



**UNIVERSIDAD RICARDO PALMA**

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

Viabilidad técnica y económica de los métodos de protección para la  
estabilidad de taludes rocosos

**TESIS**

Para optar el título profesional de Ingeniero(a) Civil

**AUTORES**

Atencia Rosas Retuerto, Nicole Isabel  
ORCID: 0009-0002-1983-6724

Huamani Gonzales, Paulo Cesar  
ORCID: 0009-0008-7478-9418

**ASESOR**

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

**Lima, Perú**

**2023**

## **METADATOS COMPLEMENTARIOS**

### **Datos del autor(es)**

Atencia Rosas Retuerto, Nicole Isabel

DNI: 74366533

Huamani Gonzales, Paulo Cesar

DNI: 75067387

### **Datos de asesor**

Torres Chung, Cesar Roberto

DNI: 41182279

### **Datos del jurado**

JURADO 1

Pereyra Salardi, Enriqueta

DNI: 06743824

ORCID: 0000-0003-2527-3665

JURADO 2

Chavarry Vallejos, Carlos Magno

DNI: 07410234

ORCID: 0000-0003-0512-8954

JURADO 3

Chavarría Reyes, Liliana Janet

DNI: 25481792

ORCID: 0000-0002-1759-2132

### **Datos de la investigación**

Campo del conocimiento OCDE: 2.01.01

Código del Programa: 732016

## DECLARACIÓN JURADA DE ORIGINALIDAD

Nosotros, Nicole Isabel Atencia Rosas Retuerto, con código de estudiante N° 201611198, con DNI N° 74366533, con domicilio en Av. Ayacucho 1682 dpto. 301, distrito Santiago de Surco, provincia y departamento de Lima, y, Paulo Cesar Huamani Gonzales, con código de estudiante N° 201610335, con DNI N° 75067387, con domicilio en Av. Los Próceres 760 edificio C dpto. 503, distrito Santiago de Surco, provincia y departamento de Lima, en nuestra condición de bachilleres en Ingeniería Civil de la Facultad de Ingeniería, declaramos bajo juramento que:

La presente tesis titulada: “Viabilidad técnica y económica de los métodos de protección para la estabilidad de taludes rocosos” es de nuestra única autoría, bajo el asesoramiento del docente Cesar Roberto Torres Chung, y no existe plagio y/o copia de ninguna naturaleza, en especial de otro documento de investigación presentado por cualquier persona natural o jurídica ante cualquier institución académica o de investigación, universidad, etc.; la cual ha sido sometida al antiplagio Turnitin y tiene el 22% de similitud final.

Dejamos constancia que las citas de otros autores han sido debidamente identificadas en la tesis, el contenido de estas corresponde a las opiniones de ellos, y por las cuales no asumimos responsabilidad, ya sean de fuentes encontradas en medios escritos, digitales o de internet.

Asimismo, ratificamos plenamente que el contenido íntegro de la tesis es de nuestro conocimiento y autoría. Por tal motivo, asumimos toda la responsabilidad de cualquier error u omisión en la tesis y somos conscientes de las connotaciones éticas y legales involucradas.

En caso de falsa declaración, nos sometemos a lo dispuesto en las normas de la Universidad Ricardo Palma y a los dispositivos legales nacionales vigentes.

Surco, 20 de octubre de 2023



---

Nicole Isabel Atencia Rosas Retuerto

DNI N° 74366533



---

Paulo Cesar Huamani Gonzales

DNI N° 75067387

## INFORME DE ORIGINALIDAD-TURNITIN

### Viabilidad técnica y económica de los métodos de protección para la estabilidad de taludes rocosos

#### INFORME DE ORIGINALIDAD

<b>22%</b> INDICE DE SIMILITUD	<b>21%</b> FUENTES DE INTERNET	<b>4%</b> PUBLICACIONES	<b>7%</b> TRABAJOS DEL ESTUDIANTE
-----------------------------------	-----------------------------------	----------------------------	--------------------------------------

#### FUENTES PRIMARIAS

<b>1</b>	<b>hdl.handle.net</b> Fuente de Internet	<b>4%</b>
<b>2</b>	<b>repositorio.urp.edu.pe</b> Fuente de Internet	<b>4%</b>
<b>3</b>	<b>Submitted to Universidad Ricardo Palma</b> Trabajo del estudiante	<b>1%</b>
<b>4</b>	<b>repositorio.ucv.edu.pe</b> Fuente de Internet	<b>1%</b>
<b>5</b>	<b>www.dspace.uce.edu.ec</b> Fuente de Internet	<b>1%</b>
<b>6</b>	<b>repositorio.unap.edu.pe</b> Fuente de Internet	<b>1%</b>
<b>7</b>	<b>vsip.info</b> Fuente de Internet	<b>&lt;1%</b>
<b>8</b>	<b>idoc.pub</b> Fuente de Internet	<b>&lt;1%</b>
<b>9</b>	<b>1library.co</b> Fuente de Internet	



Dra. Vargas Chang Esther Joni

## **DEDICATORIA**

Quiero dedicar esta tesis a mis padres, Raúl e Isabel, por ser mi constante apoyo a lo largo de mi carrera profesional. También quiero honrar la memoria de mi abuelito Félix, así como reconocer el apoyo de mamá Isabel, mi tío Elmer y mi Becker, quienes han sido fuentes de inspiración en mi vida. Por último, dedico este trabajo a mi familia, mis queridas mascotas y mis amigos, quienes han brindado su apoyo incondicional a lo largo de este recorrido académico.

Atencia Rosas Retuerto, Nicole Isabel

Dedico la presente tesis a mi mamá Aide por apoyarme en todas las etapas de mi vida, a mi familia de parte de mi mamá y papá que siempre me dieron la mano en todo momento, como también a mis amigos por ser parte de este camino a mi profesión, a Jorge, a mis gatos y, por último, a la familia de mi compañera de tesis que también me dieron la mano para lograr este objetivo.

Huamani Gonzales, Paulo Cesar

## **AGRADECIMIENTO**

Queremos expresar nuestro profundo agradecimiento a nuestra alma mater por las valiosas lecciones y vivencias que nos ha brindado a lo largo de nuestro tiempo aquí.

Asimismo, extendemos nuestro agradecimiento especial al ingeniero Cesar Torres Chung y al Dr. Carlos Chavarry V. por su inestimable apoyo en términos de orientación, conferencias y su dedicación para garantizar la excelencia en la ejecución de nuestro proyecto de tesis.

Atencia Rosas Retuerto, Nicole Isabel  
Huamani Gonzales, Paulo Cesar

## ÍNDICE GENERAL

METADATOS COMPLEMENTARIOS .....	ii
DECLARACIÓN JURADA DE ORIGINALIDAD .....	iii
INFORME DE ORIGINALIDAD-TURNITIN.....	iv
DEDICATORIA .....	v
AGRADECIMIENTO .....	vi
ÍNDICE GENERAL .....	vii
ÍNDICE DE TABLAS .....	xi
ÍNDICE DE FIGURAS .....	xiii
RESUMEN .....	xvi
ABSTRACT.....	xvii
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	2
1.1. Descripción de la realidad problemática.....	2
1.2. Formulación del problema.....	5
1.2.1. Problema general .....	5
1.2.2. Problemas específicos.....	5
1.3. Objetivos de la investigación.....	5
1.3.1. Objetivo general.....	5
1.3.2. Objetivos específicos .....	5
1.4. Delimitación .....	5
1.4.1. Geográfica.....	5
1.4.2. Temporal.....	5
1.4.3. Temática.....	5
1.4.4. Muestral .....	6
1.5. Justificación del estudio.....	6
1.5.1. Conveniencia .....	6
1.5.2. Relevancia social .....	6
1.5.3. Aplicaciones prácticas .....	6
1.5.4. Utilidad metodológica.....	6
1.5.5. Valor teórico .....	6
1.6. Importancia del estudio.....	7
1.6.1. Nuevos conocimientos .....	7

1.6.2. Aporte .....	7
1.7. Limitaciones del estudio .....	7
1.7.1. Falta de estudios previos de investigación.....	7
1.7.2. Metodológicos o prácticos .....	7
1.7.3. Medidas para la recolección de datos .....	7
1.7.4. Obstáculos en la investigación.....	7
1.8. Alcance del estudio.....	8
1.9. Viabilidad del estudio .....	8
<b>CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO .....</b>	<b>9</b>
2.1. Marco histórico .....	9
2.2. Investigaciones relacionadas con el tema .....	10
2.2.1. Investigaciones internacionales .....	10
2.2.2. Investigaciones nacionales.....	11
2.2.3. Artículo relacionado con el tema .....	13
2.3. Estructura teórica y científica que sustenta el estudio .....	14
2.4. Definición de términos básicos.....	31
2.5. Fundamentos teóricos que sustentan a la hipótesis.....	34
<b>CAPÍTULO III: SISTEMA DE HIPÓTESIS .....</b>	<b>36</b>
3.1. Hipótesis .....	36
3.1.1. Hipótesis general.....	36
3.1.2. Hipótesis específicas .....	36
3.2. Sistema de variables.....	36
3.2.1. Definición conceptual y operacional .....	36
3.2.2. Operacionalización de variables .....	37
<b>CAPÍTULO IV: METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN .....</b>	<b>38</b>
4.1. Método de la investigación .....	38
4.2. Tipo de la investigación .....	38
4.3. Nivel de investigación .....	38
4.4. Diseño de la investigación .....	38
4.5. Población y muestra.....	38
4.5.1. Población .....	38
4.5.2. Muestra .....	38
4.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos .....	39
4.6.1. Instrumento de recolección de datos.....	39



4.6.2. Métodos y técnicas.....	39
4.7. Descripción de procesamientos de análisis.....	39
<b>CAPÍTULO V: DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN .....</b>	<b>40</b>
5.1. Ubicación .....	40
5.2. Accesibilidad .....	41
5.3. Clima.....	41
5.4. Geología regional.....	41
5.5. Levantamiento topográfico con dron.....	44
5.6. Orientación del macizo rocoso .....	46
5.7. Análisis cinemático del talud rocoso .....	49
5.8. Análisis de bloques tipo cuña .....	55
5.9. Análisis de bloques tipo planar.....	58
5.10. Criterio de Hoek y Brown.....	61
5.11. Nivel de peligro .....	63
5.11.1. Factor condicionante.....	63
5.11.2. Factor desencadenante .....	64
5.11.3. Análisis del peligro por deslizamiento.....	66
5.12. Proceso constructivo de los métodos de protección .....	68
5.12.1. Revestimiento simple.....	68
5.12.2. Revestimiento cortical .....	68
5.13. Análisis de los métodos de protección.....	69
5.13.1. Revestimiento simple.....	70
5.13.2. Revestimiento cortical .....	76
5.14. Proceso económico .....	83
5.14.1. Metrados .....	83
5.14.2. Beneficio/Costo de proyecto.....	86
<b>CAPÍTULO VI: PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS .....</b>	<b>88</b>
6.1. Presentación de resultados .....	88
6.1.1. Tipos de falla del macizo rocoso .....	88
6.1.2. Factor de seguridad en fallas por el criterio de Mohr-Coulomb.....	88
6.1.3. Factor de seguridad por el criterio de Hoek y Brown.....	89
6.1.4. Nivel de peligro .....	90
6.1.5. Viabilidad técnica de los métodos de protección.....	91
6.1.6. Viabilidad económica de los métodos de protección.....	93

6.2. Análisis de resultados .....	94
6.3. Contratación de hipótesis .....	95
DISCUSIÓN .....	97
CONCLUSIONES .....	98
RECOMENDACIONES.....	100
REFERENCIAS.....	101
ANEXOS .....	108
Anexo A: Matriz de Consistencia.....	109
Anexo B: Especificaciones técnicas .....	110
Anexo C: Cronograma Gantt .....	114
Anexo D: Norma UNI 11437:2012 .....	115
Anexo E: Análisis de Precios Unitarios.....	122
Anexo F: Delimitación de zonas Costo/Beneficio.....	124
Anexo G: Informe de Cálculo del Revestimiento Simple .....	126
Anexo H: Informe de Cálculo del Revestimiento Cortical.....	128
Anexo I: Norma Peruana CE-020.....	130

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1</b>	Factores de seguridad sugeridos .....	16
<b>Tabla 2</b>	Valores típicos del peso específico y porosidad de las rocas .....	17
<b>Tabla 3</b>	Valores típicos de permeabilidad de la matriz rocosa .....	18
<b>Tabla 4</b>	Clasificación geológica general de las rocas .....	19
<b>Tabla 5</b>	Clasificación de las rocas a partir de su resistencia a compresión simple .....	19
<b>Tabla 6</b>	Valores de Rock Mass Rating (RMR) .....	20
<b>Tabla 7</b>	Clasificación de la calidad del macizo rocoso según el índice RQD.....	21
<b>Tabla 8</b>	Criterios de roturas en macizo rocosos .....	24
<b>Tabla 9</b>	Descripción del grado de meteorización.....	27
<b>Tabla 10</b>	Descripción de la continuidad.....	28
<b>Tabla 11</b>	Descripción de la abertura .....	30
<b>Tabla 12</b>	Clasificación de macizo rocoso por número de familia de discontinuidades	31
<b>Tabla 13</b>	Operalización de variables .....	37
<b>Tabla 14</b>	Coordenadas de la zona estudiada .....	40
<b>Tabla 15</b>	Rutas y accesos al AA HH. Inty Llacta .....	41
<b>Tabla 16</b>	Datos de las familias de discontinuidades del talud 1 .....	48
<b>Tabla 17</b>	Datos de las familias de discontinuidades del talud 2 .....	49
<b>Tabla 18</b>	Parámetros del talud 1.....	49
<b>Tabla 19</b>	Orientación de las familias de discontinuidades del talud 1 .....	50
<b>Tabla 20</b>	Parámetros del talud 2.....	52
<b>Tabla 21</b>	Orientación de las familias de discontinuidades del talud 2.....	53
<b>Tabla 22</b>	Datos de la cuña del talud 2 .....	56
<b>Tabla 23</b>	Datos del bloque planar del talud 1 .....	59
<b>Tabla 24</b>	Estratificación de pendientes .....	63
<b>Tabla 25</b>	Estratificación de geomorfología.....	63
<b>Tabla 26</b>	Estratificación de geología.....	63
<b>Tabla 27</b>	Vector de Priorización de los Factores Condicionantes .....	64
<b>Tabla 28</b>	Vector de Priorización del Factor Condicionante Pendiente .....	64
<b>Tabla 29</b>	Vector de Priorización del Factor Condicionante Geología .....	64
<b>Tabla 30</b>	Vector de Priorización del Factor Condicionante Geomorfología .....	64
<b>Tabla 31</b>	Estratificación de aceleración sísmica .....	65
<b>Tabla 32</b>	Estratificación de magnitud del sismo .....	65

<b>Tabla 33</b>	Estratificación de intensidad.....	65
<b>Tabla 34</b>	Vector de Priorización de los Factores Desencadenantes.....	65
<b>Tabla 35</b>	Vector de Priorización del Factor Desencadenante Intensidad .....	66
<b>Tabla 36</b>	Vector de Priorización del Factor Desencadenante Magnitud del Sismo.....	66
<b>Tabla 37</b>	Vector de Priorización del Factor Desencadenante Aceleración Sísmica .....	66
<b>Tabla 38</b>	Valores y pesos de los factores condicionantes .....	67
<b>Tabla 39</b>	Valores y pesos de los factores desencadenantes .....	67
<b>Tabla 40</b>	Valor de peligro .....	67
<b>Tabla 41</b>	Ángulo de fricción de los detritos.....	71
<b>Tabla 42</b>	Peso unitario de las rocas.....	71
<b>Tabla 43</b>	Metrado de trazo y replanteo en obra .....	83
<b>Tabla 44</b>	Metrado de excavación manual en roca suelta .....	84
<b>Tabla 45</b>	Metrado de eliminación de material excedente y desmontes .....	84
<b>Tabla 46</b>	Metrado de perforación de anclajes .....	85
<b>Tabla 47</b>	Metrado de instalación de malla de acero de alta resistencia .....	85
<b>Tabla 48</b>	Metrado de perforación de anclajes .....	85
<b>Tabla 49</b>	Metrado de instalación de malla de acero de alta resistencia .....	85
<b>Tabla 50</b>	Habitantes por zonas.....	86
<b>Tabla 51</b>	Tipos de falla del talud estudiado .....	88
<b>Tabla 52</b>	Factor de seguridad de falla en cuñas .....	88
<b>Tabla 53</b>	Factor de seguridad de falla planar .....	88
<b>Tabla 54</b>	Análisis del nivel de peligro .....	90
<b>Tabla 55</b>	Estratificación de peligro .....	90
<b>Tabla 56</b>	Presupuesto de los métodos de protección para el talud rocoso .....	93

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1</b>	Zona de Estudio: Asentamiento Humano Inty Llacta .....	3
<b>Figura 2</b>	Árbol de problemas .....	4
<b>Figura 3</b>	Nomenclatura de talud y ladera.....	15
<b>Figura 4</b>	GSI .....	21
<b>Figura 5</b>	Relación de esfuerzos principales para Hoek-Brown y Mohr-Coulomb .....	23
<b>Figura 6</b>	Mecanismos de rotura de planar.....	25
<b>Figura 7</b>	Esquema general de la falla en cuña .....	25
<b>Figura 8</b>	Esquema general de la falla al volteo.....	26
<b>Figura 9</b>	Representación de familia de discontinuidades por un bloque diagrama .....	27
<b>Figura 10</b>	Medida del espaciado en una cara expuesta del afloramiento .....	28
<b>Figura 11</b>	Perfiles tipo para estimar el coeficiente de rugosidad JRC.....	29
<b>Figura 12</b>	Esquema de una ladera y un talud .....	31
<b>Figura 13</b>	Determinación del nivel de peligro .....	33
<b>Figura 14</b>	Esquema de desarrollo de hipótesis .....	35
<b>Figura 15</b>	Zona de estudio AAHH. Inty Llacta .....	40
<b>Figura 16</b>	Mapa Geológico del AA. HH. Inty Llacta .....	42
<b>Figura 17</b>	Tipo de roca.....	43
<b>Figura 18</b>	Ángulo de fricción para rocas .....	44
<b>Figura 19</b>	Vista isométrica de los taludes en estudio.....	44
<b>Figura 20</b>	Curvas Nivel cada 0.25m .....	45
<b>Figura 21</b>	Perfil longitudinal de la sección crítica del talud 1 .....	45
<b>Figura 22</b>	Perfil longitudinal de la sección crítica del talud 2 .....	46
<b>Figura 23</b>	Rumbo y buzamiento .....	46
<b>Figura 24</b>	Discontinuidades del talud rocoso 1.....	47
<b>Figura 25</b>	Discontinuidades del talud rocoso 2.....	48
<b>Figura 26</b>	Data estructural del talud 1.....	50
<b>Figura 27</b>	Análisis cinemático por rotura planar para el talud 1.....	51
<b>Figura 28</b>	Análisis cinemático por rotura tipo cuña para el talud 1 .....	51
<b>Figura 29</b>	Análisis cinemático por rotura toppling para el talud 1 .....	52
<b>Figura 30</b>	Data estructural del talud 2.....	53
<b>Figura 31</b>	Análisis cinemático por rotura planar para el talud 2.....	54
<b>Figura 32</b>	Análisis cinemático por rotura tipo cuña para el talud 2.....	54

<b>Figura 33</b>	Análisis cinemático por rotura toppling para el talud 2 .....	55
<b>Figura 34</b>	Bloque tipo cuña del talud 2.....	56
<b>Figura 35</b>	Factor de seguridad estático en falla de cuña .....	57
<b>Figura 36</b>	Factor de seguridad pseudo-estático .....	57
<b>Figura 37</b>	Falla tipo cuña pseudo-estático en falla de cuña .....	58
<b>Figura 38</b>	Bloque tipo planar del talud 1 .....	58
<b>Figura 39</b>	Valores de la geometría.....	59
<b>Figura 40</b>	Parámetros de Mohr-Coulumb .....	60
<b>Figura 41</b>	Factor de seguridad estático en falla planar .....	60
<b>Figura 42</b>	Perfil estratigráfico .....	61
<b>Figura 43</b>	Parámetros de la arenisca .....	61
<b>Figura 44</b>	Parámetros de la lutita .....	62
<b>Figura 45</b>	Opciones de la superficie .....	62
<b>Figura 46</b>	MACRO Studio.....	70
<b>Figura 47</b>	Datos del talud rocoso 1 .....	70
<b>Figura 48</b>	Datos de la malla del revestimiento simple.....	72
<b>Figura 49</b>	Datos de la geometría del cable longitudinal de coronación.....	72
<b>Figura 50</b>	Datos del tipo de cable del revestimiento simple.....	73
<b>Figura 51</b>	Datos del tipo de anclaje del revestimiento simple .....	73
<b>Figura 52</b>	Datos de la adherencia y plasticización del revestimiento simple .....	74
<b>Figura 53</b>	Tensión de adhesión lechada-roca.....	74
<b>Figura 54</b>	Longitud de plasticización .....	75
<b>Figura 55</b>	Definición de coeficientes del FS del revestimiento simple .....	75
<b>Figura 56</b>	Datos del talud rocoso 2 .....	77
<b>Figura 57</b>	Rugosidad.....	78
<b>Figura 58</b>	Aceleración sísmica de Perú .....	78
<b>Figura 59</b>	Datos de las barras de anclaje del revestimiento cortical.....	79
<b>Figura 60</b>	Datos del tipo de anclaje del revestimiento cortical.....	80
<b>Figura 61</b>	Tipo de malla para el revestimiento cortical .....	81
<b>Figura 62</b>	Factores que afectan a las fuerzas estabilizantes.....	81
<b>Figura 63</b>	Incertidumbre en el espesor de la estabilidad superficial.....	82
<b>Figura 64</b>	Datos de los coeficientes de seguridad.....	82
<b>Figura 65</b>	Análisis de factor de seguridad estático del talud .....	89
<b>Figura 66</b>	Análisis de factor de seguridad pseudo-estático del talud.....	89

<b>Figura 67</b> Mapa de Nivel de Peligro.....	91
<b>Figura 68</b> Factor de seguridad con Revestimiento simple.....	92
<b>Figura 69</b> Factor de seguridad con Revestimiento cortical .....	92
<b>Figura 70</b> Visualización de las zonas afectadas.....	124
<b>Figura 71</b> Censo del AAHH Inty Llacta .....	125

## RESUMEN

Se realizó un estudio cuyo objetivo fue evaluar la viabilidad técnica y económica aplicando métodos de reforzamiento en un talud rocoso. Este estudio enmarca una investigación de tipo explicativa y descriptiva, porque se analizaron las soluciones a los problemas identificados y se proporcionó un análisis de cómo estos métodos de protección pueden mitigar riesgos asociados al talud rocoso del Asentamiento Humano Inty Llacta, del distrito de Chorrillos, empleando como instrumento los softwares Slide 6.0 y Macro 4.0 de Maccaferri.

