7. Además, se observa el acceso peatonal en el talud que conecta la Bajada de Baños con la zona de playas.

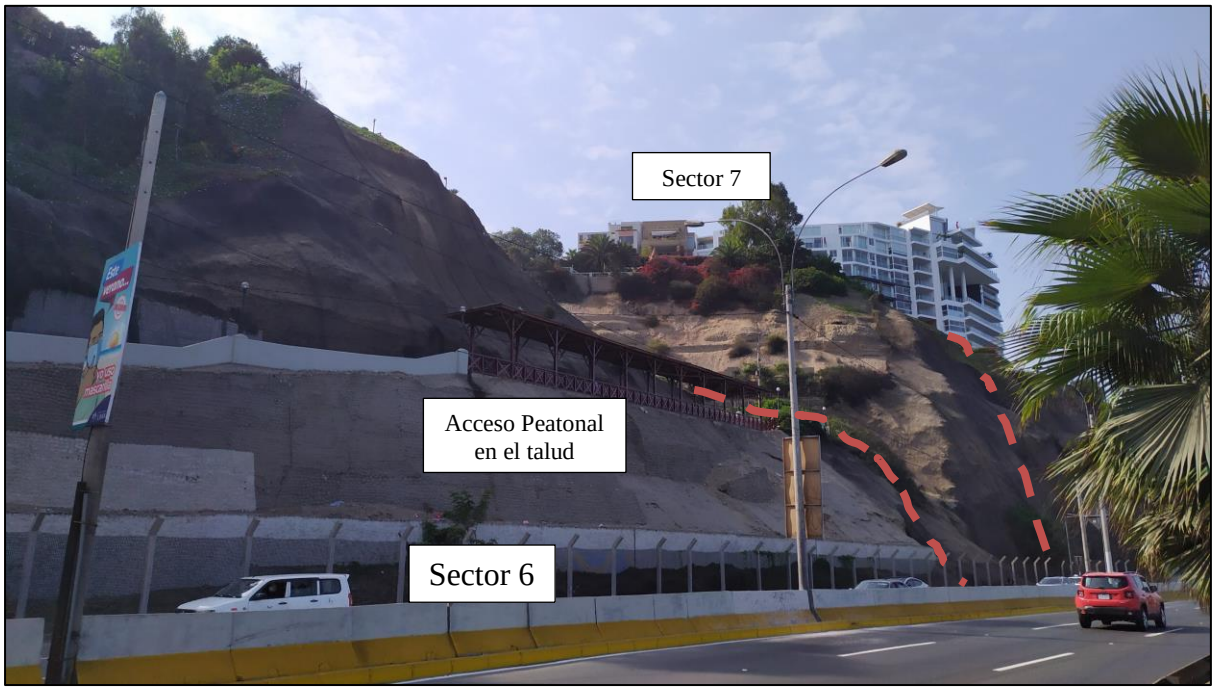


Figura 10. Vista de los Sectores 6 y 7. Además, se muestra el acceso peatonal en el talud que conecta con la Bajada de Baños.