Los resultados obtenidos en el talud 1, identificó una rotura planar, con un factor de seguridad estático de 0.83 utilizando el método de Mohr-Coulomb, mientras que el método de Hoek-Brown arrojó un factor de seguridad estático de 1.34 y un factor pseudo-estático de 1.00. Por otro lado, para el talud 2, se detectó una rotura en cuña, con un factor de seguridad estático de 0.28 y un factor pseudo-estático de 0.19 según el método de Mohr-Coulomb, teniendo a ambos taludes inestables ante un sismo. Además, se evaluó el nivel de peligro, categorizándolo como bajo, medio, alto y muy alto. Por último, se determinó que, con la implementación de medidas de reforzamiento simple y cortical, el talud se encuentra estable ante posibles eventos, con un presupuesto estimado de 444,915.33 soles. En conclusión, se demuestra que el estudio técnico y económico respalda la viabilidad de la aplicación de medidas de protección en un talud rocoso, garantizando su estabilidad frente a diversos escenarios de riesgo.

*Palabras clave:* Talud rocoso, parámetro geomecánico, estabilidad, métodos de protección, criterios de roturas y factor de seguridad.



## ABSTRACT

A study was conducted to assess the technical and economic feasibility of applying reinforcement methods to a rocky slope. This study falls under an explanatory and descriptive research type because it analyzed solutions to identified issues and provided an analysis of how these protection methods can mitigate risks associated with the rocky slope in the Inty Llacta Human Settlement, located in the Chorrillos district. The software tools Slide 6.0 and Macro 4.0 from Maccaferri were used as instruments.

The results for slope 1 indicated a planar failure with a static safety factor of 0.82 and a pseudo-static factor of 0.00 using the Mohr-Coulomb method, while the Hoek-Brown method yielded a static safety factor of 1.34 and a pseudo-static factor of 1.00. On the other hand, slope 2 showed a wedge failure with a static safety factor of 0.28 and a pseudo-static factor of 0.19 according to the Mohr-Coulomb method, rendering both slopes unstable in the event of an earthquake. Additionally, a hazard level assessment categorized it as low, medium, high, and very high. Finally, it was determined that with the implementation of simple and cortical reinforcement measures, the slope remains stable against potential events, with an estimated budget of 444,915.33 soles. In conclusion, the technical and economic study supports the feasibility of applying protection measures to a rocky slope, ensuring its stability under various risk scenarios.

*Keywords:* Rocky slope, geomechanical parameters, stability, protection methods, failure criteria, and safety factor.

## INTRODUCCIÓN

A lo largo de los años, el estudio de mejorar el peligro de inestabilidad en taludes rocosos se enriquece en información, con ello el alcance de las medidas de protección y preventivas benefician a los involucrados perjudicados y mejora el propósito de las municipalidades o entidades responsables a encontrar soluciones viables económica y técnicamente.

El impacto del trabajo es para los habitantes y transeúntes colindantes a taludes rocosos y estén comprometidos a las caídas de rocas, se busca para ellos su seguridad al convivir con esta amenaza, la cual se debería actuar de inmediato y no esperar un suceso lamentable. Se contribuirá y aportará conocimientos a las personas interesadas en el área de geotecnia en el reforzamiento de estabilidad de taludes de caídas de rocas.

Esta investigación contribuye a la ingeniería geotécnica, a la ayuda de encontrar el método de estabilidad de taludes rocosos con mallas de reforzamiento y obtener la viabilidad técnica y económica, por lo cual se realiza levantamientos, ensayos, recopilación de datos y análisis de diseño innovador trascendiendo el resguardo ante un próximo evento sísmico de alta magnitud.

Se determina la viabilidad técnica y económica de los métodos de protección para establecer la mejor alternativa en la estabilidad de taludes rocosos en el AA.HH. Inty Llacta. Aplicando la evaluación del factor de seguridad para la estabilidad de talud y del nivel de peligro utilizando los métodos de Hoek-Brown, Mohr-Coulomb y Saaty, asimismo el análisis técnico de los métodos de protección preventivos para la estabilidad de talud rocoso y el análisis de la viabilidad económica de los métodos de protección preventivos para establecer el costo y beneficio del proyecto en taludes rocosos.

El estudio cuenta con seis capítulos, el primero constituido por la descripción de la realidad problemática, la formulación de problemas y objetivos, la delimitación, justificación, importancia, limitaciones, alcance y viabilidad del estudio; el segundo, contiene el marco histórico, investigaciones nacionales e internacionales relacionadas al tema, la estructura teórica y científica, definición de términos básicos y fundamentos teóricos que sustentan el estudio; el tercero, expone las hipótesis y sistema de variables; la cuarta, detalla la metodología de la investigación, su método, tipo, nivel, diseño, población, muestra y técnicas e instrumentos empleados para la recolección de datos; quinto; desarrollo de la investigación; sexto; presentación y análisis de resultados y por último la discusión de resultados, conclusión y recomendaciones.

## **CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

### **1.1. Descripción de la realidad problemática**

A causa del aumento de la población peruana en Lima año tras año, se ha vuelto un sitio con trascendencia de proyectos y edificaciones con una gran magnitud. Este progreso va encaminado de un desarrollo vertical de la localidad, y afecta la invasión de la actividad humana en construir en taludes o acantilados de suelos irregulares o inestables, por lo que las ejecuciones que realizan no cumplen mayormente con las normas establecidas y produzcan derrumbes, deslizamientos y muchos daños colaterales.

Se sabe que hay muy pocos métodos de protección que se emplean en taludes rocosos en la zona de Lima, ya que mayormente están situados en un sector de construcciones informales y en muy escaso el gobierno local interviene por el presupuesto elevado debido la complejidad que a veces dificulta o también la mala ejecución al actuar.

La sociedad peruana desconoce los factores condicionantes y desencadenantes que puede tener la geología en el lugar que viven. Por lo que no son aptos para enfrentar los desastres naturales que acontecen en su espacio. Las precipitaciones intensas, la estructuración geológica, el relieve escarpado o las sobrecargas estáticas acumulan factores muy importantes para la inestabilidad de un talud (Villacorta et al. 2015 y Sara et al. 2016).

El sitio está compuesto por un área próximo al afloramiento rocoso del Morro Solar, y está formada por arena limosa, arcillosa y arena pobremente gradada con sedimentos de conchuelas de manera que la evaluación de riesgos será atribuible ante peligros de fallas de movimientos de masas y así mejorar la inestabilidad de rocas (CISMID UNI 2010).

En el año 2010, en el asentamiento humano Inty Llacta, se registró un incidente en el cual unas rocas cayeron sobre una casa ubicada en las proximidades del lote 15 del Jr. 06 de Enero. Este evento resultó en la destrucción de uno de los espacios interiores de la vivienda, que era utilizado como área de almacenamiento.

En la actualidad, es evidente la existencia de excavaciones en el talud para la edificación de viviendas. En la figura 1, el macizo rocoso presenta fracturas y presencia de bloques en suspensión, sin refuerzo. En el escenario de un sismo de alta intensidad, existe el riesgo de que estos bloques de roca suspendidos se desprendan, lo cual podría resultar en pérdidas humanas y daños materiales como se detalla en el árbol de problemas de la figura 2.

En este estudio, se examinará los métodos de protección para la estabilidad de taludes rocosos y se llevará a cabo un análisis geomecánico y topografía con el objetivo de

identificar los parámetros geomecánicos y geotécnicos relevantes. Estos parámetros serán empleados posteriormente en software especializados para calcular el factor de seguridad correspondiente.

### **Figura 1**

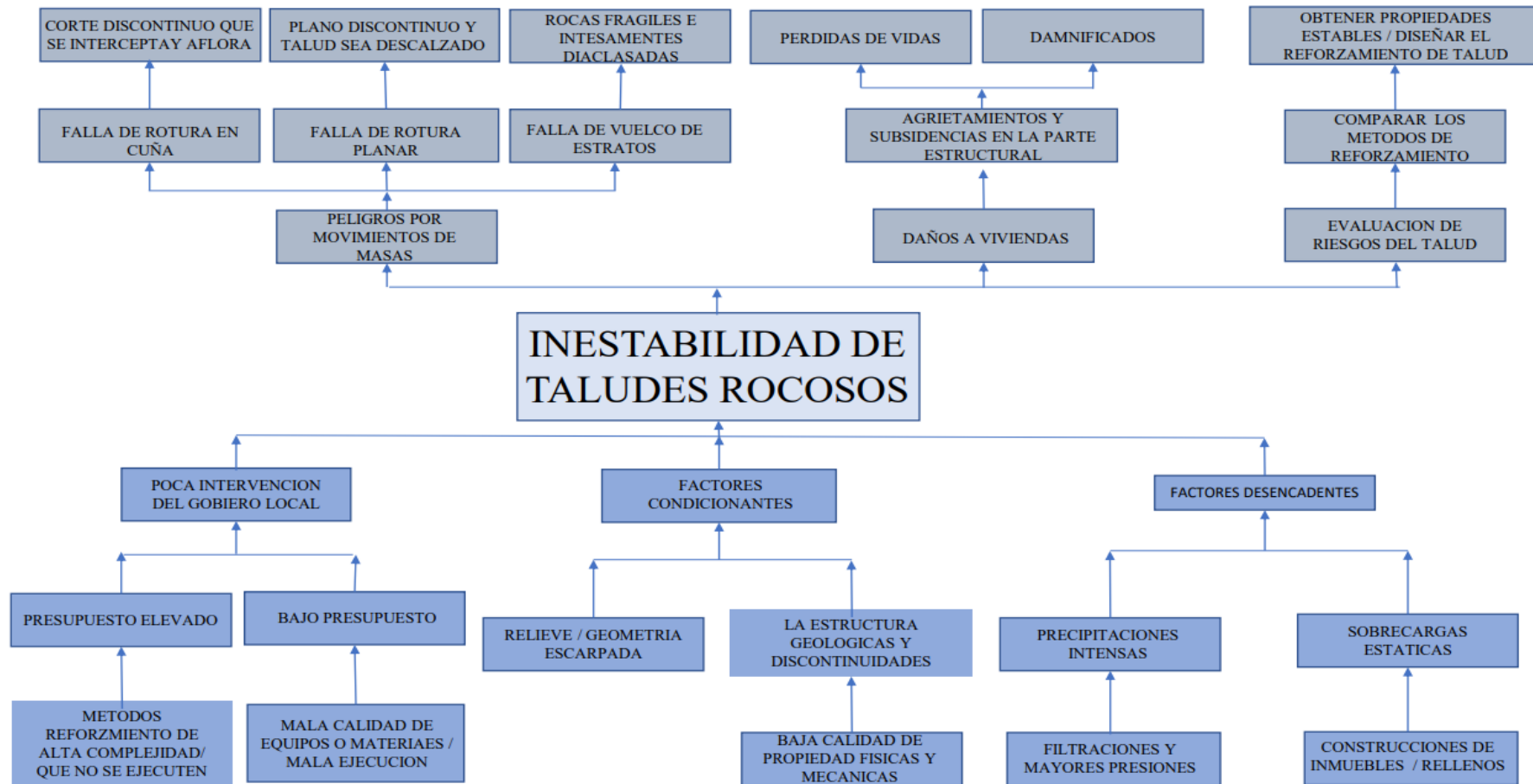
*Zona de Estudio: Asentamiento Humano Inty Llacta*



*Nota.* Elaboración propia. Talud rocoso exhibe grietas y la existencia de bloques en suspensión, careciendo de cualquier tipo de refuerzo.

**Figura 2**

*Árbol de problemas*



*Nota.* Elaboración propia.

## **1.2. Formulación del problema**

### ***1.2.1. Problema general***

¿De qué manera la viabilidad técnica y económica de los métodos de protección determinarán la mejor alternativa para la estabilidad de taludes rocosos del asentamiento humano Inty Llacta?

### ***1.2.2. Problemas específicos***

- a. ¿Cómo se evalúa el factor de seguridad para la estabilidad de talud y el nivel de peligro por medio del método de Mohr-Coulomb, Hoek-Brown y Saaty?
- b. ¿De qué manera los métodos de protección preventivos son viables técnicamente para la estabilidad de taludes rocosos?
- c. ¿De qué manera el beneficio y costo del proyecto de métodos de protección preventivos en taludes rocosos son viables económicamente?

## **1.3. Objetivos de la investigación**

### ***1.3.1. Objetivo general***

Determinar la viabilidad técnica y económica de los métodos de protección para establecer la mejor alternativa en la estabilidad de taludes rocosos en el asentamiento humano Inty Llacta.

### ***1.3.2. Objetivos específicos***

- a. Evaluar el factor de seguridad para la estabilidad de talud y el nivel de peligro por medio del método de Mohr-Coulomb, Hoek-Brown y Saaty.
- b. Determinar la viabilidad técnica de los métodos de protección preventivos para establecer la estabilidad de taludes rocosos.
- c. Determinar la viabilidad económica de los métodos de protección preventivos para establecer el costo y beneficio del proyecto en taludes rocosos.

## **1.4. Delimitación**

### ***1.4.1. Geográfica***

Se realiza en el asentamiento humano Inty Llacta, distrito de Chorrillos, en el sureste de la ciudad, provincia y departamento de Lima, en Perú.

### ***1.4.2. Temporal***

Se va a considerar los datos de los estudios enmarcados dentro del periodo 2019 – 2023 y también se desarrollará en el transcurso de los meses de mayo del 2023 a julio del 2023.

### ***1.4.3. Temática***

Los temas a desarrollar en el trabajo de investigación son los métodos de protección para la estabilización de taludes rocosos.

#### ***1.4.4. Muestral***

La muestra de estudio es la información compilada de estudios e informes técnicos; y el levantamiento topográfico con dron.

### **1.5. Justificación del estudio**

#### ***1.5.1. Conveniencia***

La finalidad de esta investigación pretende que, en toda obra civil, en la rama de geotecnia, sea fundamental la estabilización de taludes rocosos, pues resulta muy beneficioso al factor de los acantilados o zonas a gran altura y pendiente para aminorar el colapso y/o desprendimiento de un talud; y, analizar las mejores alternativas de estabilización en el asentamiento humano Inty Llacta con la finalidad de identificar y reconocer las consideraciones más relevantes para los trabajos o proyectos a futuro con semejantes características.

#### ***1.5.2. Relevancia social***

En aspecto social, se busca favorecer a futuros proyectistas que se planteen analizar la viabilidad técnica y económica de los métodos de protección que adecuen al talud investigado, con el propósito de identificar los parámetros que son fundamentales en el estudio para un apropiado cálculo y de esta forma, lograr obtener beneficios para la sociedad.

#### ***1.5.3. Aplicaciones prácticas***

Esta investigación pretende desarrollar un beneficio al estudiar los métodos de protección propuestos y que se verificará todos los aspectos necesarios para un correcto planteamiento como una solución para una propuesta en ingeniería y futuros estudios. También, se dará a saber las propuestas de mejora a las autoridades responsables en beneficio a la estabilización del asentamiento humano Inty Llacta.

#### ***1.5.4. Utilidad metodológica***

El método que se propone es el análisis e investigación, y también la recolección de datos en el campo experimental y teórico como tesis, artículos internacionales y nacionales para poder tener un resultado óptimo para posteriores investigaciones.

#### ***1.5.5. Valor teórico***

La investigación contribuirá y aportará conocimientos para toda persona interesada en el ámbito de la rama geotecnia para la estabilización de taludes rocosos, y poder tener beneficios al momento de construir reforzamientos para las fallas de las zonas con pendientes y/o acantilados.

## **1.6. Importancia del estudio**

### ***1.6.1. Nuevos conocimientos***

Con el presente estudio obtendremos una amplia gama de resultados con mayor exactitud en problemas de inestabilidad de taludes rocosos, desde cómo mejorarlos a cómo encontrar alternativas que ofrezcan mayor seguridad y mejores características. Con esto, los resultados de la implementación de los métodos de protección de taludes brindarán resultados a la inestabilidad del talud estudiada, y, se está empleando una nueva metodología de procesamiento y recolección de datos para las propiedades del diseño geotécnico, lo que también implementará nuevas líneas de investigación que presenten escenarios similares a las que se plantea en el estudio y poder utilizarlo como marco referencial.

### ***1.6.2. Aporte***

El aporte de la investigación es introducir un manual que obtenga información técnica y económica para encontrar la mejor alternativa viable sobre reforzamientos en taludes o acantilados inestables de características de material rocoso o semejante.

Con ello se busca la identificación del terreno, las fallas, y la posible solución para la población en riesgo. También, se optará por buscar softwares innovadores que permitan asegurar la efectividad del método de protección elegido y que además sea posible replicarse en otros proyectos a futuro.

## **1.7. Limitaciones del estudio**

### ***1.7.1. Falta de estudios previos de investigación***

Los estudios de estabilidad de taludes en asentamientos humanos son muy escasos. Por consiguiente, se toman algunas exploraciones con anterioridad elaboradas por varios autores en proyectos de características similares para el desarrollo de la tesis.

### ***1.7.2. Metodológicos o prácticos***

Se permite que se tenga una fuente más adecuada de los diferentes métodos de protección para taludes rocosos y exista mejores resultados, que podría obtener la estabilidad de talud en asentamientos.

### ***1.7.3. Medidas para la recolección de datos***

Son de carácter descriptivo, haciendo un análisis de datos al talud rocoso por analizar.

### ***1.7.4. Obstáculos en la investigación***

La presente investigación no muestra obstáculos considerables, pero de igual forma, la investigación se desarrolla de manera virtual hasta volver a la nueva normalidad después de la pandemia por el virus de la COVID-19.



### **1.8. Alcance del estudio**

La presente investigación se realizará como respuesta a la situación actual de la inestabilidad del asentamiento humano Inty Llacta.

El proyecto de investigación describe los métodos de protección de taludes y se basa en analizar la mejor alternativa económica y técnica para la estabilidad del asentamiento humano Inty Llacta. Busca alcanzar mejores resultados analizando los métodos de protección; y poder reducir los problemas en el proyecto y evidenciar su eficacia.

### **1.9. Viabilidad del estudio**

Es viable, ya que nos facilita reducir y prevenir los deslizamientos de taludes rocosos. Se recopila de numerosa información de estudios para permitir analizar la viabilidad técnica y económica de los métodos de protección de taludes rocosos, así encontrar la mejor alternativa económica y técnica de estabilización que puede tener el asentamiento humano Inty Llacta. También, se tiene los conocimientos del tema escogido.

## **CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO**

### **2.1. Marco histórico**

Desde hace millones de años, los hombres prehistóricos vivieron desamparados en medio de una naturaleza inhumana, rebuscando amparo en cuevas mientras desarrollaban y descubrían nuevas maneras de sobrevivir. Por lo tanto, al recolectar, usar el fuego y crear sus primeras herramientas, deben lidiar con la geología, topografía, clima y movimientos bruscos de la tierra.

En consecuencia, la historia del desarrollo humano está profundamente relacionada con el uso y cambio de las áreas geográficas en las que habita. La construcción de estructuras para proyectos, requieren diferentes movimientos de rocas y del suelo como para la construcción de las edificaciones, canales, caminos, carreteras, defensas para inestabilidades de la naturaleza, estructuras militares, yacimientos mineros, etc. El uso de la roca como material para la construcción civil, ha estado presente desde el desarrollo inicial del hombre, quien ha debido identificar las propiedades, características, las ventajas y desventajas de los tipos de suelos ya sean húmedos, secos, con grava o con arena; y de las rocas si son duras, blandas, planas, redondas, resistentes, etc. Del mismo modo, gracias a la observación y la experiencia, muchos de ellos son perjudiciales para los desastres y accidentes naturales, por el cual, se comenzó a crear las definiciones básicas de la estabilidad y resistencia de las rocas. Con todo lo comentado, es donde nace inicialmente la geotecnia y el estudio de mecánica de suelos y rocas; y actualmente, son responsables de estudiar las propiedades y características de los suelos y de las rocas, su historia, composición molecular, procedencia geológica, la resistencia ante una fuerza externa que pueden perjudicar al comprimirlas, cortarlas o traccionarlas; también se involucra su comportamiento ante la presencia del agua y/u ondas de energía, y finalmente sus consideraciones apropiadas al usarlos en proyectos.

Sin duda, la importancia de comprender las propiedades y comportamientos de la roca y el suelo sigue siendo una necesidad para el ser humano.

## **2.2. Investigaciones relacionadas con el tema**

### **2.2.1. Investigaciones internacionales**

Sanabria (2019) desarrolló un método para evaluar el riesgo de la caída de bloques en pendientes rocosas dentro de un proyecto minero a cielo abierto. Este enfoque se basó en la captura de datos topográficos y estructurales mediante imágenes digitales tomadas por drones y técnicas de fotogrametría digital de corto alcance. A partir de estos datos, se generaron modelos tridimensionales que permitieron simular la distribución de fracturas y las posibles trayectorias de los bloques, lo que facilitó la evaluación del riesgo asociado. El método propuesto incluyó la creación de mapas de amenaza relacionados con la probabilidad de desprendimiento de rocas, fundamentados en las simulaciones de las trayectorias de estos bloques. Además, se introdujo un enfoque semicuantitativo para valorar el riesgo, el cual integró datos geológicos, geotécnicos, ambientales y operativos de las pendientes analizadas. Se llevaron a cabo análisis de estabilidad teniendo en cuenta diversos mecanismos de falla.

En etapas posteriores, se emplearon redes discretas de fracturamiento para examinar la estructura del macizo rocoso y derivar ecuaciones que describían la relación entre la magnitud y la frecuencia de caídas de rocas, sin la necesidad de recopilar datos específicos sobre estos eventos. Finalmente, utilizando estas ecuaciones, se realizó una evaluación cuantitativa del riesgo y se estimaron las posibles consecuencias asociadas.

Manrique y Tigrero (2019) se centraron en examinar la estabilidad de los taludes en Anconcito, provincia de Santa Elena. Realizaron una valoración geomecánica del terreno rocoso y concluyeron, utilizando la clasificación RMR (Índice de Calidad de Masa Rocosa), que la calidad del terreno era de grado medio. Además, mediante la clasificación específica SMR (Índice de Calidad de Masa de Declives), determinaron que presentaba una inestabilidad parcial en relación a las fallas de tipo cuña. Este tipo de falla fue identificado mediante un análisis cinemático. Por último, sugirieron fortalecer el talud utilizando muros de gaviones como método de refuerzo, y también implementar una protección costera para reducir la energía de las olas al impactar contra el terreno rocoso.