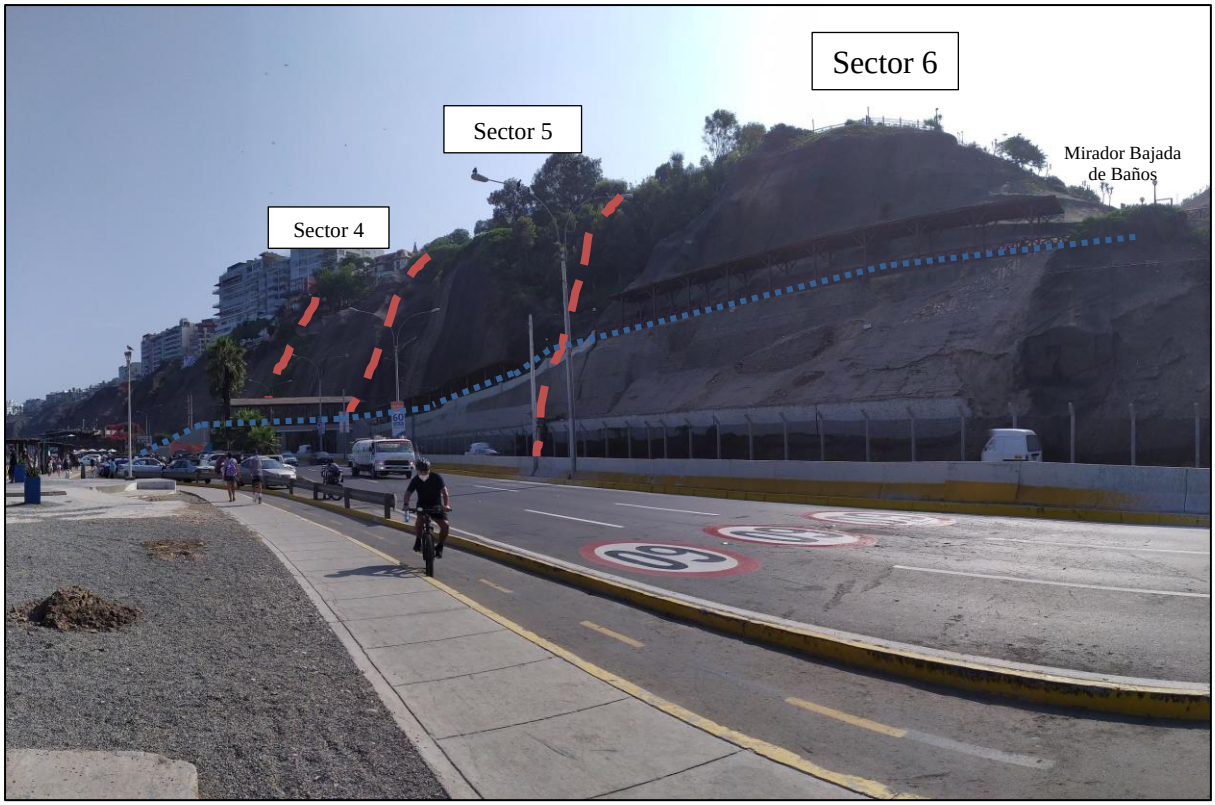


Figura 11. Vista del Sector 4, 5 y 6. Además se muestra el recorrido peatonal en el talud de la Bajada de Baños con la zona de playas.

Figura 12. Vista de la Playa Barranco, correspondiente a los Sectores del 2 al 6.

Figura 13. Vista de la Playa Barranco, correspondiente a los Sectores 7 y 8.