Suárez (2019) realizó un levantamiento de datos a través de información estructural de las discontinuidades resaltando las muestras de los afloramientos rocosos de los cerros del Carmen y Ana. El autor concluye del análisis cinemático del estudio, que hay tres familias de discontinuidades. La calidad, que presenta el macizo rocoso bajo a la clasificación RMR, da como resultados las clasificaciones para los taludes SMR y Q Slope el cual establece la calidad de los macizos rocosos y diferenciando los valores con

RMR, ya que considera las propiedades físicas y ambientales que se encuentra en la superficie del talud; y, después de definir, pudo calcular el ángulo para la pendiente máxima y su estabilidad para obtener el ángulo máximo permisible dando como resultado un talud inestable y con una calidad muy mala.

Monte (2020) analizó el talud de rocas en la provincia de Concepción, tomando dos casos con diferentes propiedades y condiciones de estabilidad. Su objetivo principal es tener una réplica de las condiciones reales para ambos casos y se utilice un modelo numérico con el propósito de establecer la causa de los desprendimientos de los taludes. Por lo cual, se emplea el método del modelamiento continuo y usando el método de elementos finitos porque es el que mejor conviene a la investigación. Para el talud del caso A, se obtuvo una altura máxima de 24 metros con una inclinación de  $54^\circ$  y para el talud del caso B, una altura máxima de 9 metros con una inclinación  $55^\circ$ ; y, con bajas condiciones para ambos casos teniendo una densidad de  $2640 \text{ kg/m}^3$ , porosidad de 11.7%, UCS de 15MPa y un módulo de deformación del macizo rocoso menor a 500 MPa. Como conclusión, se obtuvieron los resultados más cercanos a condiciones reales.

Khatri (2020) presentó un análisis de estabilidad de taludes naturales sometidos a un corte para emplear en la construcción de la carretera para tres diferentes cambios a lo largo de Kanti Lokpath y utilizando el método de equilibrio límite mediante Slope/W y el método de los elementos finitos a través de Phase2. Los datos se obtuvieron a partir de ensayos de laboratorios realizados en una gran variedad de muestras para determinar las propiedades mecánicas y físicas. Se determinó el factor de seguridad para los taludes mencionados en diferentes condiciones. Se concluyó, la estabilidad del talud va disminuyendo con el aumento del nivel freático, del peso unitario, disminución de la resistencia, fricción y cohesión. Los taludes cortados son inestables cuando tienen condiciones secas y el nivel freático sube. Y, por último, recomienda la implementación de muros de contención y técnicas de clavado, ya que son medidas preventivas para proporcionar una solución optimizada.

### ***2.2.2. Investigaciones nacionales***

Silva (2018) examinó el impacto de la incorporación de muros anclados en la estabilidad de los taludes en la ruta "Las Pirias - Cajamarca". En su investigación, llevó a cabo una comparación entre dos enfoques de análisis utilizando software especializado. La tesis adoptó una metodología de tipo cuasi experimental, con un enfoque de investigación aplicada y cuantitativa, además de un nivel explicativo. La recolección de datos se realizó principalmente a través de la observación.

Los resultados del estudio indicaron que la zona de estudio presentaba inestabilidad, ya que mostraba un bajo factor de seguridad que podría dar lugar a deslizamientos. Sin embargo, al implementar sistemas de anclaje, la estabilidad del área mejoró significativamente. En consecuencia, la investigación recomendó la adopción de un sistema de refuerzo para garantizar la estabilidad de los taludes.

Mamani y Pisco (2020) determinaron las características geomecánicas de macizos rocosos para la estabilidad del talud en el tramo de carretera 40+200 – KM 44+800, desvío Michiquillay – Quinuamayo en Cajamarca. La investigación fue de tipo aplicado con un alcance correlacional y con un enfoque cuantitativo. Realizaron el análisis cinemático para 8 estaciones de la zona de estudio dando como resultado una mayor probabilidad de que exista una rotura tipo planar y rotura por cuña, determinando el factor de seguridad para todos los taludes por el criterio de Hoek-Brown. Como conclusión, el talud 3, tuvo un factor de seguridad de 0.58 en condiciones pseudo-estáticas y un factor de seguridad de 0.72 en condiciones estáticas, siendo un talud inestable y se propuso modificar la topografía para la estabilidad del macizo rocoso. Para el resto de los taludes analizados, se propuso un método de protección empleando mallas metálicas de acero con la función de manejar la erosión en la capa superficial y así previniendo el deslizamiento de rocas.

Aguilar (2019) se enfoca en el análisis y diseño de la estabilidad de un talud en el Sector Sausacocha – Pallar Km. 8+000 al 9+000, en la Provincia de Sánchez Carrión, departamento de La Libertad. Este estudio aborda el problema de los deslizamientos recurrentes en la zona, atribuidos a la erosión, movimientos sísmicos y fuertes precipitaciones. La investigación sigue un enfoque descriptivo, ofreciendo resultados detallados y fieles a la realidad, basándose en la recopilación de datos y un análisis exhaustivo de la información disponible.

Se examinan diversos factores que influyen en la estabilidad del talud, utilizando principios de mecánica de suelos y métodos aproximados para el estudio. El objetivo principal es identificar posibles soluciones para prevenir futuros deslizamientos. Como resultado, se concluye que se han considerado tres métodos para estabilizar el talud: el sistema de Malla Anclada (TECCO), el sistema de Suelo Reforzado y el sistema Erdox. Se ha desarrollado el diseño y los planos correspondientes para implementar estos sistemas de estabilidad en el talud.

Pari (2021) llevó a cabo un estudio para evaluar la efectividad de la estabilización de taludes mediante el uso de anclajes metálicos en la carretera de Chojata en Moquegua. El enfoque metodológico utilizado en esta investigación se basó en el método científico,

con un diseño de tipo aplicado y un nivel explicativo. Además, se empleó un diseño cuasi experimental.

El autor recopiló datos y recogió muestras para análisis de laboratorio con el propósito de alimentar información al programa Slide. Los resultados de la investigación indicaron que la estabilización de los taludes utilizando anclajes metálicos tuvo un impacto positivo, logrando una estabilización de 2.25 metros cuadrados por anclaje, considerando el ángulo y la tensión de anclaje óptimos. Además, se observó que la implementación de este método de refuerzo implicaba un menor tiempo y costos de ejecución en comparación con otras alternativas.

Quispe (2021) aplicó el método de fortificación en un talud con shotcrete en el borde de túneles con pendientes mayores a 45°, minimizando los riesgos geotécnicos de deslizamiento rocosos por factores de tipo antrópico. Emplea una metodología descriptiva – explicativa. También implementó distintas medidas de control para cuidar y proteger la integridad y salud de las personas, velar por el ambiente y mejorar la calidad en la ejecución de las partidas. Y, por último, concluyó que los taludes de tipo antrópicos no se pueden considerar como taludes estables indefinidamente, pues es inestable por causa de agentes naturales por lo que es importante realizar un sostenimiento y fortificación en ciertas áreas.

### ***2.2.3. Artículo relacionado con el tema***

Prakasam et al. (2021) se centran en las medidas de estabilización del deslizamiento de tierra en Dhalli, Himachal Pradesh. El análisis cinemático muestra que el buzamiento de las juntas hacia el plano de asentamiento provoca una falla de cuña. Con el criterio de falla de Mohr-Columb, utilizan el software Rocscience con base en los resultados de la investigación de campo y la morfometría de los deslizamientos de rocas. Las juntas tienen un área de cuña combinada de 1884 m<sup>2</sup> con un valor de FOS de 0.9. Como conclusión, se propuso un método de protección utilizando una red de alambre reforzada con una separación de cuadrícula de 15x15 cm y shotcrete de 30 cm de espesor con un FOS de 1.6 mejorando la estabilidad.

Dong et al. (2021) analizan las fallas de la inestabilidad en taludes rocoso-altos y empinados. Concluyen que los resultados de la investigación muestran que el gran bloque formado por una capa de discontinuidad y la fractura de la capa de la pendiente alcanza 26000 m<sup>3</sup> con bajo factor de seguridad, deslizándose por el plano estructural en ambos lados y los datos del monitoreo de seguridad muestran que el bloque llega a ser estable empleando el refuerzo con anclaje.

Zhang et al. (2022) discuten la estabilidad de la roca con pernos bajo la acción de tracción y corte en taludes rocosos con lecho, llegando a los resultados mostrados en el modelo de resistencia al corte con pernos y a la contribución de la fuerza axial y cortante de los pernos a la resistencia al corte en taludes rocosos de lecho. Concluyen que la resistencia total se reduce con la mayor inclinación del perno y con el aumento del ángulo de dilatación, la roca incrementa su fuerza con respecto a la resistencia del perno. Y, por último, cuando la inclinación de la roca con perno es igual al ángulo de fricción, la carga del perno es el valor máximo de la resistencia del movimiento de la roca. Cuanto mayor sea el diámetro de los pernos, mayor será la resistencia del perno.

Li y Hoeien (2023) mencionan que para poder evaluar la estabilidad de un talud rocoso es necesario calcular el factor de seguridad. Menciona que Hoek y Bray propusieron una fórmula para hallar el factor de seguridad en taludes rocosos con reforzamientos de protección como los pernos pretensados y los anclajes. Y para el soporte pasivo, se emplean los reforzamientos de pernos no tensados y anclajes, dicha fuerza se suma como una fuerza de resistencia adicional en los cálculos. Finalmente, examinan las dos maneras del cálculo de factor de seguridad empleando el método del equilibrio simple, donde demuestran los problemas ocasionados con respecto al soporte activo. Concluyen que la fuerza de los reforzamientos siempre debe considerarse como una fuerza de resistencia para el cálculo del factor de seguridad, muy aparte de que sea un apoyo pasivo o activo.

## **2.3. Estructura teórica y científica que sustenta el estudio**

### **2.3.1. Estabilidad de taludes**

Es la transformación en que se valúan de forma cuantitativa la división de las fuerzas resistentes y las fuerzas que se desplazan e intervienen sobre un talud.

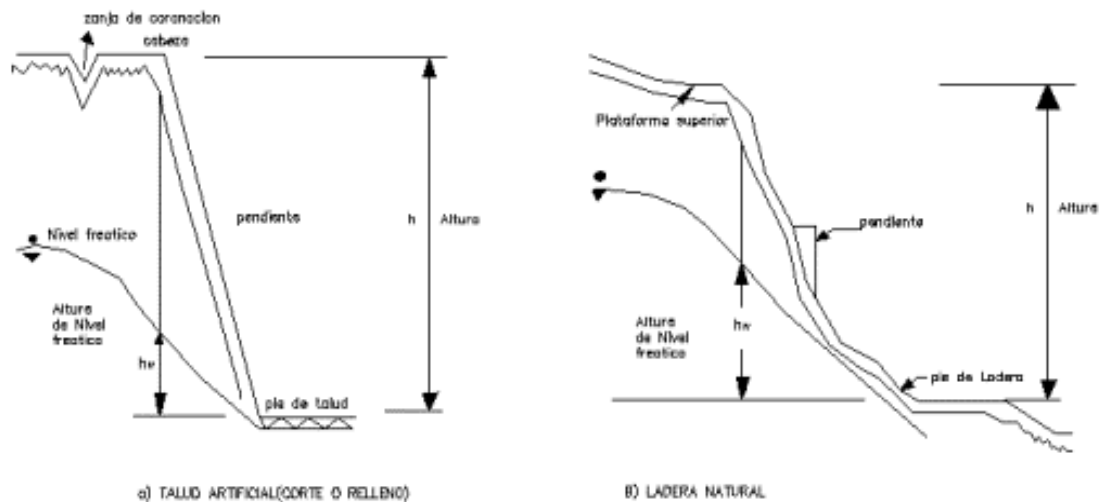
De Matteis (2003) lo explica como la firmeza de un fragmento de la tierra frente a un movimiento; por esta razón, es esencial observar los criterios fundamentales para la estabilidad de un talud, como la adecuada inclinación en un corte, casi siempre las que dan mayor seguridad son las que más se mantienen por bastante tiempo sin algún deslizamiento como se grafica en la figura 3.

Skempton y Hutchinson (1969) señalan que el estudio científico de taludes cuenta con aplicaciones que pueden alterar desde los diferentes problemas de la geomorfología hasta el pronóstico de la estabilidad para los propósitos de la ingeniería civil y el diseño con medidas necesarias donde un deslizamiento puede ocasionar pérdida de vidas o destrucción del área.

“Este procedimiento, conocido como evaluación de la estabilidad de un talud, incluye la identificación y la confrontación del corte que se desarrolla a lo largo de la superficie de falla más probable con la resistencia del suelo a la ruptura.” (Braja, 2001, p. 334).

### Figura 3

#### Nomenclatura de talud y ladera



Nota. Adaptado de *Principios de la ingeniería de cimentaciones*, por Braja M. Das, 1984.

#### 2.3.2. Factor de seguridad

Bishop (1955) menciona que es el resultado de la relación de la resistencia al corte existente del suelo, en un terreno crítico por deslizamientos, con la resistencia al corte necesario para conservar la estabilidad.

El factor de seguridad se entiende como la relación de las fuerzas resistentes entre las fuerzas desestabilizadoras. A mayor sea el número se tendrá una mayor seguridad y por lo cual habrá más medidas estabilizadoras.

Suárez-Burgoa (2018) define al factor de seguridad como la relación entre la resistencia cortante perteneciente a las propiedades del suelo en toda la superficie de falla con la resistencia cortante siendo necesario para poder tener una estabilidad.

“Cuando el  $F_s$  es igual o menor a 1, el talud está en un fallo inminente, en general un valor mayor a 1 es aceptable para el diseño de un talud estable” (Braja, 2001, p. 336).

De la tabla 1, cuando el factor de seguridad de un talud llega a ser menor que 1, significa que es inestable y hay probabilidad de sufrir deslizamientos, caso contrario, si el factor del talud es mayor a 1 hace que sea un talud estable, con una mejor resistencia.



**Tabla 1***Factores de seguridad sugeridos*

<b>Caso</b>	<b>Condición</b>	<b>FS</b>	<b>PF</b>
Caso estático	Durante la construcción	>1.2	<0
	Vida útil, caso estático	>1.5	<0.5
Caso dinámico	Durante la construcción, sismo de servicio	>1.0	<2
	Vida útil, sismo de diseño	>1.0	<5

*Nota.* Adaptado de “Análisis de estabilidad de taludes” (p. 57), por Suárez-Burgoa, 2018, Universidad Ricardo Palma.

#### **2.3.4. Mecánica de rocas**

La mecánica de rocas introduce en el ámbito de abarcar el estudio de propiedades, su comportamiento y desarrollo que tienen ante fuerzas externas e internas que ejercen sobre ellos.

Las rocas generalmente son un sistema continuo, de partículas muy adherentes cohesivamente con características de carácter heterogéneas (propiedades diferentes en litología, meteorización, etc.) y anisótropos (propiedades diferentes según su dirección) afectados por las transformaciones geológicas y ambiental.

La matriz rocosa se muestra afectada por discontinuidades que separan los bloques de roca y esto componen al macizo rocoso, donde se deben investigar las dos propiedades de sus componentes.

#### **2.3.4. Características de las rocas**

##### **2.3.4.1. El Macizo Rocos.**

Es la unión del material de bloque de rocas y las discontinuidades que se comporta de manera no continua y anisótropo por consiguiente a la orientación, frecuencia y la naturaleza (González Vallejos, L. et. al. 2002).

- a. Roca Intacta: Se representa en fragmento rocoso sin discontinuidad que tiene menor volumen que el macizo rocoso, en caso de que aumente, cambia su estructura geológica y varía la calidad de las propiedades mecánicas (J. Hudson y J. Harrison, et. al. 1997).
- b. Discontinuidad: Se define como la alteración de la uniformidad de planos débiles en diferentes magnitudes del material rocoso. Para ello hay propiedades que posibilitan describir y caracterizar las discontinuidades como la orientación, espaciamiento, apertura, persistencia, rugosidad y relleno (A. Palmström, et. al. 1995).

### 2.3.5. *Propiedades físicas y mecánicas del macizo rocoso*

La mayor variación de propiedades y características físicas y mecánicas, del estudio de mecánica de sólidos, es que tienen comportamientos discontinuos y no lineales. Hay muchos parámetros que sirven para poder identificar y clasificar las propiedades físicas, mediante ensayos y técnicas de laboratorio, descripción visual y difracción de rayos x, y de los cuales los más importantes son:

- a. Porosidad: es el porcentaje del volumen de la roca ocupado por los poros entre el volumen total de la roca, asimismo, es la propiedad que más perjudica en la resistencia, densidad y atribuye a la deformabilidad, normalmente disminuye esta propiedad con la antigüedad de la roca y profundidad.
- b. Peso Unitario: el peso unitario o también peso específico se determina como el peso por unidad de volumen, generalmente es igual a la densidad y se trabaja en unidades de fuerza. La tabla 2, indica los valores del peso y porosidad con respecto al tipo de roca.

**Tabla 2**

*Valores típicos del peso específico y porosidad de las rocas*

Roca	Peso específico (g/cm <sup>3</sup> )	Porosidad (%)
Andesita	2,2 - 2,235	10 - 15
Arenisca	2,3 - 3,0	5 - 25 (16,0)
Caliza	2,3 - 2,6	5 - 20
Cuarcita	2,6 - 2,7	0,1 - 0,5
Granito	2,6 - 2,7	0,5 - 1,5 (0,9)
Lutita	2,2 - 2,6	2 - 15
Pizarra	2,5 - 2,7	0,1 - 1

*Nota.* Adaptado del libro Ingeniería Geológica (p. 128), por Gonzáles et al. (2002).

- c. Permeabilidad: se define como la posibilidad o capacidad de transferir agua de una roca, produciendo al beneficio de los poros y fisuras a consecuencia del grado de alteración, la anisotropía y esfuerzo que somete la roca. Se mide por el coeficiente de conductividad hidráulica “k” expresado en m/s como se observa en la tabla 3:

**Tabla 3***Valores típicos de permeabilidad de la matriz rocosa*

Roca	K (m/s)
Arenisca	$10^{-5} - 10^{-10}$
Caliza	$10^{-6} - 10^{-12}$
Pizarra	$10^{-11} - 10^{-13}$
Granito	$10^{-9} - 10^{-12}$
Lutita	$10^{-9} - 10^{-12}$

*Nota.* Adaptado del libro Ingeniería Geológica (p. 129), por Gonzáles et al. (2002).

- d. Durabilidad: se determina como la resistencia que obtiene la roca ante el proceso de meteorización y desintegración, de tal forma que, a mayor densidad, hay menor contenido de agua que degrada la resistencia de la roca. Se representa el índice de durabilidad como porcentaje de la roca mediante un ensayo de laboratorio que relaciona el material sometido al horno y se compara con el peso inicial de la muestra.
- e. Resistencia de compresión simple: es el máximo esfuerzo que sostiene la roca a una compresión uniaxial, además se puede estimar el valor de la estructura de manera cercana con los índices obtenidos en campo con ensayos (martillo Schmidt).
- f. Velocidad de propagación de las ondas elásticas: requiere de la propiedad elástica y densidad del material para obtener varias características similares como la porosidad. Así se determina que si la roca es sana puede tener un valor muy alto en velocidad de propagación expresado en (m/s) mientras que si la roca ha sufrido meteorización o alteración su valor será menor.

### **2.3.6. Clasificación de las rocas**

En general, en la tabla 4, nos determina información sobre características de determinados orígenes de roca, con ello facilita subclasificar en grupos los tipos de roca que hay, no obstante, puede variar en sus propiedades físicas y mecánicas como es la resistencia.

La propiedad más habitual para clasificar las rocas es la resistencia a compresión simple, como se detalla en la tabla 5, además el grado de alteración también influye mucho en representar la clasificación mediante propiedades, que esta misma atribuye con el paso del tiempo.

**Tabla 4***Clasificación geológica general de las rocas*

Clasificación de las rocas por su origen		
Rocas sedimentarias	Detríticas	Cuarcitas, areniscas, lutita, limonita, conglomerado
	Químicas	Evaporitas, caliza dolomítica
	Orgánicas	Caliza, carbón, rocas coralíferas
Rocas ígneas	Plutónicas	Granito, gabro, diorita
	Volcánicas	Basalto, andesita, riolita
Rocas metamórficas	Masivas	Cuarcita, mármol
	Foliadas o con esquistosidad	Pizarra, filita, esquisto, gneis

*Nota.* Adaptado del libro Ingeniería Geológica (p. 132), por Gonzáles et al. (2002).

**Tabla 5***Clasificación de las rocas a partir de su resistencia a compresión simple*

Resistencia a la compresión simple (MPa)	ISRM (1981)	Geological Society of London (1970)	Bieniawski (1973)	Ejemplos
< 1	Suelos			
1 - 5	Muy blanda	Blanda > 1,25		
5 - 12,5	Blanda	Moderadamente blanda	Muy baja	Sal, lutita, limonita, marga, toba, carbón.
12,5 - 25		Moderadamente dura		
23 - 50	Moderadamente dura		Baja	Esquisto, pizarra.
50 - 100	Dura	Dura	Media	Rocas metamórficas esquistosas, mármol, granito, gneis, areniscas, caliza porosa.
100 - 200	Muy dura	Muy dura	Alta	Rocas ígneas y metamórficas duras, arenisca muy cementada, caliza, dolomía
> 200		Extremadamente dura		
> 250	Extremadamente dura		Muy alta	Cuarcita, gabro, basalto

*Nota.* Adaptado del libro Ingeniería Geológica (p. 133), por Gonzáles et al. (2002).

### 2.3.6.1. Clasificación geomecánica.

Las clasificaciones geomecánicas instauran variedades grados de calidad en condición de las propiedades de la matriz rocosa y discontinuidades como la clasificación de RMR de Bienawski y la Q de Barton, serán útiles para el estudio y ejecución de proyectos de ingeniería.

#### a) Rock Mass Rating (RMR)

Los criterios utilizados para clasificar un terreno rocoso mediante el sistema RMR involucran asignar puntuaciones a cada variable en una escala de 0 a 100 puntos (Bienawski, 1989).

La tabla 6, puede determinar el sistema RMR según la clase del macizo rocoso.

- a. Resistencia a la compresión uniaxial de la roca.
- b. Índice de Calidad de la Roca (RQD)
- c. Espaciado entre discontinuidades.
- d. Condición de las discontinuidades.
- e. Agua Subterránea

#### **Tabla 6**

*Valores de Rock Mass Rating (RMR)*

Descripción	RMR	Clase de Macizo Rocosos
Roca muy buena	81-100	I
Roca buena	61-80	II
Roca regular	41-60	III
Roca mala	21-40	IV
Roca muy mala	0-20	V

*Nota.* Adaptado de “Clasificación geomecánica RMR” (p. 68), por Bieniawski, 1989.