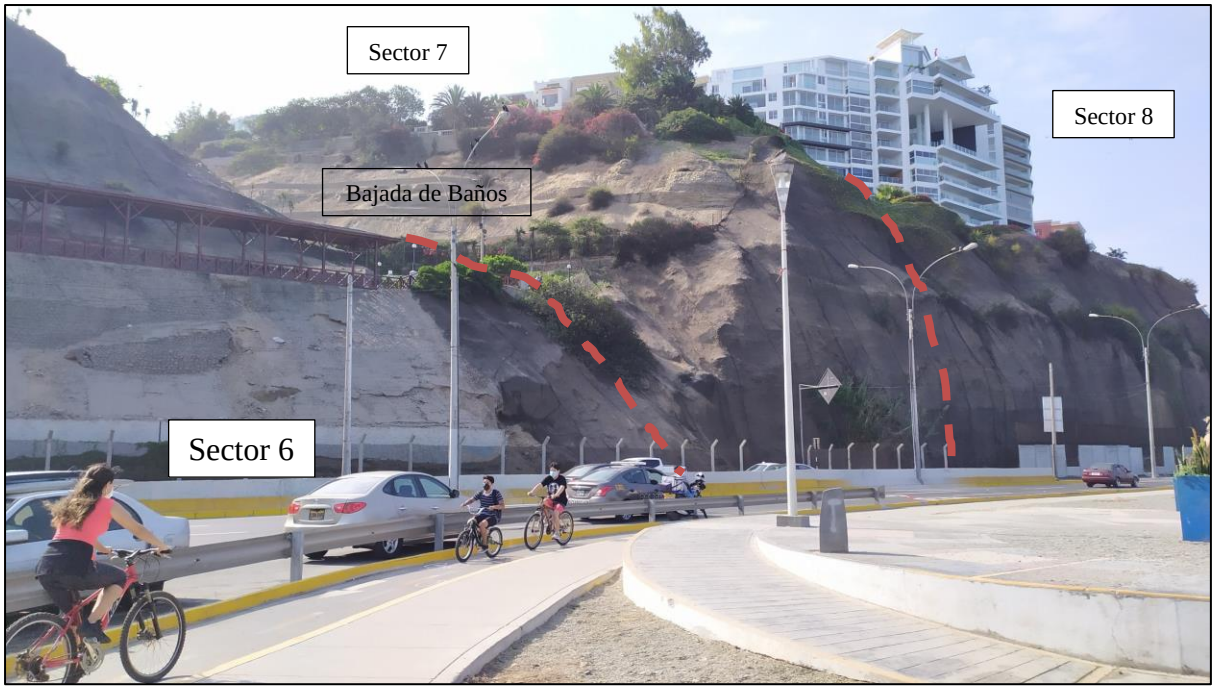


Figura 14. Vista de los Sectores 6, 7 y 8. Entre el Sector 6 y 7 se ubica el acceso peatonal Bajada de Baños.

Figura 15. Vista del Sector 6, desde el mirador de la Bajada de Baños.

Figura 16. Vista del acceso peatonal de la Bajada de Baños, desarrollo de locales comerciales. Vista desde el mirador entre los Sectores 6 y 7.

Figura 17. Vista del Sector 7, desde el mirador de la Bajada de Baños.

Figura 18. Vista del estado del acceso peatonal en el talud que conecta la Bajada de Baños con la zona de playas.

Figura 19. Vista del estado de la cobertura del acceso peatonal en el Sector 5.

Figura 20. Vista del Sector 8.

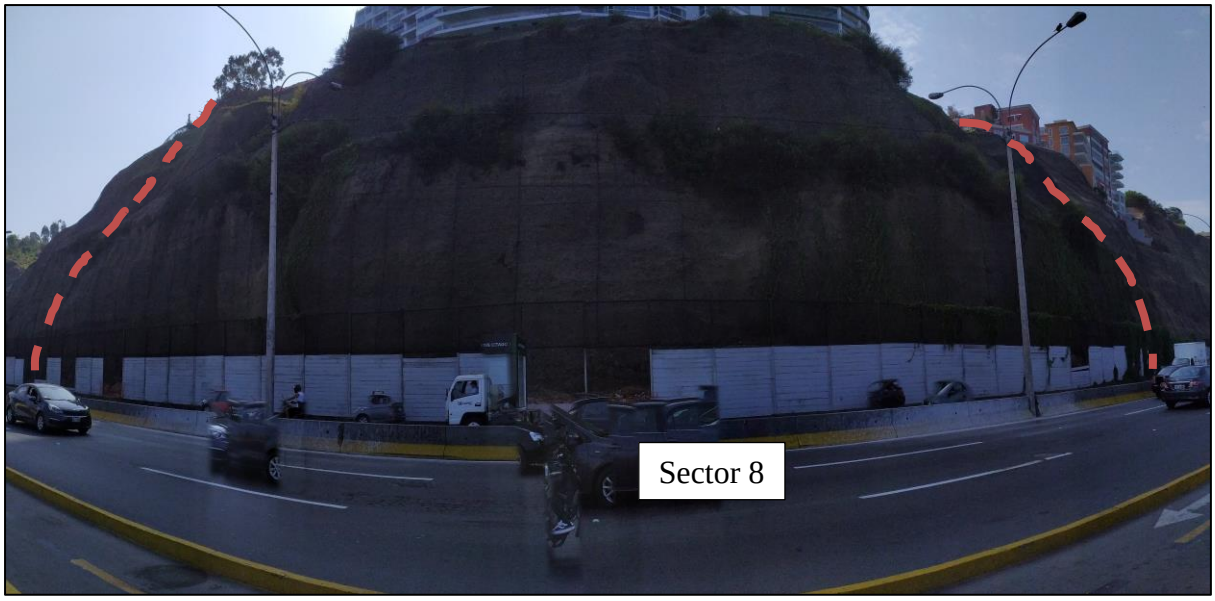


Figura 21. Vista del Sector 8.