#### b) GSI

“El índice de resistencia geológica (GSI) evalúa las características del macizo rocoso fracturado en relación con la estructura geológica y el estado de las superficies de las discontinuidades.” (Osinermin, 2017, p. 13).

En la figura 4, se aprecia las condiciones superficiales con respecto a la estructura.

**Figura 4**

GSI

<p>INDICE DE RESISTENCIA GEOLOGICO GSI (Hoek &amp; Marinos, 2000). A partir de la litología, estructura y la condición de superficie de las discontinuidades, se estima el valor promedio de GSI. No intente ser muy preciso. Escoger un rango de 33 a 37 es más realista que fijar GSI=35. También notar que esta tabla no se aplica a mecanismos de falla controlado por estructuras. Donde se presenten planos estructuralmente débiles en una orientación desfavorable con respecto a la cara de la excavación, estos dominarán el comportamiento del macizo rocoso. La resistencia al corte de las superficies en rocas que son propensas a deteriorarse como resultado de cambios en la humedad, se reducirá cuando exista presencia de agua. Cuando se trabaje con rocas de categoría regular a muy mala, puede moverse hacia la derecha para condiciones húmedas. La presión de poros se maneja con un análisis de esfuerzos efectivos.</p>		<p>CONDICIONES SUPERFICIALES</p>		<p>DISMINUYE CALIDAD DE SUPERFICIE →</p>	
<p>ESTRUCTURA</p>		<p>MUY BUENA Muy rugoso. Superficies frescas sin meteorización</p>		<p>BUENO Rugoso. ligeramente meteorizada. superficies con óxido</p>	
<p>REGULAR Lizas, moderadamente meteorizadas y superficies alteradas.</p>		<p>MALA Espejo de falla, altamente meteorizadas con recubrimiento compacto o rellenos o fragmentos</p>		<p>MUY MALA Espejo de falla. superficies altamente meteorizadas con recubrimiento de arcilla suave o rellenos</p>	
<p>DISMINUYE EL ENTRELAZADO DE PEDAZOS DE ROCA ↓</p>		<p>DISMINUYE CALIDAD DE SUPERFICIE →</p>		<p>DISMINUYE CALIDAD DE SUPERFICIE →</p>	
<p>Intacta o Masivo: Especímenes de roca intacta o masivo in situ con pocas discontinuidades ampliamente espaciadas.</p>		<p>90</p>		<p>N/A</p>	
<p>Levemente fracturado: Macizo rocoso no disturbado, muy bien entrelazado, constituido por bloques cúbicos formados por tres familias de discontinuidades</p>		<p>80</p>		<p>N/A</p>	
<p>Moderadamente Fracturado: Entrelazado, macizo rocoso parcialmente disturbado con bloques angulosos de varias caras formado por 4 o más familias de discontinuidades</p>		<p>70</p>		<p>N/A</p>	
<p>Muy Fracturado/Disturbado/Agrietada: Foliada con bloques angulosos formados por la intersección de muchas familias de discontinuidades. Persistencia de planos de estratificación o esquistocidad</p>		<p>60</p>		<p>N/A</p>	
<p>Desintegrado: Pobremente entrelazado, macizo altamente fracturado compuesto de una mezcla de pedazos de rocas angulosas y redondeadas</p>		<p>50</p>		<p>N/A</p>	
<p>Foliado/Laminado/Cizallado: Falta de formación de bloques debido al pequeño espaciamiento o esquistocidad débil o planos de corte</p>		<p>40</p>		<p>N/A</p>	
<p></p>		<p>30</p>		<p>N/A</p>	
<p></p>		<p>20</p>		<p>N/A</p>	
<p></p>		<p>10</p>		<p>N/A</p>	

Nota. Adaptado de “a geologically friendly tool for rock mass Strength estimation” (p. 4), por Hoek y Marinos, 2000.

c) RQD

Este valor del índice de RQD, se puede determinar en la relación de las sumas de medidas de fragmentos obtenidos en muestras mayores de 10 cm y el total del tramo considerado. En la tabla 7, el índice de RQD determina la calidad de la roca.

**Tabla 7**

*Clasificación de la calidad del macizo rocoso según el índice RQD*

RQD %	Calidad
< 25	Muy mala
25 - 50	Mala
50 - 75	Media
75 - 90	Buena
90 - 100	Muy buena

Nota. Adaptado del libro Ingeniería Geológica (p. 134), por Gonzáles et al. (2002).

### 2.3.7. Resistencia del macizo rocoso

Resistencia de la matriz rocosa es uno de las propiedades más representativos para clasificación geomecánicas, ante ello hay varios factores que acondicionan esta propiedad como es la meteorización de la roca; que desintegra la composición cambiando las características de forma física (cambios de volumen, humedad o temperatura) y/o química (disolución del material) de la roca.

#### 2.3.7.1. Criterio de Roturas.

##### a) Método de Mohr-Coulomb

Según las conclusiones de Hoek, Carranza y Corkum (2002), implica que tiene lugar una fractura por corte al alcanzarse la resistencia de pico del material y resulta crucial calcular el ángulo de fricción y la cohesión en los terrenos rocosos. Estos valores se obtienen mediante una relación lineal promedio aplicada a la curva generada a partir de la ecuación (1) y (2), que considera el intervalo de esfuerzo principal menor, determinado por  $\sigma_1 < \sigma_3 < \sigma_3^{\max}$ . El objetivo del proceso de ajuste es equilibrar las áreas ubicadas tanto por debajo como por encima de la curva de Mohr-Coulomb.

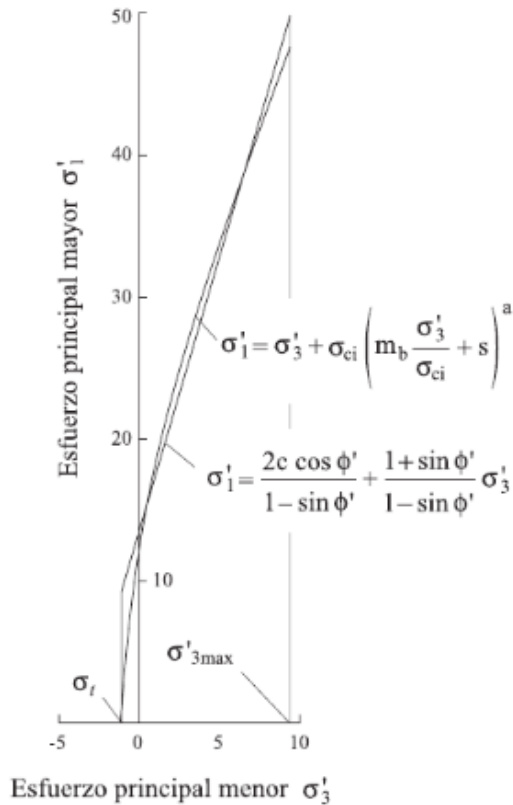
$$\phi' = \sin^{-1} \left[ \frac{6am_b(s + m_b\sigma'_{3n})^{a-1}}{2(1+a)(2+a) + 6am_b(s + m_b\sigma'_{3n})^{a-1}} \right] \quad (1)$$

$$c' = \frac{\sigma_{ci}[(1+2a)s + (1-a)m_b\sigma'_{3n}](s + m_b\sigma'_{3n})^{a-1}}{(1+a)(2+a) \sqrt{1 + \frac{6am_b(s + m_b\sigma'_{3n})^{a-1}}{(1+a)(2+a)}}} \quad (2)$$

En la figura 5, el valor de  $\sigma'_{3\max}$  (límite superior del esfuerzo de confinamiento) de la relación de los métodos Hoek-Brown y Mohr-Coulomb, se evaluó para cada caso de manera individual.

**Figura 5**

*Relación de esfuerzos principales para Hoek-Brown y Mohr-Coulomb*



*Nota.* Adaptado de “El criterio de rotura de Hoek-Brown” (p. 4), por Hoek-Brown, 2002.

b) Método de Hoek-Brown

Criterio de Hoek y Brown implica evaluar la resistencia de la matriz rocosa isótropa en condiciones triaxiales.

Este criterio de falla es válido en el contexto de macizos rocosos isotrópicos, y toma en consideración varios factores que influyen en la fractura de un medio rocoso a gran escala. Estos factores incluyen la respuesta no lineal a diferentes niveles de tensión, la influencia de la naturaleza de la roca y el estado del macizo, la relación entre la resistencia a la compresión y la resistencia a la tracción, la reducción del ángulo de fricción con el aumento de la presión de confinamiento, entre otros. Inicialmente, este criterio se desarrolló con el propósito de aplicarse a macizos rocosos fracturados, pero sin alteraciones significativas en la matriz rocosa resistente. Se asume que los bloques de roca están en contacto unos con otros y que la resistencia del macizo está mayormente determinada por las características de las discontinuidades. La expresión (3) define la resistencia del macizo según este criterio. (Hoek y Brown, 1980).

$$\sigma_1 = \sigma_3 + \sigma_{ci} \sqrt{m \frac{\sigma_3}{\sigma_{ci}} + s} \quad (3)$$



donde:

- $\sigma_1$  y  $\sigma_3$  son los esfuerzos principales mayor y menor en rotura.
- $\sigma_{ci}$  es la resistencia a compresión simple de la matriz rocosa.
- m y s son constantes adimensionales que dependen de las propiedades del macizo rocoso, del tipo de roca y de la frecuencia y características de las discontinuidades.

En la tabla 8, se establece las roturas con respecto a los planos de discontinuidades según la característica de la roca.

**Tabla 8**

*Criterios de roturas en macizo rocosos*

Características del macizo rocoso	Rotura a favor de los planos de discontinuidades
Macizo rocoso masivo sin discontinuidades	No es posible
Macizo rocoso estratificado	Mohr-coulomb (c y $\phi$ de las discontinuidades).
Macizo rocoso con dos familias de discontinuidades	Mohr-coulomb (c y $\phi$ de las discontinuidades).
Macizo rocoso con tres familias de discontinuidades ortogonales	Hoek y Brown (m, s y $\alpha$ del macizo).
Macizo rocoso con cuatro o más familias de discontinuidades	Hoek y Brown (m, s y $\alpha$ del macizo).

*Nota.* Adaptado del libro Ingeniería Geológica (p. 201), por Gonzáles et al. (2002).

### **2.3.8. Mecanismo de Falla**

#### **2.3.8.1. Rotura Planar.**

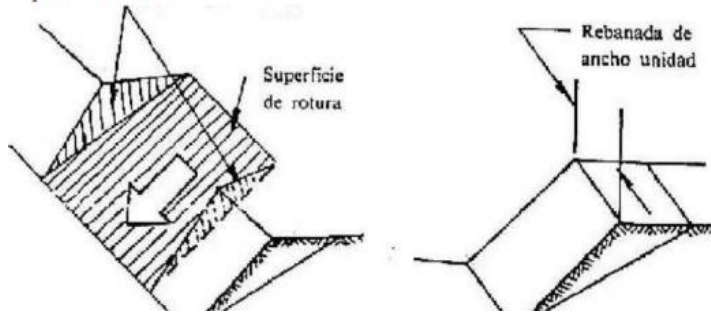
Es el deslizamiento que resulta de una sola superficie, que predomina la fracturación de la roca y está orientada al margen del talud como se muestra la figura 6.

No es tan común esta falla ya que deben tener un peculiar caso de condiciones geométrica y consiste que debe estar paralelo en el sentido de la estructura geológica y la cara del talud con un máximo de 20°, como también la existencia de superficies laterales que bordean el bloque de roca con posibilidad de deslizamiento (C. Wyllie y C. Mah, 2004).

## Figura 6

### Mecanismos de rotura de planar

superficies laterales



*Nota.* Adaptado de “análisis para estabilidad de taludes en roca utilizando mallas galvanizadas ancladas, ciudad Nueva Fuerabamba Apurímac” (p. 47), por Herrera, 2000, Universidad Nacional del Centro del Perú.

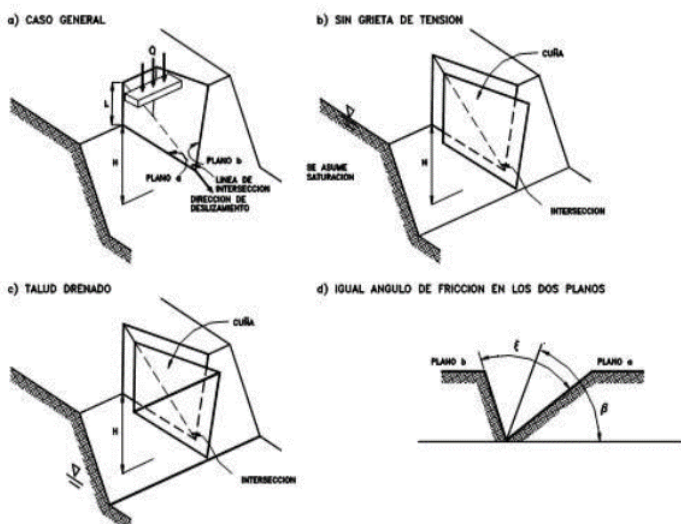
### 2.3.8.2. Rotura por Cuña.

Es el deslizamiento que forman 2 o más discontinuidades de bloque de roca con probabilidad de riesgo a la caída de roca libre, como se observa en la figura 7, por lo cual es la falla más común por las condiciones geológicas y geométricas.

Consiste que la estructura de bloque de roca debe tener un distinto rumbo a la línea de intersección y superficie del talud se establece que es necesario contar con un mayor ángulo de fricción promedio de la roca y menor a la superficie del talud (Suarez, 1998).

## Figura 7

### Esquema general de la falla en cuña



*Nota.* Adaptado de “análisis para estabilidad de taludes en roca utilizando mallas galvanizadas ancladas, ciudad Nueva Fuerabamba Apurímac” (p. 52), por Herrera, 2000, Universidad Nacional del Centro del Perú.

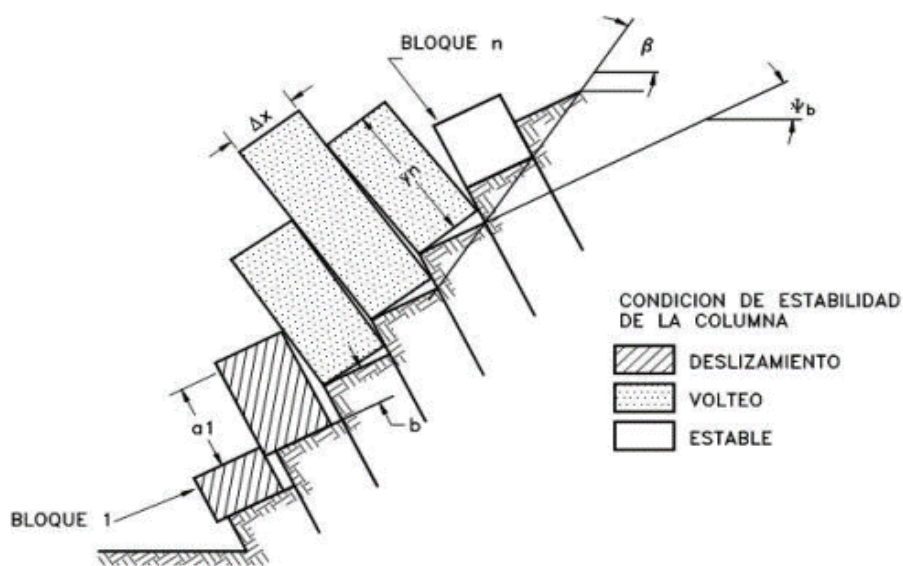
### 2.3.8.3. Rotura por Volteo.

El deslizamiento radica en la rotación de bloques o columnas de roca desde un punto base fija rumbo paralelo al plano del talud. En la figura 8, se detalla el trabajo de la rotura por volteo.

Consiste en la rotura de flexión de columnas continuas de roca divididas por discontinuidades de mayor pendiente cuando se inclina hacia delante. Y cuando las columnas de menor tamaño que están ubicadas adelante, las empujan las de mayor tamaño (Suarez, 1998).

### Figura 8

*Esquema general de la falla al volteo*



*Nota.* Adaptado de “análisis para estabilidad de taludes en roca utilizando mallas galvanizadas ancladas, ciudad Nueva Fuerabamba Apurímac” (p. 55), por Herrera, 2000, Universidad Nacional del Centro del Perú.

### 2.3.9. Meteorización

La observación del grado de meteorización de una roca es de gran relevancia, ya que influye de manera determinante en sus características mecánicas. A medida que progresa el proceso de meteorización, aumentan la porosidad, permeabilidad y deformabilidad del material rocoso, al mismo tiempo que su resistencia disminuye.

Asimismo, en la tabla 9, se determina el grado de meteorización con respecto al aspecto físico de la roca.

**Tabla 9**

*Descripción del grado de meteorización*

Término	Descripción
Fresca	No se observan signos de meteorización
Decolorada	Se observan cambios en el color original de la matriz rocosa
Desintegrada	La roca se ha alterado al estado de un suelo, manteniéndose la fábrica original
Descompuesta	La roca alterada, los minerales están descompuestos.

*Nota.* Adaptado del libro Ingeniería Geológica (p. 244), por Gonzáles et al. (2002).

**2.3.10. Discontinuidades**

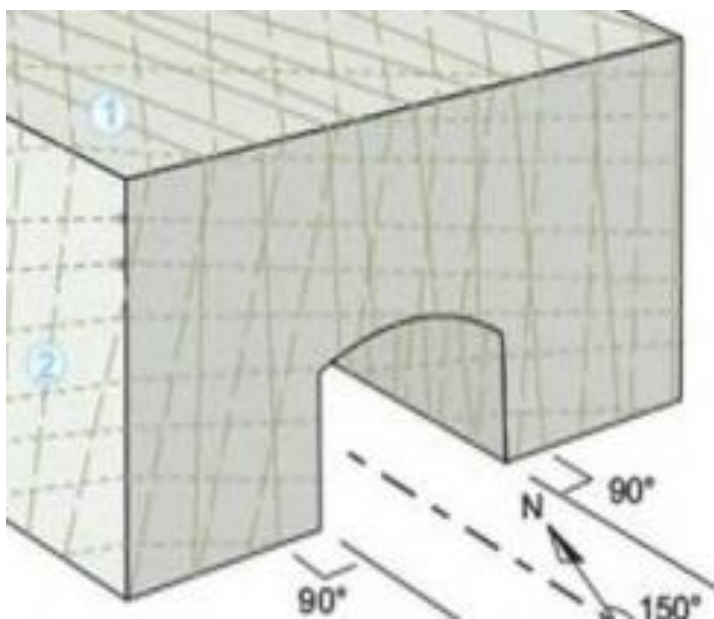
Las discontinuidades someten un carácter anisótropo efectuando que sean menos resistentes, lo que perjudica la evaluación del comportamiento mecánico, de ellos son:

**2.3.10.1. Orientación.**

Los aspectos de distintas familias de discontinuidades con orientaciones diferentes definen el grado fracturación del macizo rocoso, se mide por la dirección de buzamiento que es la línea de la máxima pendiente alineado al norte ( $0^\circ$  a  $360^\circ$ ) y el buzamiento, ángulo formado por la inclinación horizontal de talud hacia su mismo plano ( $0^\circ$  a  $90^\circ$ ) como indica la figura 9.

**Figura 9**

*Representación de familia de discontinuidades por un bloque diagrama*



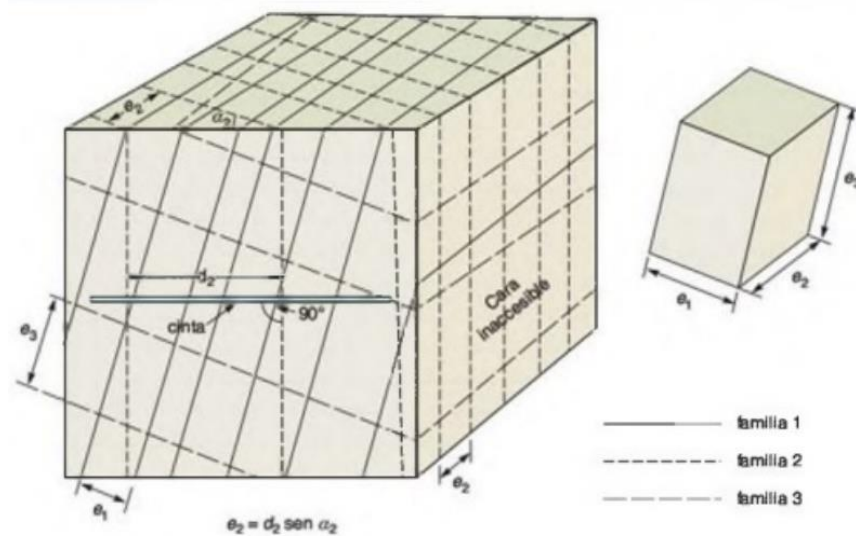
*Nota.* Adaptado del libro Ingeniería Geológica (p. 181), por Gonzáles et al. (2002).

### 2.3.10.2. Espaciado.

La distancia que hay entre los planos de discontinuidad de forma perpendicular de una misma familia, su valor es proporcionalmente a la resistencia de la matriz rocosa como indica la figura 10. Como norma general, la longitud de medida debe ser unas diez veces superior al espaciado.

**Figura 10**

*Medida del espaciado en una cara expuesta del afloramiento*



*Nota.* Adaptado del libro Ingeniería Geológica (p. 248), por Gonzáles et al. (2002).

### 2.3.10.3. Continuidad.

La longitud de todo el plano de discontinuidad según el plano de dirección y su buzamiento, para ello se realiza la medición con cinta métricas destacando las familias más continuas y en la tabla 10, se detalla la continuidad.

**Tabla 10**

*Descripción de la continuidad*

Continuidad	Longitud
Muy baja continuidad	< 1 m
Baja continuidad	1 - 3 m
Continuidad media	3 - 10 m
Alta continuidad	10 - 20 m
Muy alta continuidad	> 20 m

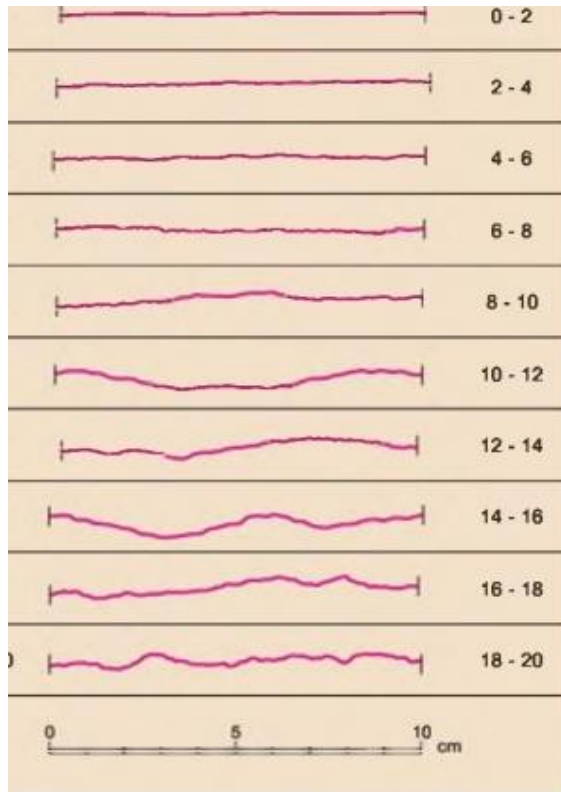
*Nota.* Adaptado del libro Ingeniería Geológica (p. 250), por Gonzáles et al. (2002).