Figura 22. Vista de la zona de pie de talud de los Sectores 7 y 8.

Figura 23. Vista del Sector 8, desde el mirador Bresciani.

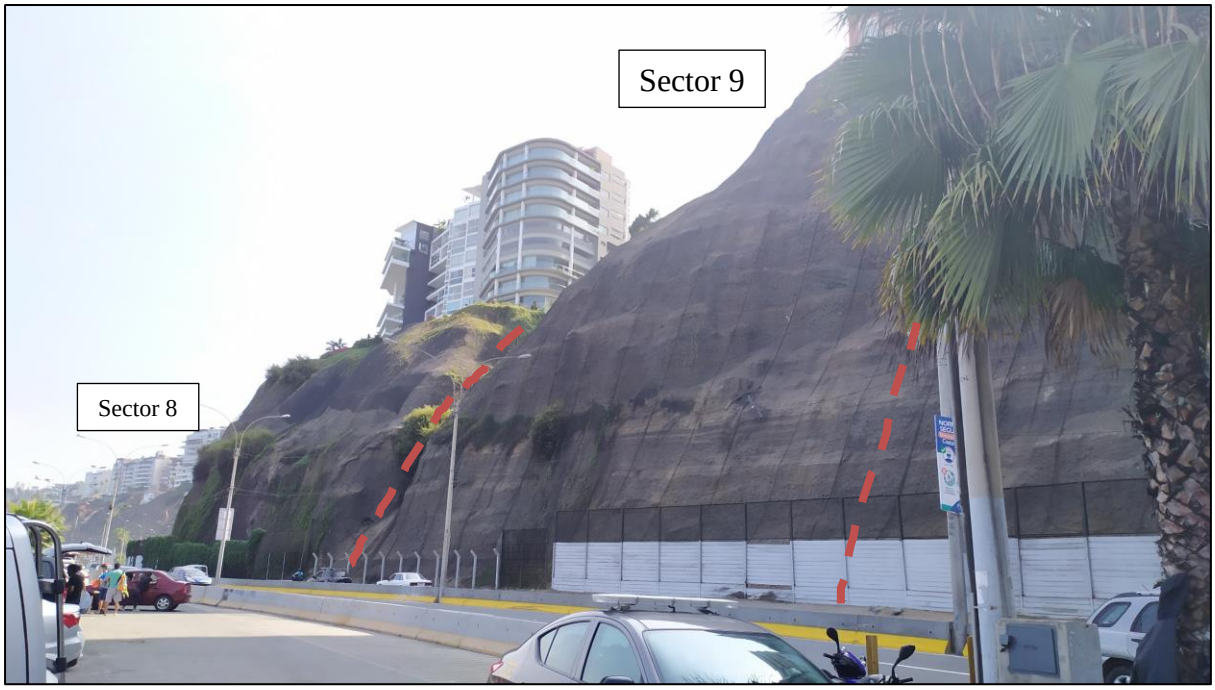


Figura 24, Vista de los Sectores 8 y 9.

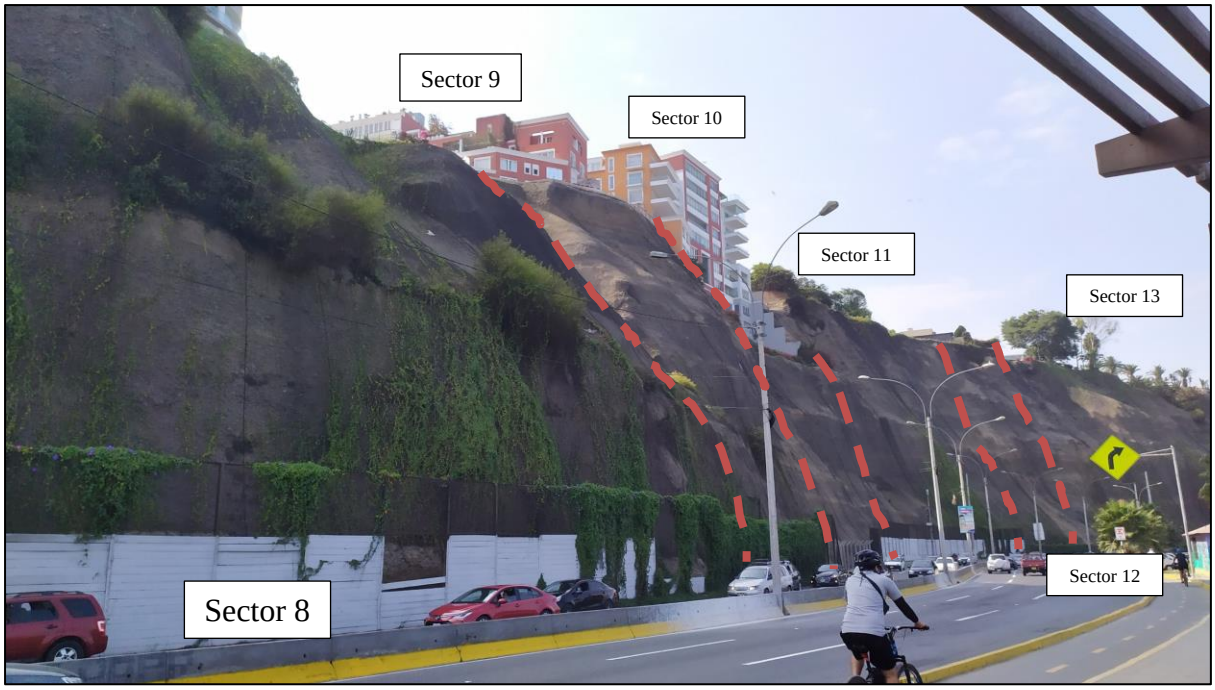


Figura 25. Vista de los Sectores 8, 9, 10, 11, 12 y 13.

Figura 26. Vista de la Playa Los Yuyos.

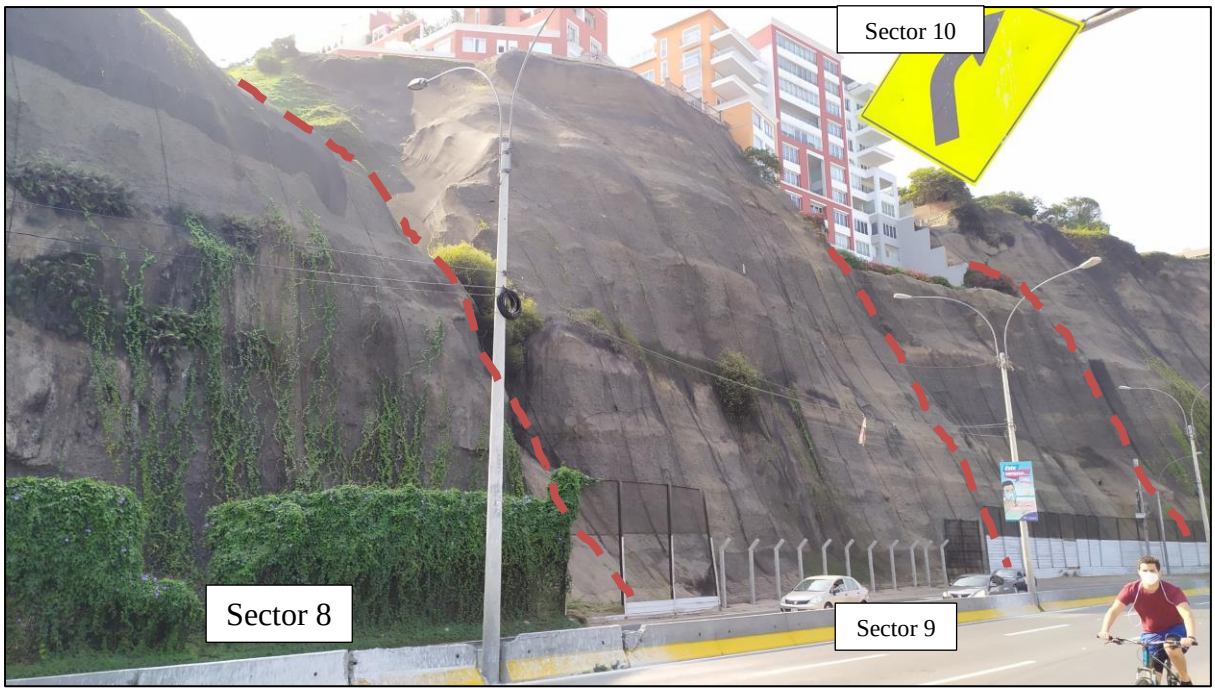


Figura 27. Vista de los Sectores 8, 9 y 10.