#### 2.3.10.4. Rugosidad.

El concepto de rugosidad se utiliza de manera amplia para describir tanto la presencia de superficies con irregularidades y discontinuidades, como las pequeñas asperezas y ondulaciones en los planos mostradas en la figura 11. Estas últimas suelen ser clasificadas como de primer y segundo grado, respectivamente.

**Figura 11**

*Perfiles tipo para estimar el coeficiente de rugosidad JRC*



*Nota.* Adaptado del libro Ingeniería Geológica (p. 186), por Gonzáles et al. (2002).

#### 2.3.10.5. Abertura.

Longitud perpendicular entre planos de discontinuidad cuando no hay relleno, por lo cual hay variedad cuando se mide por profundidad, ya sea la abertura elevada cuando está en la superficie y a mayor profundidad empieza a reducir este parámetro. La tabla 11, especifica la representación con respecto a la abertura.

**Tabla 11***Descripción de la abertura*

Abertura	Descripción
< 0,1 mm	Muy cerrada
0,1 - 0,25 mm	Cerrada
0,25 - 0,5 mm	Parcialmente abierta
0,5 - 2,5 mm	Abierta
2,5 - 10 mm	Moderadamente ancha
> 10 mm	Ancha
1 - 10 cm	Muy ancha
10 - 100 cm	Extremadamente ancha
> 1 m	Cavernosa

*Nota.* Adaptado del libro Ingeniería Geológica (p. 253), por Gonzáles et al. (2002).

#### *2.3.10.5. Filtraciones*

El origen del agua presente en el interior de una masa rocosa proviene principalmente del flujo que circula a través de las grietas y fisuras (permeabilidad secundaria). Las observaciones relacionadas con las filtraciones en las discontinuidades, ya sea que estén llenas o limpias.

#### *2.3.11. Parámetros del macizo rocoso*

El comportamiento físico del macizo de rocoso, su patrón de deformación y los procesos de fractura que experimenta se ven influenciados por la cantidad de conjuntos de discontinuidades presentes. La intensidad de fracturación y el tamaño son determinados por el número y el espaciamiento de estas familias de discontinuidades. La orientación promedio de cada conjunto de discontinuidades se evalúa utilizando técnicas como la proyección estereográfica o la construcción de diagramas de rosetas basados en las mediciones de orientación de cada discontinuidad. Esta clasificación según el número de familias se puede llevar a cabo de manera rápida y precisa, variando desde macizos rocosos masivos hasta aquellos con una única familia de discontinuidades, como se indica en la tabla 12:

**Tabla 12**

*Clasificación de macizo rocoso por número de familia de discontinuidades*

Tipo de macizo rocoso	Número de familias
I	Masico, discontinuidades ocasionales
II	Una familia de discontinuidades
III	Una familia de discontinuidades más otras ocasionales
IV	Dos familias de discontinuidades
V	Dos familias de discontinuidades más otras ocasionales
VI	Tres familias de discontinuidades
VII	Tres familias de discontinuidades más otras ocasionales
VIII	Cuatro o más familias de discontinuidades
IX	Brechificado

*Nota.* Adaptado del libro Ingeniería Geológica (p. 256), por Gonzáles et al. (2002).

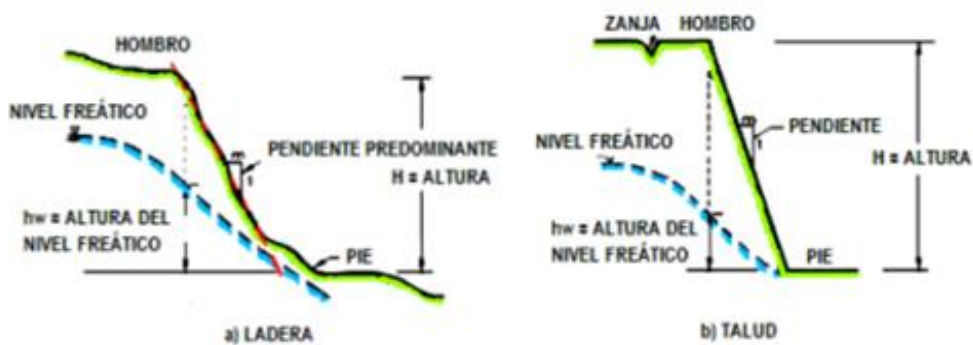
## 2.4. Definición de términos básicos

### 2.4.1. Talud

Esparza, Gálvez y Vargas (2018) definen al talud como una estructura conformada por suelos estables o inestables, sus particularidades radican en que no son rectos sino inclinados. En la figura 12, los taludes muestran una pendiente y pueden ser oriundos o adulterados, los taludes oriundos son los localizados en la superficie y se encuentran en ese lugar por el mismo entorno que se han establecido y los artificiales son los creados o modificados por el ser humano.

**Figura 12**

*Esquema de una ladera y un talud*



*Nota.* Adaptado de “Análisis comparativo de 04 métodos de reforzamiento de taludes” (p. 2), por M. Vergara et al., 2018, Aling Consultores.



#### **2.4.2. Deslizamiento**

Jiménez (2002) menciona que son movimientos rápidos o pausados de un elemento superficial ubicado en la corteza con pendiente abajo por el aumento de peso, la pérdida de coordinación física u otros factores conducen a un inestabilidad e inseguridad en la pendiente. Dichas condiciones se suman a factores externos como sismos, erupciones volcánicas y precipitaciones.

#### **2.4.3. Cohesión**

Suárez (2002) explica que el término cohesión, en el área de mecánica de suelos, se emplea en trazar la resistencia cortante causada por la cementación. Esta es la resistencia máxima a la tracción. Es la consecuencia de la interacción de los factores como la tensión capilar de la cutícula de agua, también teniendo en cuenta la atracción electrostática de la superficie cargada, la adherencia coloidal de la superficie de la partícula y, por último, las condiciones de drenaje.

#### **2.4.4. Ángulo de fricción**

Es el resultado representativo al coeficiente de rozamiento, este se sujeta de los factores de repartición de los tamaños de granos, tamaño y forma de los granos; y, la densidad.

#### **2.4.5. Riesgo sísmico**

El CISMID (Centro Peruano Japonés de Investigaciones Sísmicas y Mitigación de Desastres) de la Universidad Nacional de Ingeniería llevó a cabo un minucioso estudio sobre la respuesta del suelo ante un sismo, basándose en un conocimiento detallado de las características específicas de la zona local. Esta investigación de microzonificación sísmica se enfocó en tres aspectos clave: el análisis del peligro sísmico, la geotecnia y la dinámica del suelo.

Para realizar este estudio, se emplearon programas informáticos especialmente diseñados para tal propósito, que permitieron analizar las leyes de atenuación y la historia sísmica del área de investigación. El propósito fundamental se centró en calcular la máxima aceleración horizontal en diversos tipos de suelo, un dato de suma importancia para la estimación de las aceleraciones del terreno en el transcurso de un evento sísmico.

#### **2.4.5. Peligro**

Se trata de una situación que surge como la posibilidad de desencadenar una situación que cause perjuicio. Este potencial de riesgo puede derivar tanto de factores naturales como de actividades humanas.

Para evaluar el grado de peligro, se usó la metodología del CENEPRED en el Manual para la Evaluación de riesgos asociados a fenómenos naturales. Esto se hizo con el

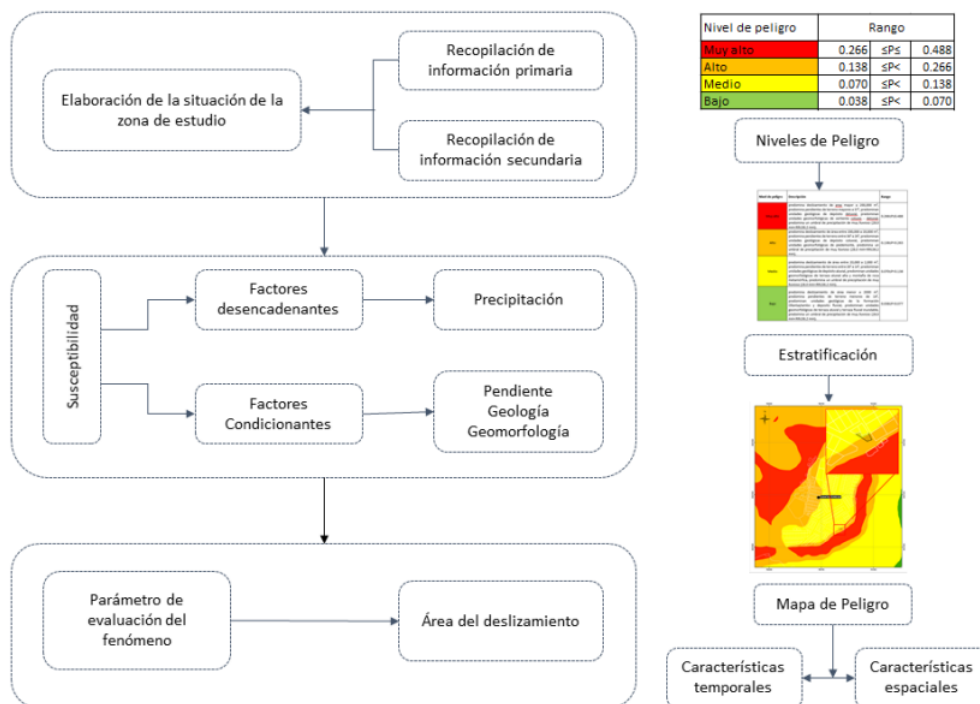
objetivo de identificar y describir la naturaleza del peligro, considerando los criterios de evaluación, la susceptibilidad en función de los factores influyentes y las condiciones desencadenantes, así como los elementos vulnerables expuestos a dicho riesgo.

En este proceso, se examinan los parámetros relevantes y, para cada parámetro, se describen sus atributos distintivos, los cuales son evaluados y ponderados utilizando el método SAATY.

Para lograr una identificación precisa de las áreas que podrían verse afectadas por fenómenos naturales específicos, es crucial caracterizar minuciosamente los riesgos derivados de estos eventos. Esta caracterización se basa en información detallada recopilada, como mapas urbanos, infraestructura básica y registros históricos de los efectos causados por deslizamientos. La metodología completa para la evaluación de la peligrosidad se encuentra presentada en la figura 13.

**Figura 13**

*Determinación del nivel de peligro*



*Nota.* Adaptado de “Manual para la Evaluación de Riesgo originados por fenómenos Naturales” (p. 73) por CENEPRED (2015).

#### 2.4.7. *Revestimiento simple*

El sistema comprende elementos de anclajes ubicados en la parte superior e inferior del talud, junto con una malla flexible de acero. Su propósito principal es regular la caída de

fragmentos rocosos y dirigirlos hacia la base del talud, evitando cualquier daño a las estructuras circundantes.

En cuanto al sistema de revestimiento simple, se considera pasivo ya que no busca evitar el desplazamiento de los bloques, sino más bien controlar su movimiento para prevenir daños a las estructuras cercanas.

Determinar las dimensiones de un sistema de estabilidad superficial no es una tarea sencilla debido a la multitud de factores involucrados, como la topografía, las propiedades del terreno rocoso, la geometría y características de las discontinuidades (juntas), el tipo de malla y la interferencia potencial con estructuras existentes. Por esta razón, en la actualidad, se favorece el uso de modelos de equilibrio límite para abordar esta complejidad.

#### ***2.4.8. Revestimiento cortical***

Consta de elementos de anclaje y una malla flexible de acero. Su propósito es aumentar la estabilidad superficial del macizo rocoso y garantizar que los detritos y las rocas se mantengan restringidos dentro de los cuatro puntos de anclaje designados.

En relación con los revestimientos corticales, pueden considerarse como medidas de protección activa, ya que se aplican directamente en áreas inestables con el objetivo de prevenir la caída de bloques. Esto los diferencia significativamente de las barreras de protección, que se colocan a cierta distancia del área propensa a desprendimientos y solo tienen la función de interceptar bloques de roca en movimiento, sin evitar su desprendimiento. Desde una perspectiva geomecánica, las cortinas deben ser categorizadas como intervenciones pasivas, ya que responden a las fuerzas generadas por el movimiento de la porción inestable del talud.

### **2.5. Fundamentos teóricos que sustentan a la hipótesis**

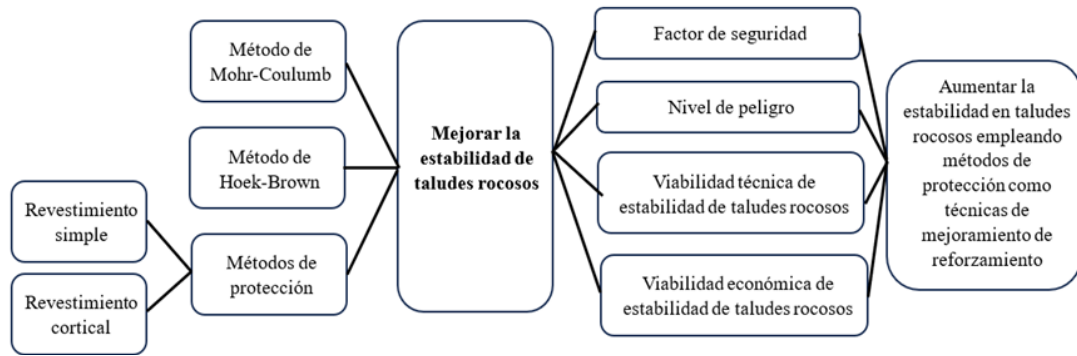
#### ***2.5.1. Métodos de protección para estabilidad en taludes rocosos***

En la presente investigación se realizará un modelamiento en el programa Slide con el objeto de conseguir el nivel de peligro y el factor de seguridad por medio de los métodos de Mohr-Coulomb y Hoek-Brown; y, establecer una viabilidad técnica y económica entre los diferentes métodos de protección mejorando el factor de seguridad y reduciendo el nivel de peligro para mitigar futuros problemas.

En la figura 14, se enseña el esquema del desarrollo de la investigación:

**Figura 14**

*Esquema de desarrollo de hipótesis*



*Nota.* Elaboración propia.

## CAPÍTULO III: SISTEMA DE HIPÓTESIS

### 3.1. Hipótesis

#### 3.1.1. *Hipótesis general*

Al determinar la viabilidad técnica y económica de los métodos de protección se establece la mejor alternativa en estabilidad de taludes rocosos en el asentamiento humano Inty Llacta.

#### 3.1.2. *Hipótesis específicas*

- a. Los métodos Mohr-Coulomb, Hoek-Brown y Saaty son adecuados para evaluar el factor de seguridad y el nivel de peligro del talud rocoso.
- b. La viabilidad técnica de los métodos de protección preventivos es eficiente para la estabilidad del talud rocoso.
- c. La viabilidad económica de los métodos de protección preventivos es conveniente para el beneficio y costo del proyecto en taludes rocosos.

### 3.2. Sistema de variables

#### 3.2.1. *Definición conceptual y operacional*

Las variables que se van a desarrollar en el presente trabajo de investigación son:

Variable independiente: Métodos de protección.

- a. Conceptual: En cualquier tipo de los taludes, existe la posibilidad de que se produzcan deslizamientos superficiales de trozos de rocas que se encuentran en una situación de equilibrio inestable. Con ello, existen variedades de reforzamientos implementando un sistema adecuado para los riesgos que puede causar cualquier fenómeno o las condiciones del entorno y las propiedades del propio talud (Bañón, 1963).
- b. Operacional: Se determinará entre los métodos de protección que se acomode la mejor opción en lo técnico y económico, con base de revisiones bibliográficas de trabajos de investigaciones, artículos y libros internacionales o nacionales similares.

Variable dependiente: Estabilidad de taludes rocosos.

- a. Conceptual: La investigación de taludes de roca posee estudios que van desde inconvenientes puramente geomorfológicos hasta el pronóstico de la estabilidad de taludes para fines de ingeniería y el desarrollo de medidas correctivas en casos en los que los deslizamientos amenazan la vida humana, la propiedad o los medios de comunicación (Skempton, 1969; Hutchinson, 1969).

b. Operacional: Se encontrarán los datos necesarios para estabilizar taludes rocosos en riesgo de colapso o posibles deslizamientos, con base de revisiones bibliográficas de trabajos de investigaciones, artículos y libros internacionales o nacionales similares.

### 3.2.2. Operacionalización de variables

En la tabla 13, se muestra la operacionalización de las variables del trabajo de investigación:

**Tabla 13**

*Operacionalización de variables*

Variable	Dimensiones	Indicador	Índice	Unidad de medida	Escala	Instrumento	Herramienta	
Métodos de Protección	Factor de Seguridad	Condición de análisis	Estática	Adimensional				
			Pseudo-estática	Adimensional				
	Viabilidad Técnica	Revestimiento simple	Consideraciones para el diseño	Adimensional				
			Proceso constructivo	Tiempo (d)	Cuantitativa discreta		Macro Studio Maccaferri	
	Viabilidad Técnica	Revestimiento cortical	Consideraciones para el diseño	Adimensional			Fichas técnicas de recolección de datos	
			Proceso constructivo	Tiempo (d)	Cuantitativa discreta		norma UNI 11437:2012	
	Viabilidad Económica	Revestimiento simple	Estimación de costos		Moneda (soles)	Cuantitativa continua		
						Moneda (soles)	Cuantitativa continua	
Estabilidad de taludes rocosos	Parámetros Geomecánicos - Geotécnicos	Análisis de Falla	Falla cuña	Adimensional			Slide V.6, Dips, RockPlane	
			Falla plana	Adimensional				
			Falla por Volcamiento	Adimensional				
			Mohr-Coulomb	Adimensional			Software y programas de diseño	
			Hoek-Brown	Adimensional			Autocad	
							Civil 3D	

*Nota.* Elaboración propia.

## **CAPÍTULO IV: METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN**

### **4.1. Método de la investigación**

La presente investigación corresponde a un método deductivo porque se expondrá los métodos de protección de taludes para demostrar la mejor alternativa para la estabilidad de taludes rocosos en el asentamiento humano Inty Llacta, de esta manera, se orienta al análisis de las viabilidades técnicas y económicas de los reforzamientos a partir de la variable independiente y encontrar diferentes resultados y conclusiones en investigaciones, tesis y libros.

La orientación es aplicada, porque se busca los problemas de riesgos de inestabilidad en taludes rocosos. El enfoque es mixto cuantitativo porque se conseguirá las soluciones en representación en números, gráficos y porcentajes; y, cualitativo porque los resultados están apoyados en las hipótesis y el análisis.

### **4.2. Tipo de la investigación**

Es explicativa porque se va a analizar las soluciones de los problemas causantes, y descriptiva porque se detalla que los métodos de protección estabilizarán los riesgos que pueden tener los taludes rocosos en función de las revisiones bibliográficas de tesis y artículos.

### **4.3. Nivel de investigación**

La investigación tiene un nivel descriptivo porque se expondrán los métodos de protección para poder permitir la validación de nuestras hipótesis con el objetivo de alcanzar resultados confiables.

### **4.4. Diseño de la investigación**

El diseño de la investigación es prospectivo primario porque se realizará un estudio en campo para poder constatar los perfiles de taludes y así analizar las estabildades de taludes con métodos de protección en taludes rocosos.

### **4.5. Población y muestra**

#### **4.5.1. Población**

Para la aplicación del presente trabajo de investigación orientado a los métodos de protección de taludes, la población a evaluar son los taludes rocosos.

#### **4.5.2. Muestra**

El tamaño de la muestra de estudio es el talud rocoso del Asentamiento Humano Inty Llacta, ubicado en el jirón 6 de Enero en el distrito de Chorrillos.

## **4.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos**

### **4.6.1. Instrumento de recolección de datos**

Para toda la recolección de datos se recaudó y utilizó una guía de documentos como la normatividad actual, la cual requiere requisitos mínimos para el procedimiento y desarrollo adecuado del diseño.

El programa de herramientas de cálculos Ms Excel, Ms Word, Slide 6.0, softwares geotécnicos, estudios previos de la zona e investigaciones relacionadas.

### **4.6.2. Métodos y técnicas**

Para poder determinar la investigación, se realizó varios procesos de técnicas como:

- Método de observación: Se realizará en campo de manera visual, estableciendo que incidentes o accidentes ocurren más seguidos, se tomará nota toda la información de forma ordenada mientras dure todo el proceso de investigación.
- Método de campo: se hará un levantamiento topográfico para poder determinar los perfiles del talud rocoso.
- Método de recolección: Se obtuvo información mediante el estudio de documentos, tesis, investigaciones, artículos, etc.
- Revisión de información sobre parámetros geotécnicos, estudios de fallas en rocas y estudios de protección para el talud.

## **4.7. Descripción de procesamientos de análisis**

El método de análisis de datos se basa en realizar actividades específicas sobre lo que el investigador pretende desarrollar, por ejemplo, presentar datos para lograr los objetivos propuestos en el estudio (Fidias, 2016, p. 53).

Dentro del procesamiento de análisis de datos se usaron gráficos, tablas, medición de parámetros y registros para un análisis de manera descriptiva - explicativa, y así examinar la alteración de cada una de las variables de la población.

Los pasos para emplear son de análisis tipo experimental, debido a que desde un comienzo se va a recurrir primero al campo para poder levantar información de la zona (parámetros técnicos de geotecnia), levantamiento topográfico y luego hacer el diseño con los programas Autocad, Slide y softwares geotécnicos para alcanzar los resultados, se empleará el análisis a todas las hipótesis y por finalizar se utilizará Microsoft Office Excel como soporte y apoyo.



## CAPÍTULO V: DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN

### 5.1. Ubicación

Esta investigación se realizó con información propia en las visitas de campo que se dieron para la obtención de datos.