Figura 28. Vista del Sector 10.

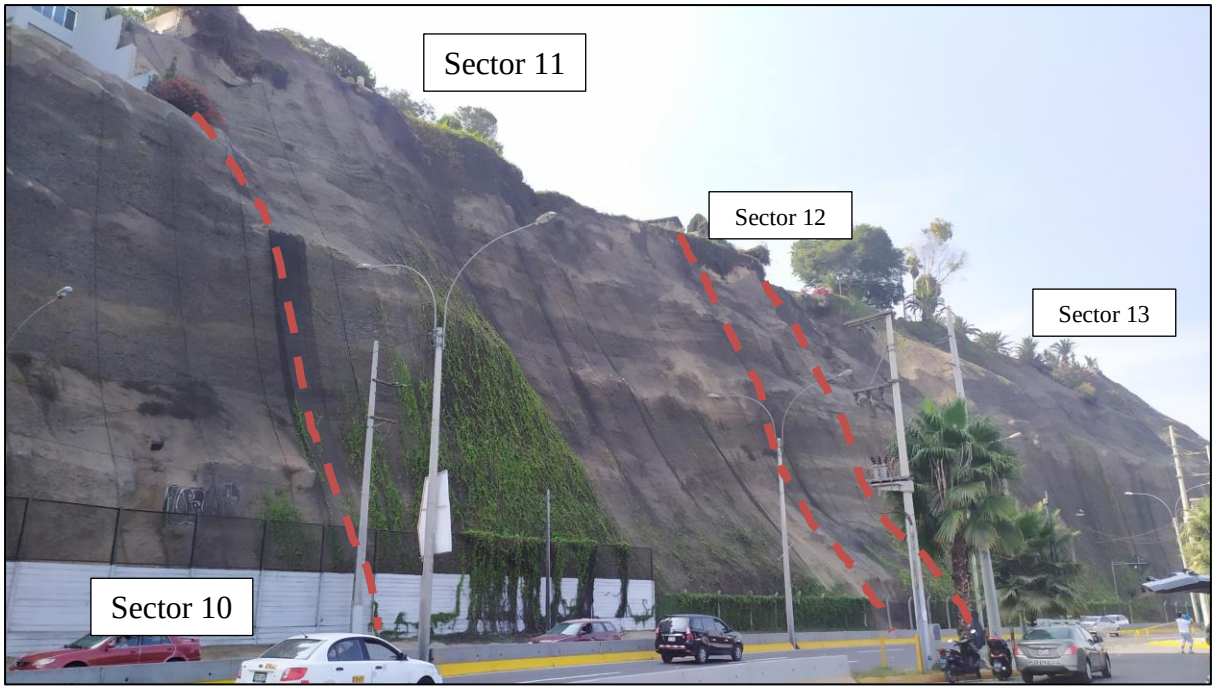


Figura 29. Vista de los Sectores 10, 11, 12 y 13.

Figura 30. Vista de los Sectores 11, 12 y 13 desde el mirador Bresciani.

Figura 31. Vista del Sector 13.