La zona de estudio se ubica en el Asentamiento Humano Inty Llacta, en la calle Gral. Miguel Iglesias; al suroeste de la ciudad de Lima y al norte del distrito de Chorrillos, provincia y departamento de Lima como se observa en la figura 15. Sus coordenadas (UTM GS84 – Zona 18 L) son las que se muestran en la tabla 14:

**Tabla 14**

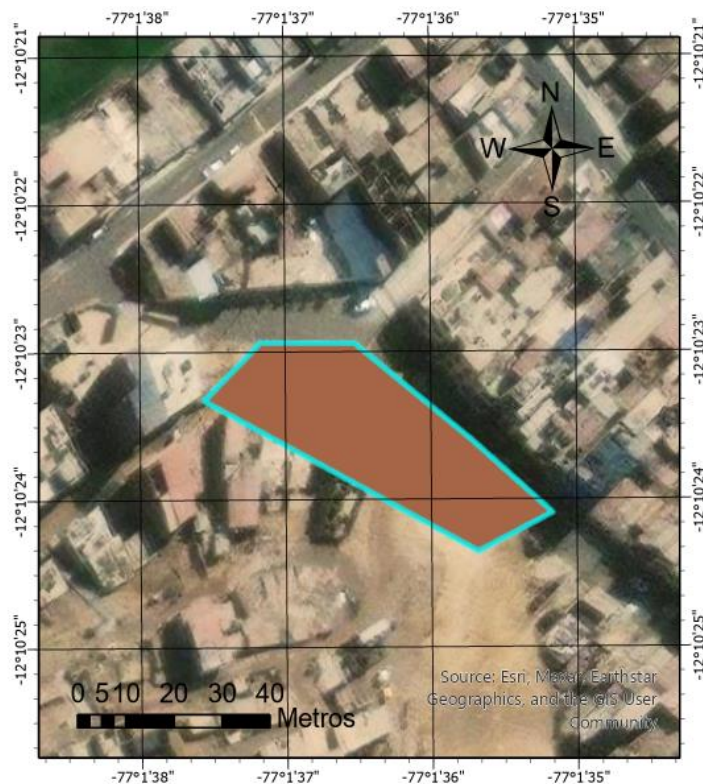
*Coordenadas de la zona estudiada*

N°	UTM - WGS84 - Zona 18 L	
	Este	Norte
1	279502	8653459
2	279420	8653497
3	279461	8653479
4	279468	8653495

*Nota.* Elaboración propia.

**Figura 15**

*Zona de estudio AAHH. Inty Llacta*



*Nota.* Elaboración propia. Realizado en el programa Arcgis Pro.

## 5.2. Accesibilidad

La accesibilidad para llegar hacia la zona de estudio, hemos partido de la Universidad Ricardo Palma y luego siguiendo las siguientes rutas de la tabla 15:

**Tabla 15**

*Rutas y accesos al AA HH. Inty Llacta*

<b>Ruta</b>	<b>Tipo de vía</b>	<b>Distancia</b>	<b>Tiempo Estimado</b>
Universidad Ricardo Palma - Panamericana Sur	Avenida Asfaltada	3.2 km	4 min
Jirón Alcides Vigo H. - Av. El Sol	Avenida Asfaltada	3.0 km	9 min
Av. Paseo la Republica - Av. Fernando Teran	Avenida Asfaltada	1.0 km	5 min
Av. héroes del Pacifico - Calle Gral. Miguel Iglesias	Avenida Asfaltada	0.8 km	5 min

*Nota.* Elaboración propia.

## 5.3. Clima

De acuerdo al análisis del clima en el distrito de Chorrillos realizado por el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI), se observa un clima semi cálido caracterizado por condiciones desérticas y áridas de tipo subtropical, con una temperatura media anual que oscila entre los 18° y 19°.

En la franja costera de esta área geográfica, se registra una escasa o prácticamente inexistente presencia de precipitaciones, lo que lo cataloga como una región árida. Durante la temporada de otoño e invierno, comprendida entre los meses de junio a setiembre, se suele amanecer con cielos nublados o cubiertos, lo que provoca niveles moderados de humedad. Posteriormente, hacia el mediodía, las nubes se disipan rápidamente, permitiendo la aparición del sol.

La mayor parte del año se caracteriza por la escasez de lluvias, a menos que se presente el fenómeno de El Niño, que puede desencadenar precipitaciones de moderada a fuerte intensidad, lo que a su vez puede generar procesos de movimientos en masa en la región.

## 5.4. Geología regional

El estudio geológico en la región bajo análisis se llevó a cabo utilizando como referencia la carta geológica de Lima, con una escala de 1/100,000, elaborada por León y otros en el año 2003. Esta carta geológica identifica principalmente la presencia de depósitos Cuaternarios, que incluyen depósitos aluviales y residuales, así como capas superficiales que recubren la masa rocosa subyacente.

Estas unidades geológicas fueron mapeadas en relación con las formaciones geológicas regionales, como el Salto de Fraile, La Herradura y Marcavilca, que muestran similitudes con las características geológicas presentes en la zona del Morro Solar. La información cartográfica resultante se obtuvo a través de la interpretación de imágenes satelitales, análisis de fotografías aéreas y observaciones directas en el terreno, y se presenta de manera detallada en el mapa geológico.

De la tabla 4, según Gonzáles et al., su clasificación de la roca por su origen es de una roca sedimentaria detrítica; y, de la tabla 9, por su grado de meteorización es decolorada.

### **Figura 16**

*Mapa Geológico del AA. HH. Inty Llacta*



*Nota.* Obtenido del mapa Arcgis de INGEMMET.

Dando así que la conformación del Salto de Fraile tiene como características areniscas cuarzosas gris verdosas con variedades de lutitas y limonitas

En la conformación de la Herradura, como se observa en la figura 16, que tiene una serie de rocas añadiendo material arcilloso con capas de areniscas y calizas, como resultado el problema de caídas de rocas en muchos territorios.

En el área de la comunidad humana de Inty Llacta, se reconocieron distintos tipos de rocas sedimentarias en el talud:

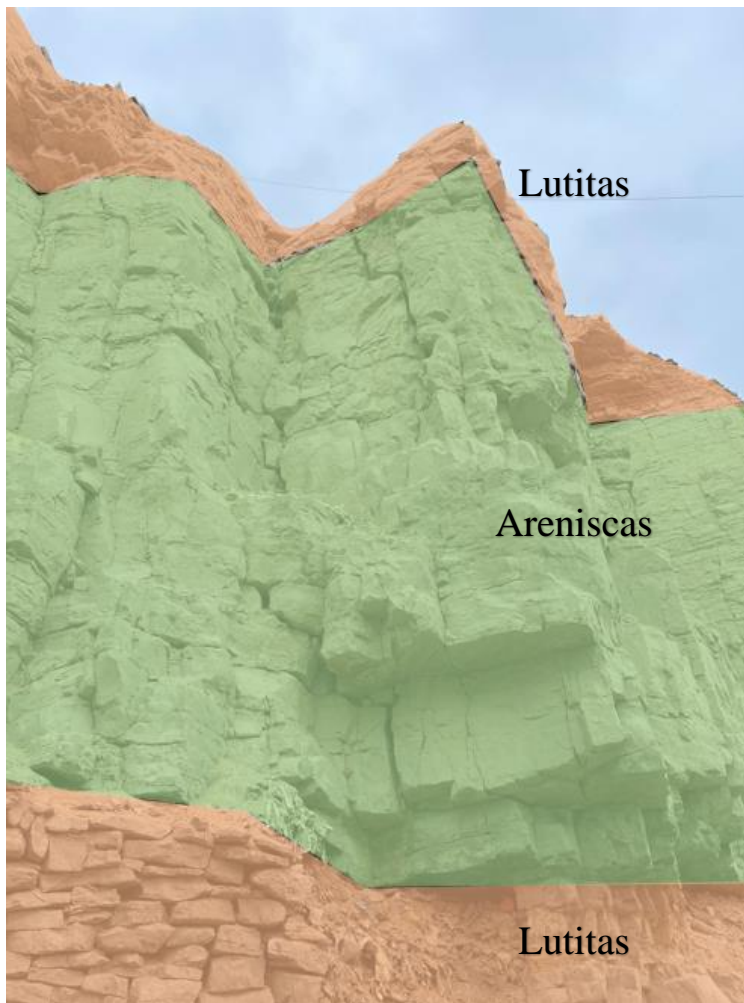
- Lutitas: Se describen como estratos delgados con profundidades de hasta 1 metro, ubicados tanto por encima como por debajo de las capas de arenisca.
- Areniscas: Estas capas muestran signos de fracturación, contienen rocas trituradas como relleno y se encuentran en la mayor parte del talud.

De la tabla 5, según la tesis “Caracterización de las discontinuidades y análisis de la estabilidad del talud en roca en el asentamiento humano Inty Llacta”, el talud en estudio tiene una resistencia a la compresión simple de 75 MPa, lo que confirma que es una arenisca.

En la figura 17, se puede observar la distribución geológica del talud en estudio:

### **Figura 17**

*Tipo de roca*



*Nota.* Elaboración propia.

En la figura 18, el programa RocData nos brinda el rango del ángulo de fricción con respecto al tipo de roca y para areniscas secas:

**Figura 18**

*Ángulo de fricción para rocas*

Rock	Moisture	SigN range (MPa)	Phib (degrees)
Limestone	wet	0.1 - 8.3	35
Porphyry	dry	0.0 - 1.0	31
Porphyry	dry	4.1 - 13.3	31
Sandstone	dry	0.0 - 0.5	26 - 35
Sandstone	wet	0.0 - 0.5	25 - 33
Sandstone	wet	0.0 - 0.3	29
Sandstone	dry	0.3 - 30.0	31 - 33

*Nota.* Para este estudio, se tomará el ángulo de fricción de 30°. Obtenido del programa RocData.

### 5.5. Levantamiento topográfico con dron

Se empleó el uso del dron para capturar imágenes aéreas que permitan obtener una visión panorámica del terreno y realizar el levantamiento topográfico como está en la figura 19. Antes de empezar con ello, se identificó que el talud rocoso está dividido en 2 taludes porque cambian de dirección y tienen diferentes sentidos, pero ambos contienen la misma estructura del macizo rocoso y tipo de roca. Para el talud 1, se obtuvo una altura de 18 metros y para el talud 2, una altura de 20 metros.

**Figura 19**

*Vista isométrica de los taludes en estudio*



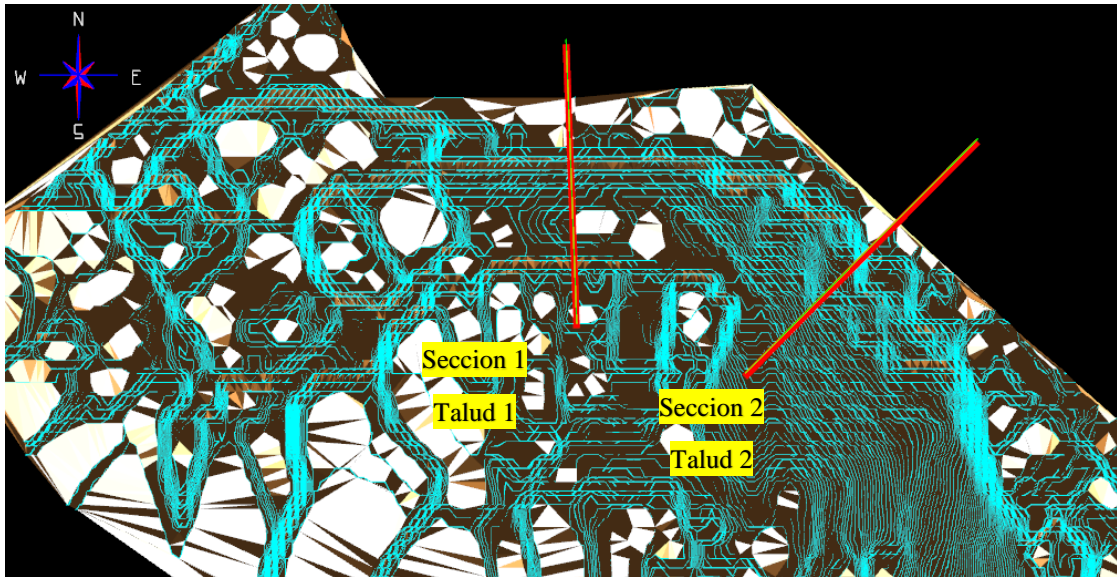
*Nota.* Elaboración propia. Imagen obtenida con vuelo de dron.

Se visualiza en la figura 20 el control estructural en ambos taludes, es decir, principalmente el problema de los taludes rocosos son las caídas potenciales de bloques tipo cuña, planar y toppling.



**Figura 20**

*Curvas Nivel cada 0.25m*

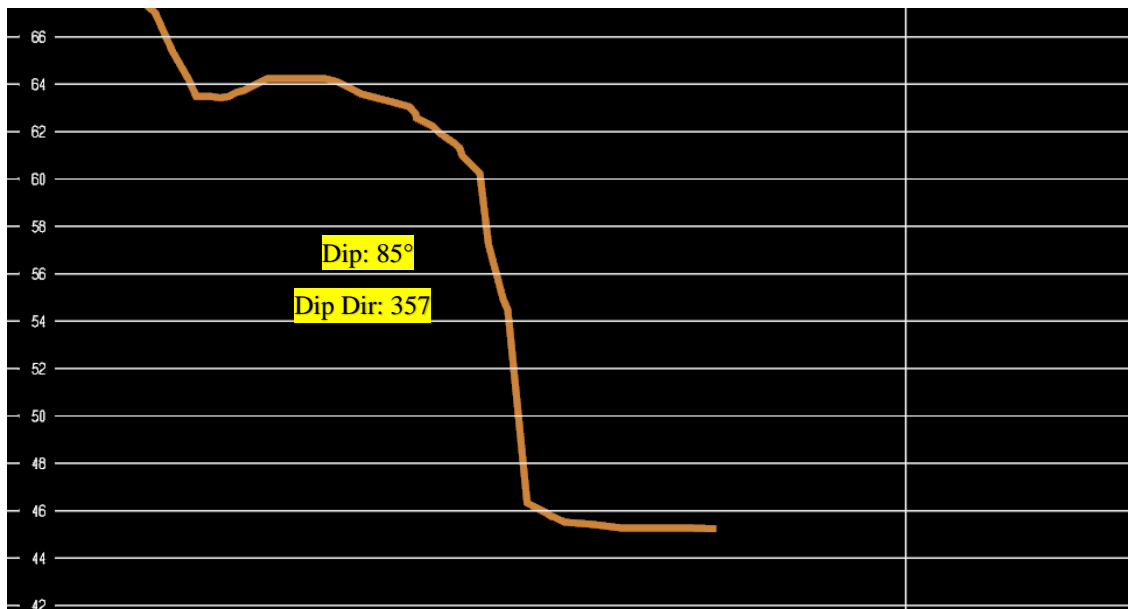


*Nota.* Elaboración propia. Realizado en el programa Minesight.

Con el programa Minesight, se pudo obtener el perfil longitudinal de la sección más crítica de cada talud mostradas en la figura 21 y la figura 22.

**Figura 21**

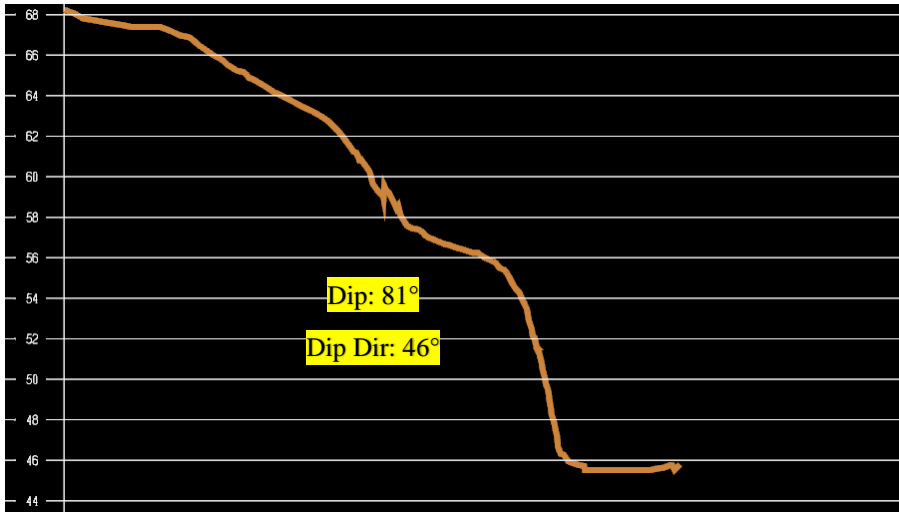
*Perfil longitudinal de la sección crítica del talud 1*



*Nota.* Elaboración propia. Realizado en el programa Minesight.

**Figura 22**

*Perfil longitudinal de la sección crítica del talud 2*



*Nota.* Elaboración propia. Realizado en el programa Minesight.

### **5.6. Orientación del macizo rocoso**

Para el día de exploración en la zona de estudio, se realiza el método de la brújula Brunton, como se observa en la figura 23, permitiendo obtener datos de rumbo, buzamiento, dirección de buzamiento de las discontinuidades y el plano inclinado del talud rocoso; y, puedan ser evaluadas por el programa DIPS para calcular la probable falla del macizo rocoso.

**Figura 23**

*Rumbo y buzamiento*



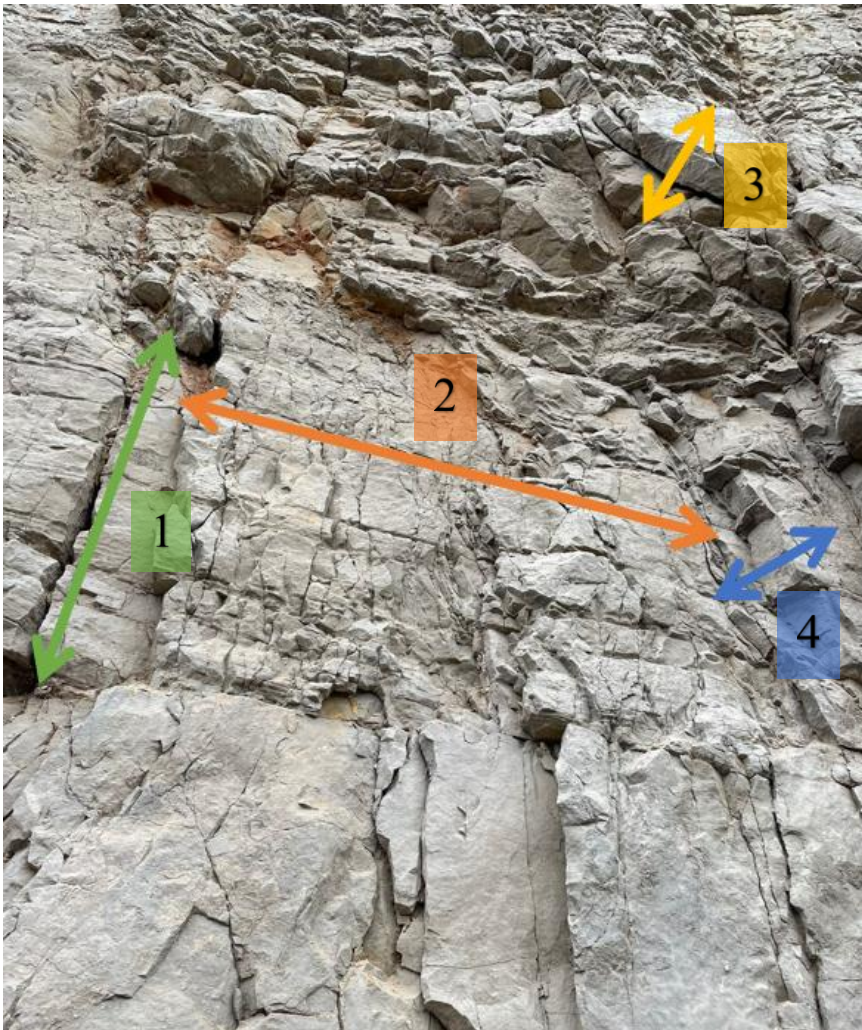
*Nota.* Elaboración propia.

Para el buzamiento y el rumbo, fue necesario reconocer la cantidad de familias por cada talud. Cabe resaltar que ambos taludes deben tener el mismo número de familia, ya que pertenecen a la misma estructura del macizo rocoso.

En la figura 24, se grafica la cantidad de familias para el talud 1:

### Figura 24

#### *Discontinuidades del talud rocoso 1*



*Nota.* Elaboración propia.

De la tabla 12, la clasificación del macizo rocoso por el número de familias es de tipo VIII, ya que en ambos taludes hay 4 familias.

Para las familias de discontinuidades del primer talud rocoso, se tomaron 5 muestras por familia y en la tabla 16, se obtuvieron los siguientes datos:



**Tabla 16**

*Datos de las familias de discontinuidades del talud 1*

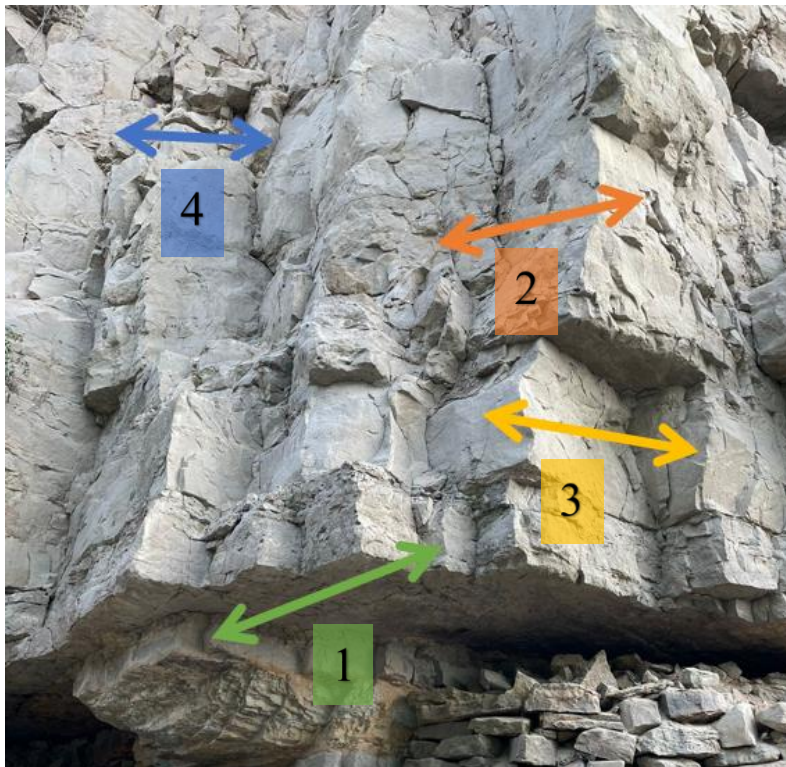
Familia	Dip (°)	Dip Direction (°)
1	75	355
	70	357
	81	359
	80	355
	79	356
2	15	189
	14	187
	15	184
	16	175
	11	182
3	81	91
	85	255
	80	100
	80	115
4	73	94
	51	79
	40	90
	37	77
	55	85
	38	75

*Nota.* Elaboración propia.

En la figura 25, se grafica la cantidad de familias para el talud 2:

**Figura 25**

*Discontinuidades del talud rocoso 2*



*Nota.* Elaboración propia.

Para las familias de discontinuidades del segundo talud rocoso, como se muestra en la tabla 17, se tomaron 5 muestras para 3 familias, pero para la última familia solo se tomó 1 dato, ya que es una familia ocasional.

**Tabla 17**

*Datos de las familias de discontinuidades del talud 2*

Familia	Dip (°)	Dip Direction (°)
1	11	72
	18	175
	15	191
	9	188
	16	195
2	75	95
	72	67
	68	69
	71	69
	72	70
3	71	5
	69	2
	69	3
	70	15
	71	1
4	62	54

*Nota.* Elaboración propia.

### 5.7. Análisis cinemático del talud rocoso

En la tabla 18, se detalla los parámetros del talud 1:

**Tabla 18**

*Parámetros del talud 1*

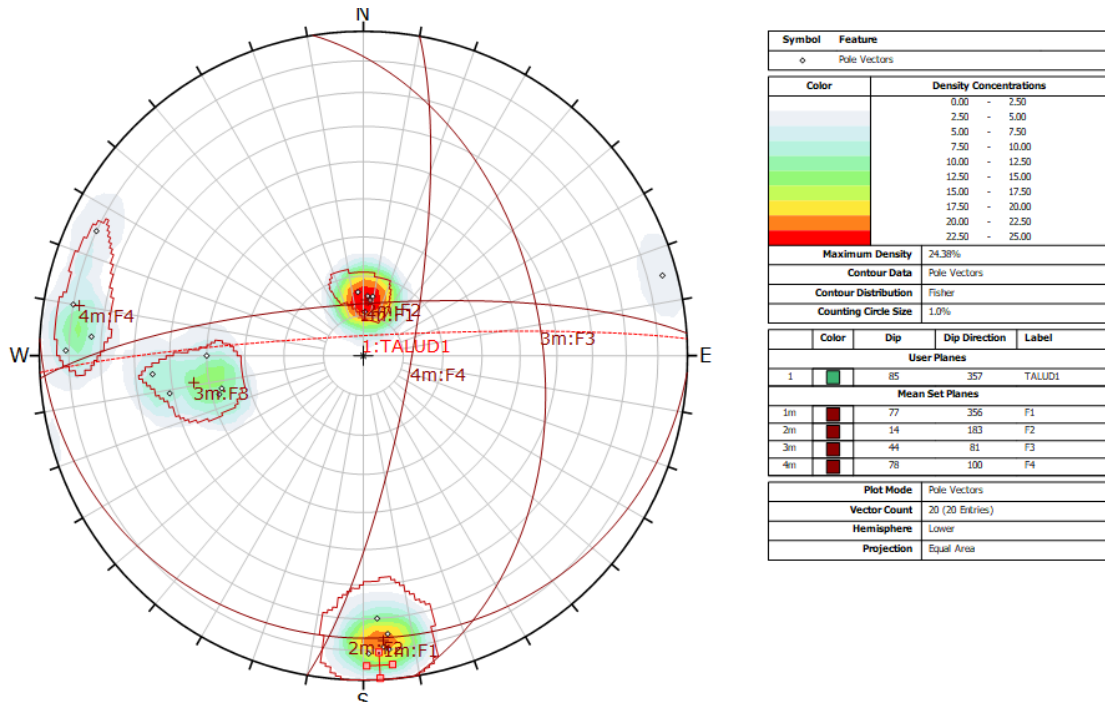
Ángulo de fricción	30°
Dip	85°
Dip direction	357°
Altura	20 m

*Nota.* Elaboración propia.

En la figura 26, se modela la Data Estructural en los siguientes estereogramas del talud 1 en el software DIPS:

**Figura 26**

*Data estructural del talud 1*



*Nota.* Elaboración propia. Realizado con el software Dips versión 6.0.

En la tabla 19, se muestra la orientación para cada familia de discontinuidades del talud 1:

**Tabla 19**

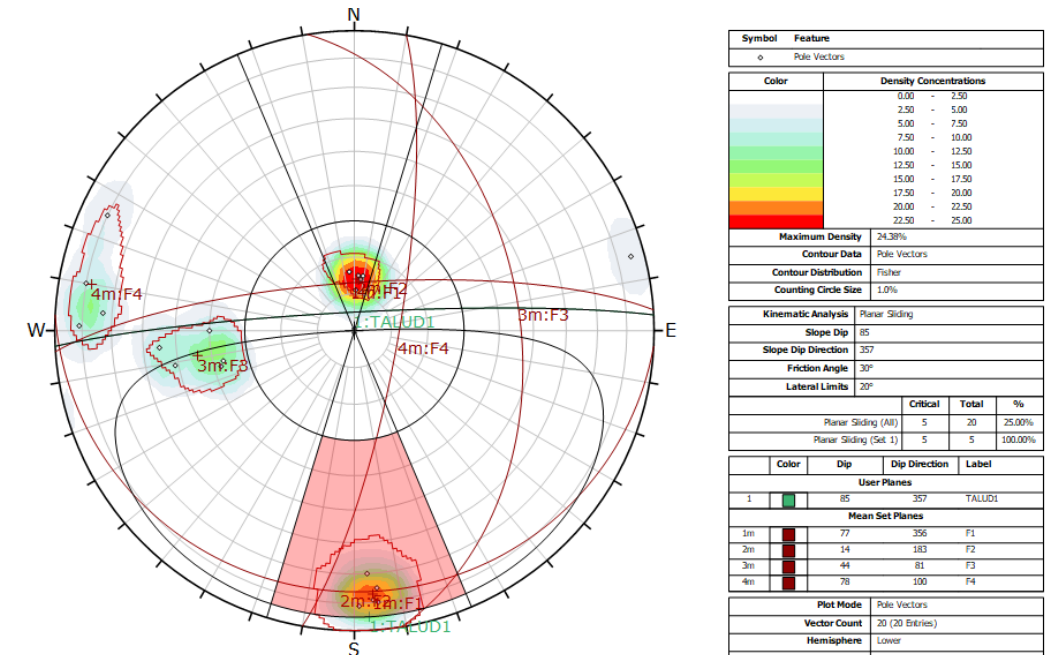
*Orientación de las familias de discontinuidades del talud 1*

Plano N°	Dip Direction (°)	Dip (°)
F1	356	77
F2	183	14
F3	81	44
F4	100	78

*Nota.* Elaboración propia.

**Figura 27**

*Análisis cinemático por rotura planar para el talud 1*



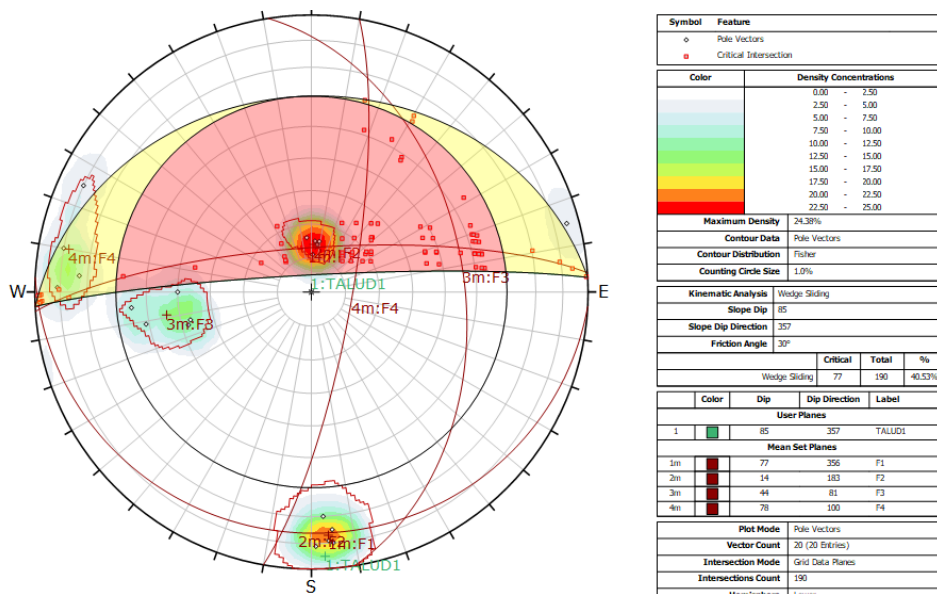
*Nota.* Elaboración propia. Realizado con el software Dips versión 6.0.

En la figura 27, se puede apreciar que hay un 100% de probabilidad de ocurrencia de rotura planar con respecto a la familia 1 y un 25% respecto al total de datos.

Para una probabilidad de ocurrencia por falla tipo cuña para el primer talud:

**Figura 28**

*Análisis cinemático por rotura tipo cuña para el talud 1*

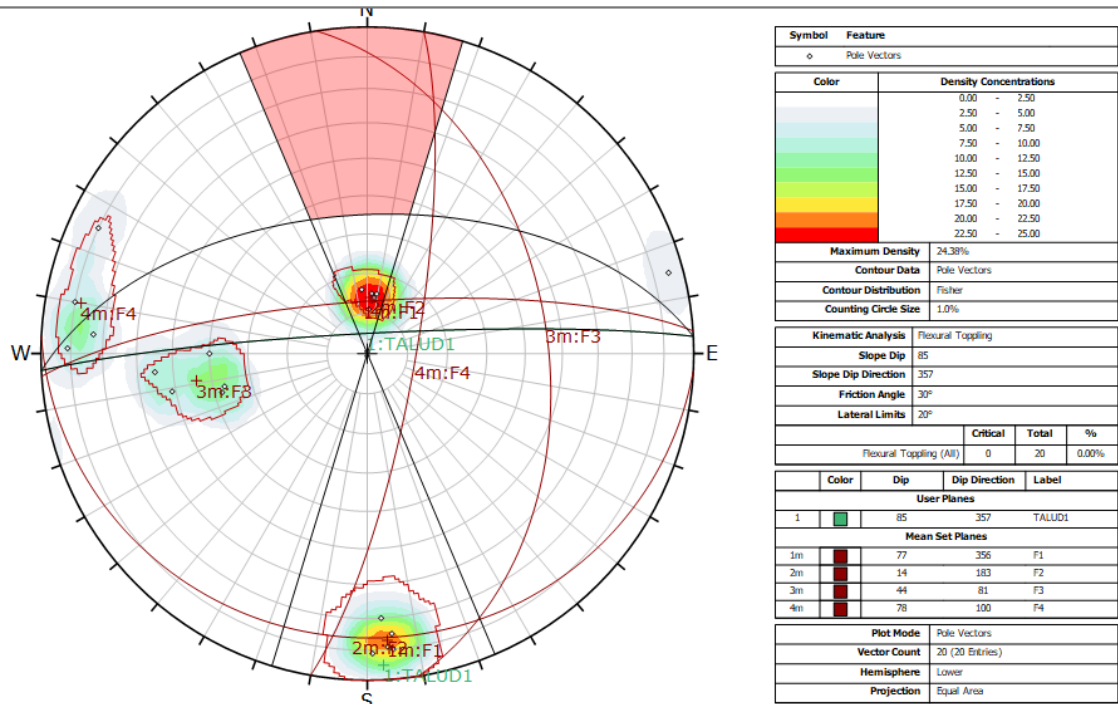


*Nota.* Elaboración propia. Realizado con el software Dips versión 6.0.

De la figura 28, para el análisis cinemática por falla tipo cuña hay 40% de probabilidad de ocurrencia.

**Figura 29**

*Análisis cinemático por rotura toppling para el talud 1*



*Nota.* Elaboración propia. Realizado con el software Dips versión 6.0.

De la figura 29, para el análisis cinemática por falla tipo toppling hay 0% de probabilidad de ocurrencia, ya que los datos son menores al ángulo de fricción.

En la tabla 20, se detalla los parámetros del talud 2:

**Tabla 20**

*Parámetros del talud 2*

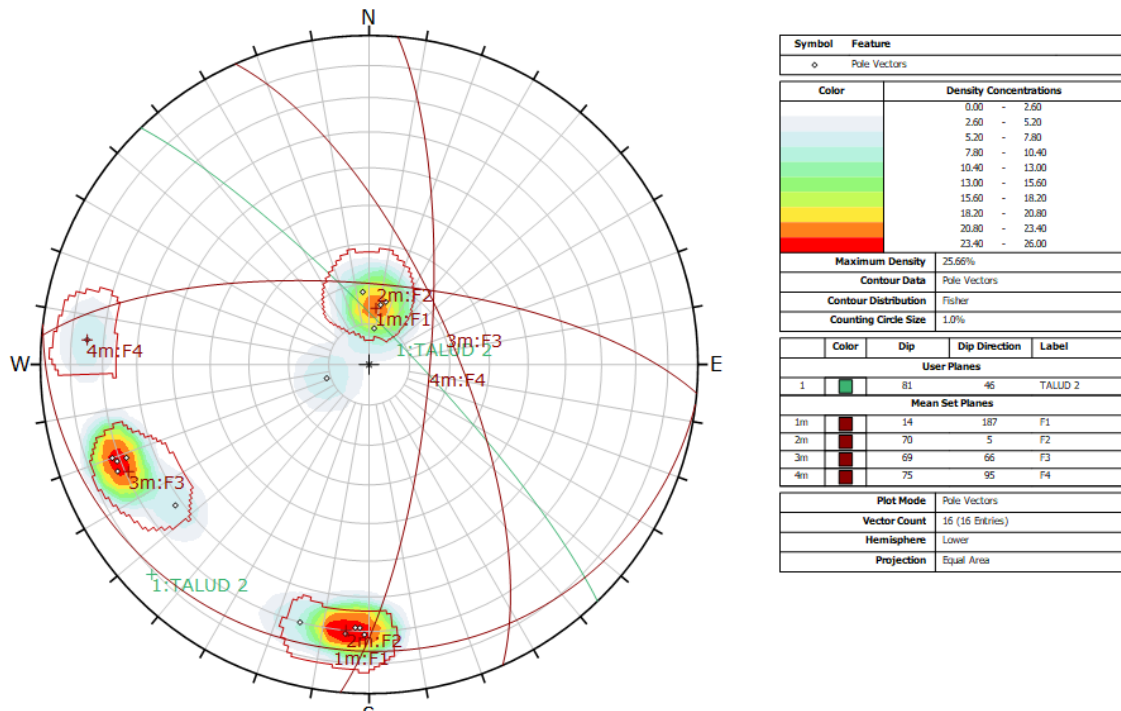
Ángulo de fricción	30°
Dip	81°
Dip direction	46°
Altura	18 m

*Nota.* Elaboración propia.

En la figura 30, se modela la Data Estructural en los siguientes estereogramas del talud 2 en el software DIPS:

**Figura 30**

*Data estructural del talud 2*



*Nota.* Elaboración propia. Realizado con el software Dips versión 6.0.

En la tabla 21, se muestra la orientación para cada familia de discontinuidades del talud 2:

**Tabla 21**

*Orientación de las familias de discontinuidades del talud 2*

Plano N°	Dip Direction (°)	Dip (°)
F1	187	14
F2	5	70
F3	66	69
F4	95	75

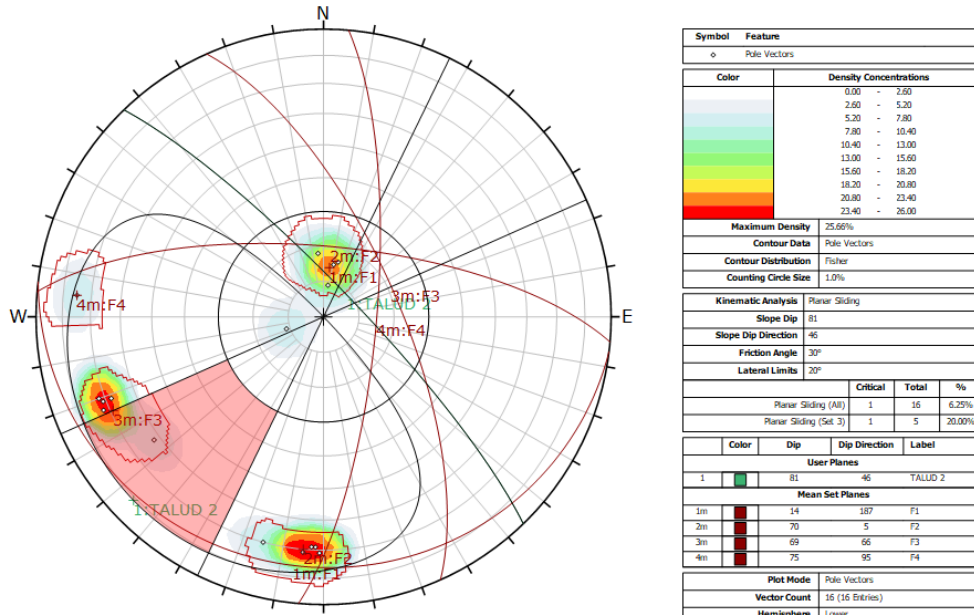
*Nota.* Elaboración propia.

En la figura 31, para una probabilidad de ocurrencia por falla planar para el segundo talud:



**Figura 31**

*Análisis cinemático por rotura planar para el talud 2*



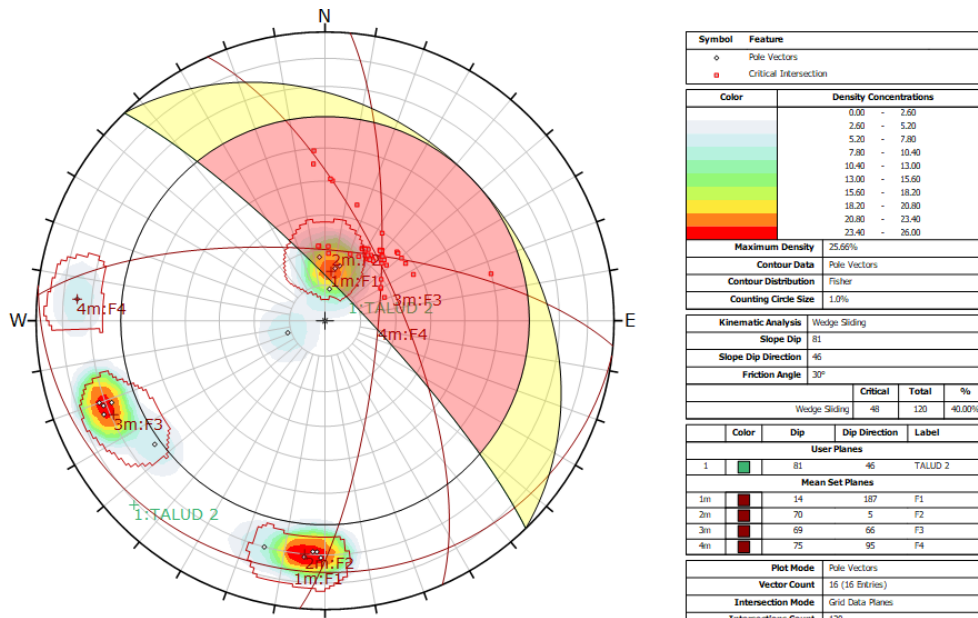
*Nota.* Elaboración propia. Realizado con el software Dips versión 6.0.

En la figura 31, se puede apreciar que hay un 20% de probabilidad de ocurrencia de rotura planar con respecto a la familia 3 y un 6% respecto al total de datos.

Para una probabilidad de ocurrencia por falla tipo cuña para el segundo talud:

**Figura 32**

*Análisis cinemático por rotura tipo cuña para el talud 2*

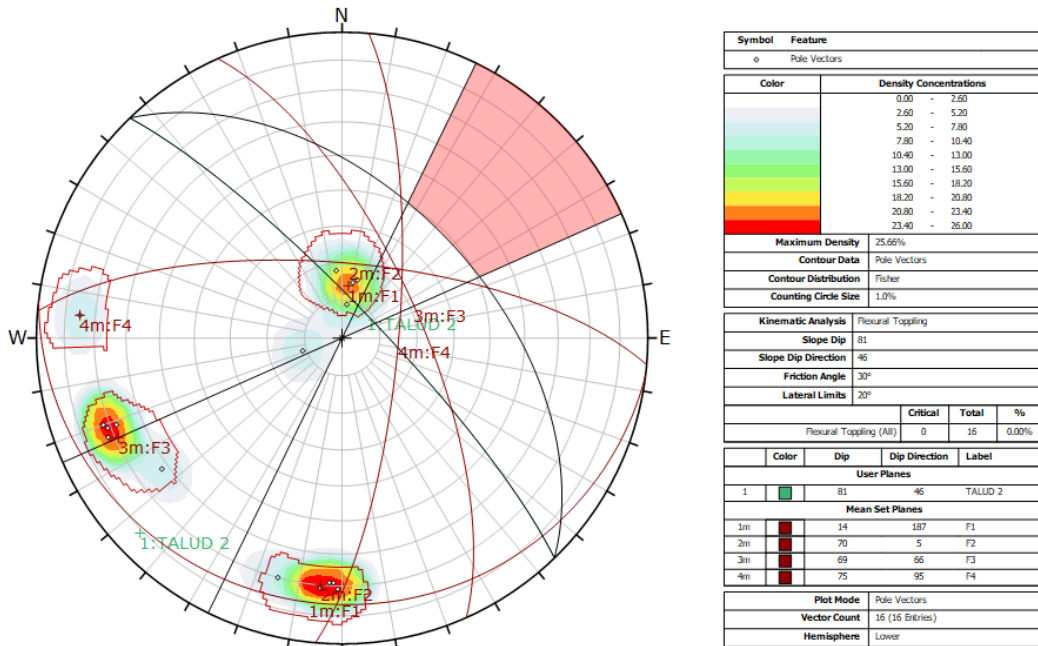


*Nota.* Elaboración propia. Realizado con el software Dips versión 6.0.

En la figura 32, para el análisis cinemática por falla tipo cuña hay 40% de probabilidad de ocurrencia.

**Figura 33**

*Análisis cinemático por rotura toppling para el talud 2*



*Nota.* Elaboración propia. Realizado con el software Dips versión 6.0.

En la figura 33, para el análisis cinemática por falla tipo toppling hay 0% de probabilidad de ocurrencia, ya que los datos son menores al ángulo de fricción.