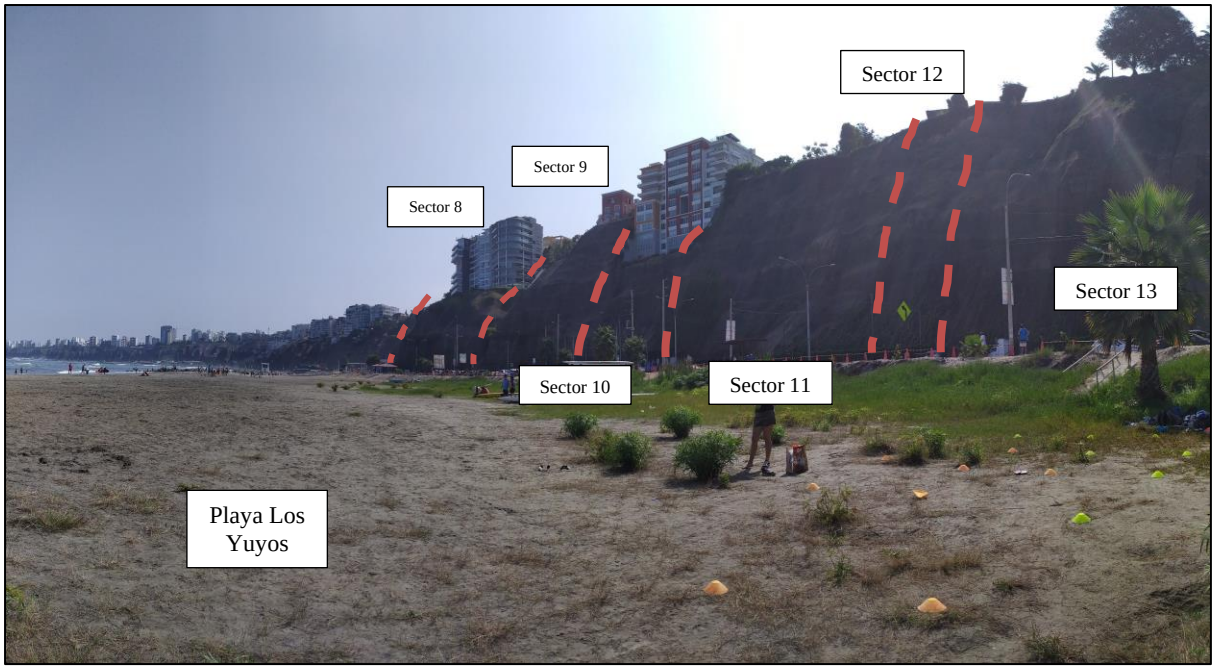


Figura 32. Vista de los Sectores 8, 9, 10, 11, 12 y 13. Además, se observa la Playa Los Yuyos.

Figura 33. Vista del Sector 13. Además, se muestra la Playa Los Yuyos y el Lima Marina Club.

Figura 34. Vista de los Sectores 13 y 14.

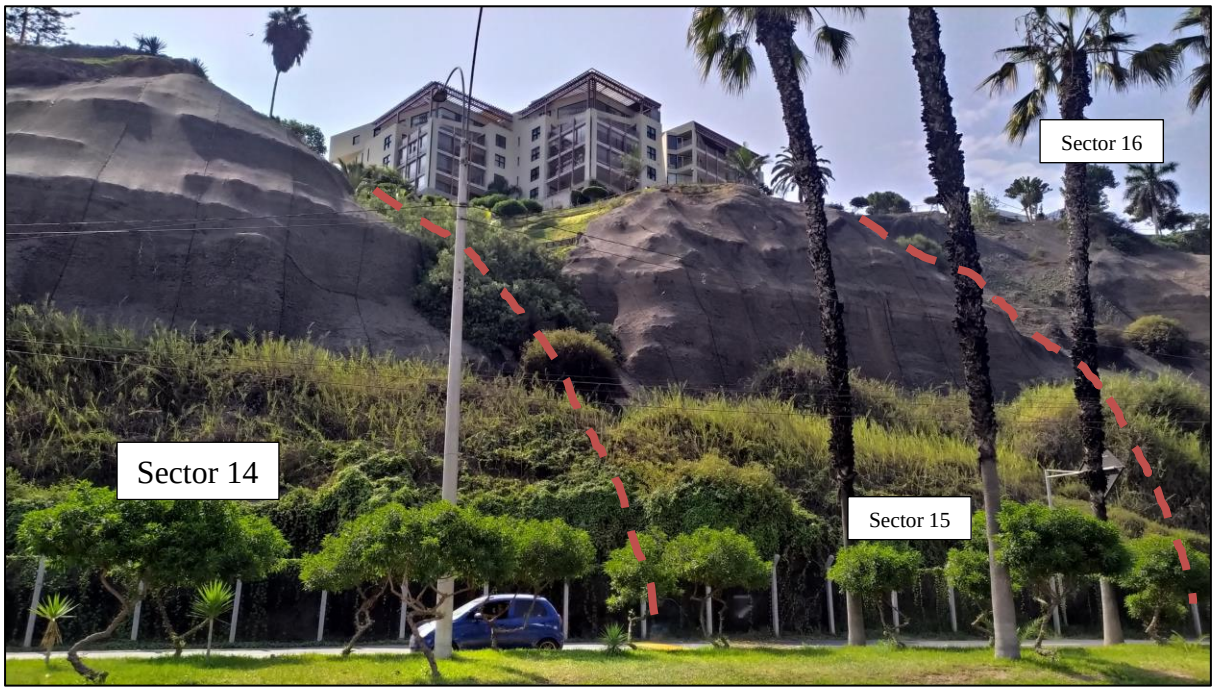


Figura 35. Vista de los Sectores 14, 15 y 16.

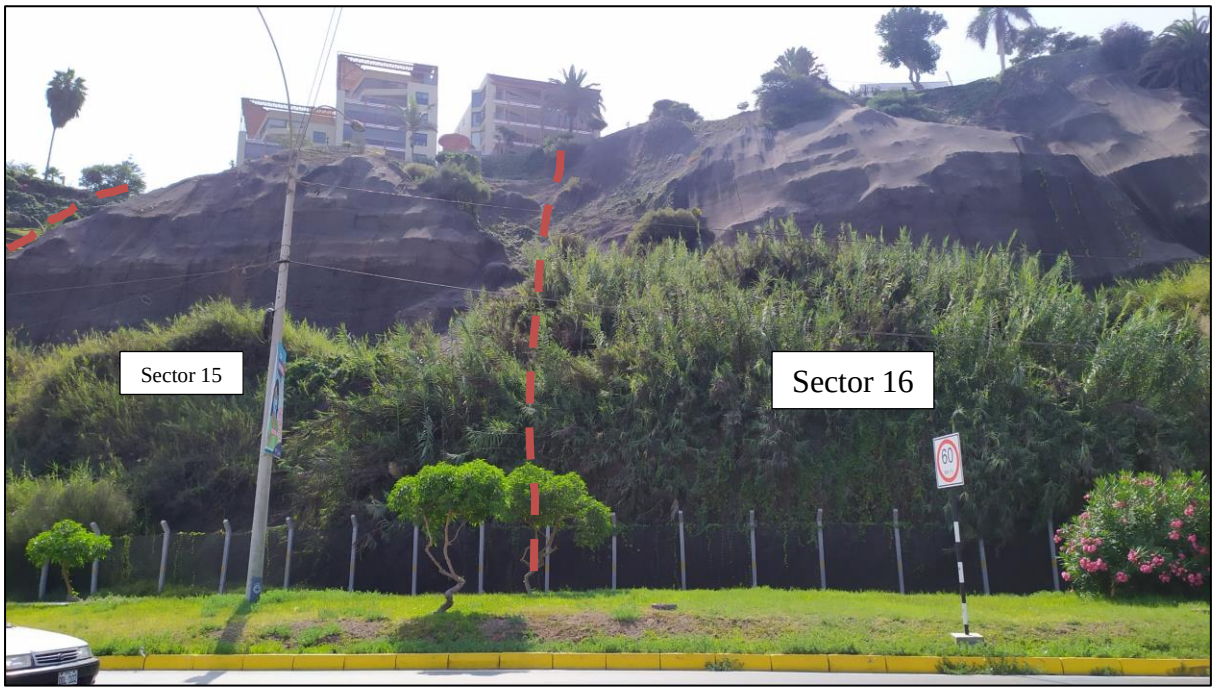


Figura 36. Vista de los Sectores 15 y 16.

Figura 37. Vista de los Sectores 16 y 17.

Figura 38. Vista de los Sectores 16 y 17. Además, se observa la Playa Las Sombrillas.