### 5.8. Análisis de bloques tipo cuña

De la tabla 2, el valor del peso específico, según Gonzáles et al. en su libro “Ingeniería geológica”, para la roca arenisca hay un rango entre 2.3 a 3.0 g/cm<sup>3</sup>; y, en la tesis “Caracterización de las discontinuidades y análisis de la estabilidad del talud en roca en el asentamiento humano Inty Llacta” el peso específico tiene un valor de 2.6 t/m<sup>3</sup> para el mismo talud en estudio.

Varias investigaciones sobre actividad sísmica que se encuentran en bibliografías han servido como base para la creación del Mapa de Zonificación Sísmica para el Perú, realizado por Alva en 1984. Este mapa es actualmente utilizado en el Reglamento de Construcción Sísmica - Norma Técnica de Edificación E.030 Diseño Sismorresistente. De acuerdo con dicho mapa, el Asentamiento Humano Inty Llacta se ubica en la siguiente zona:

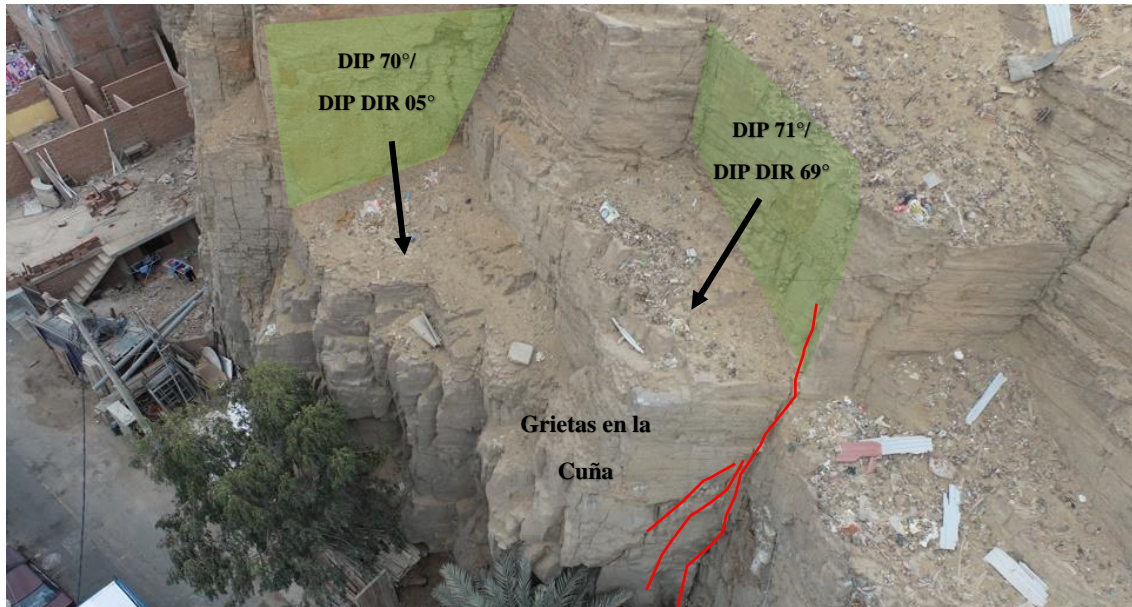
Zona 3: Representa el nivel máximo de intensidad y cubre todo el departamento de Lima. Aquí, se espera que las aceleraciones máximas en un período de 50 años, con un 10% de probabilidad de excedencia, sean mayores a 0,40 g. Por lo tanto, la aceleración estimada para el Asentamiento Humano Inty Llacta es de 0,40 g.



Este análisis será empleado para el talud 2 en el programa Swedge 4.0 como se muestra en la figura 34:

**Figura 34**

*Bloque tipo cuña del talud 2*



*Nota.* Elaboración propia.

Con los datos de la figura 21 y las orientaciones de los bloques de la tabla 22, se ingresa en el software:

**Tabla 22**

*Datos de la cuña del talud 2*

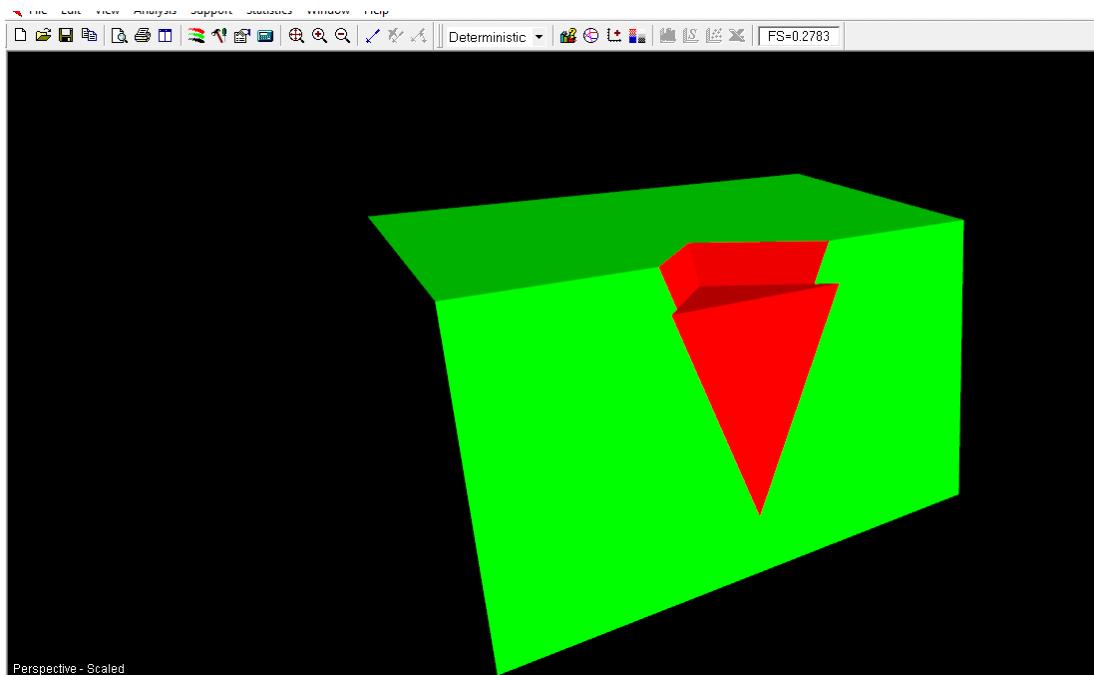
Dip (°)	Dip direction (°)
70	5
71	69

*Nota.* Elaboración propia.

En la figura 35, se modela el talud rocoso 2 en 3D obteniendo el factor de seguridad estático en la falla de cuña:

**Figura 35**

*Factor de seguridad estático en falla de cuña*

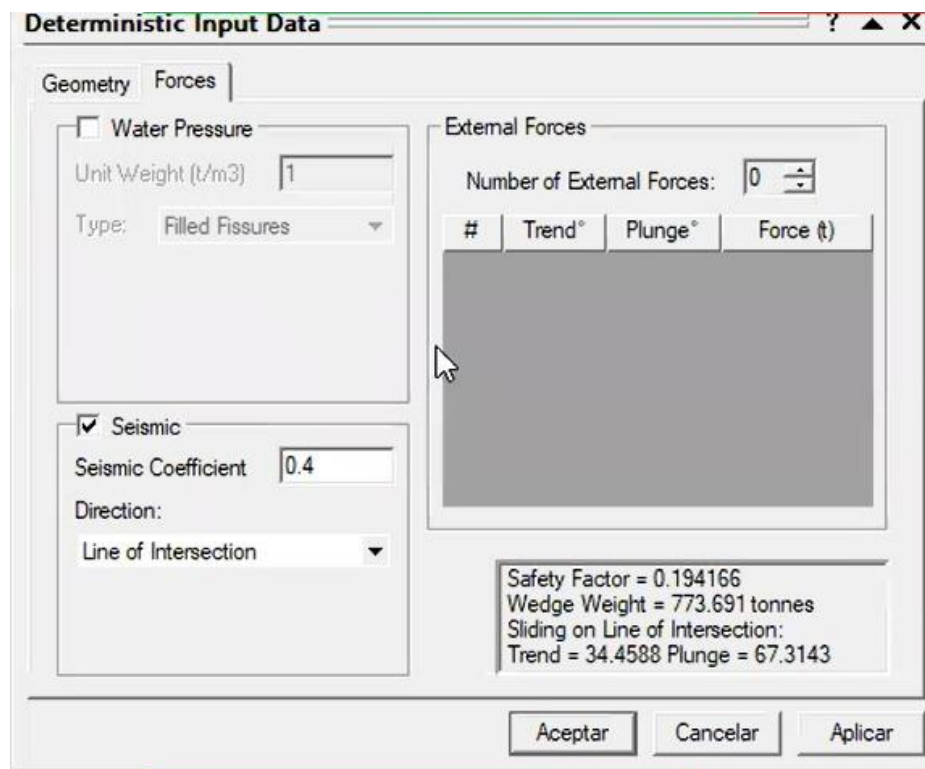


*Nota.* Elaboración propia. Realizado con el software Swedge 4.0.

En la figura 36, se obtiene el factor de seguridad pseudo-estático en la falla de cuña:

**Figura 36**

*Factor de seguridad pseudo-estático*

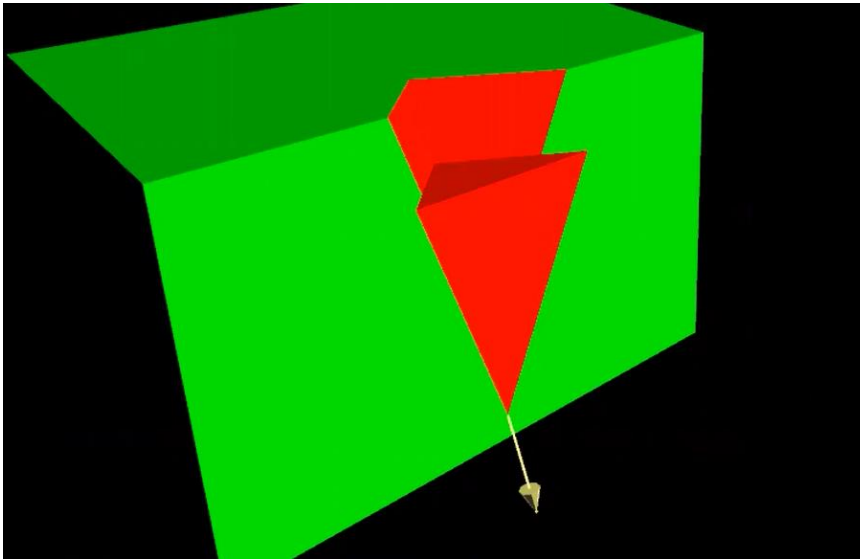


*Nota.* Elaboración propia. Realizado con el software Swedge 4.0.

En la figura 37, se modela el talud rocoso 2 en 3D en condición pseudo-estática:

**Figura 37**

*Falla tipo cuña pseudo-estático en falla de cuña*



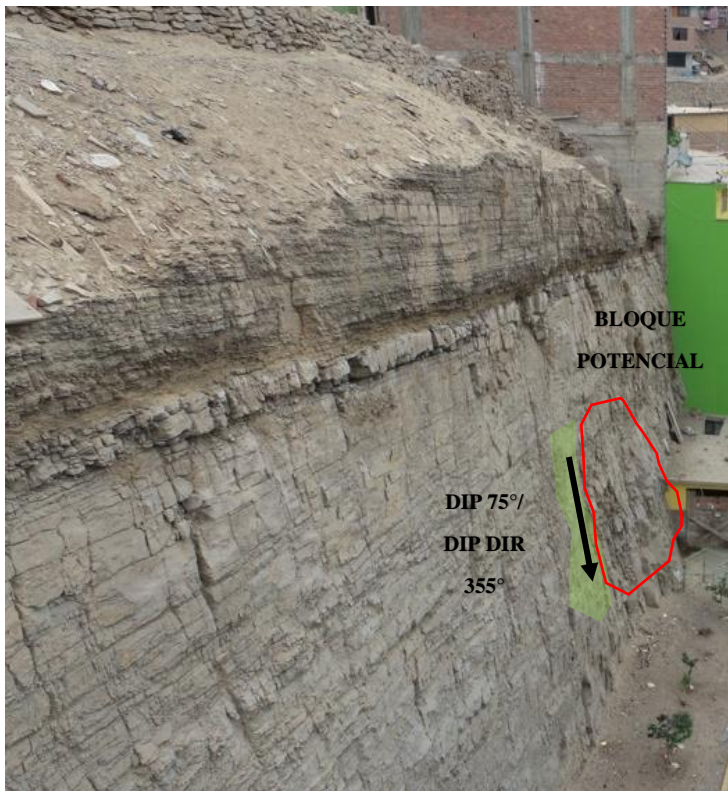
*Nota.* Elaboración propia. Realizado con el software Swedge 4.0.

**5.9. Análisis de bloques tipo planar**

En este análisis se aplica solo para el talud 1 en el software Rocplane:

**Figura 38**

*Bloque tipo planar del talud 1*



*Nota.* Elaboración propia.

Con los datos de la figura 20 y las orientaciones de los bloques de la tabla 23, se ingresa en el software:

**Tabla 23**

*Datos del bloque planar del talud 1*

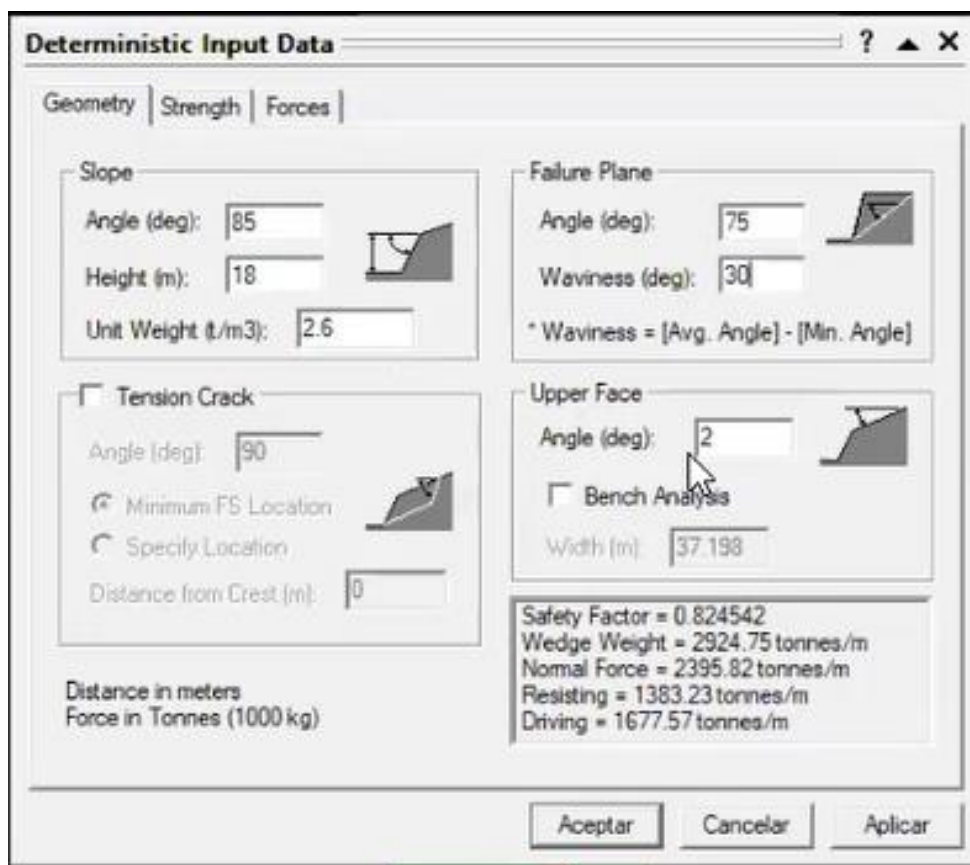
Dip (°)	75
Dip direction (°)	355
Peso específico (t/m <sup>3</sup> )	2.6
Cohesión	0
Ángulo de fricción	30
Altura	18

*Nota.* Elaboración propia. La cohesión se considera 0 porque el bloque está abierto.

En la figura 39, se detalla los valores geométricos del talud 1:

**Figura 39**

*Valores de la geometría*

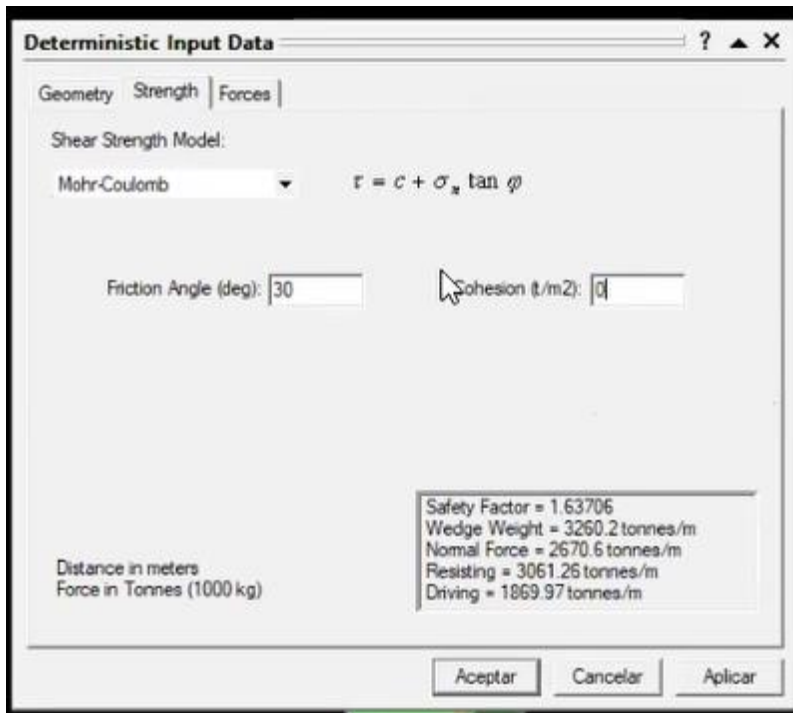


*Nota.* Elaboración propia. Realizado con el software Rocplane.

En la figura 40, se muestra los parámetros de Mohr-Coulumb ingresados en el software:

**Figura 40**

*Parámetros de Mohr-Coulumb*

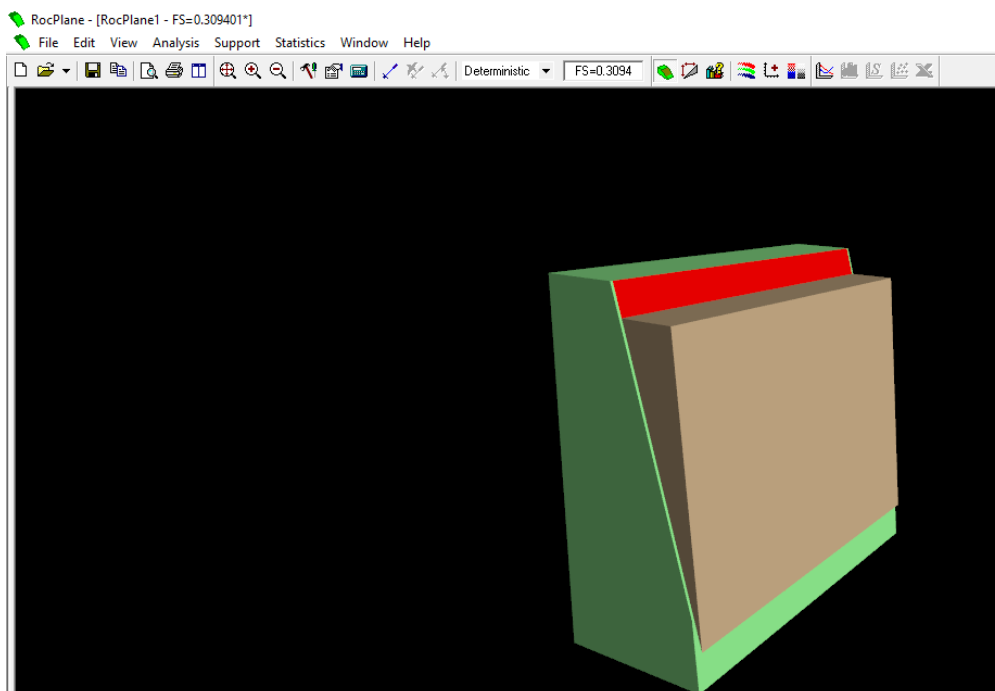


*Nota.* Elaboración propia. Realizado con el software Rocplane.

En la figura 41, se modela el talud rocoso 1 en 3D obteniendo el factor de seguridad estático en la falla planar:

**Figura 41**

*Factor de seguridad estático en falla planar*



*Nota.* Elaboración propia. Realizado con el software Rocplane.

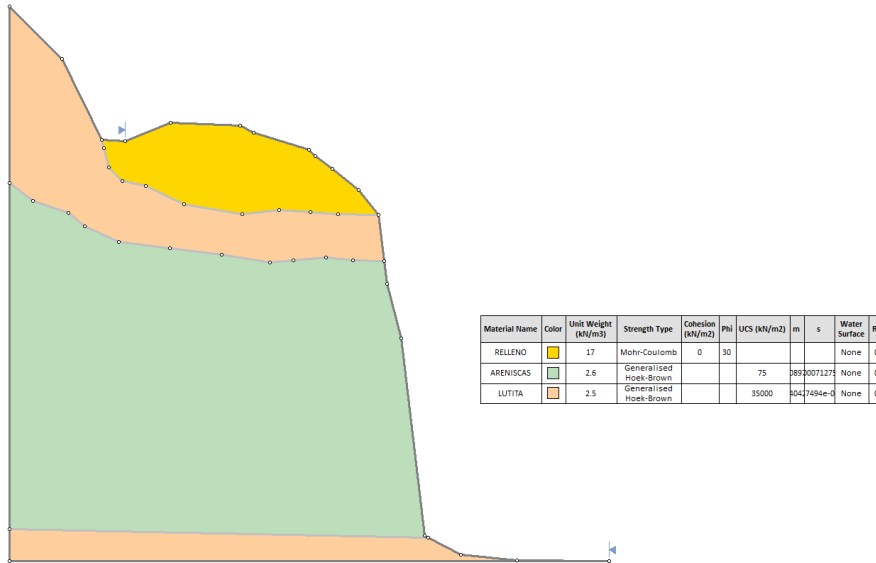
### 5.10. Criterio de Hoek y Brown

De la tabla 8, Gonzáles et al. mencionan que para un macizo rocoso con cuatro a más familias de discontinuidades se emplea el criterio de rotura de Hoek y Brown.

En este análisis se aplica solo para el talud 1 en el software Slide 6.0 como se observa en la figura 42:

**Figura 42**

*Perfil estratigráfico*

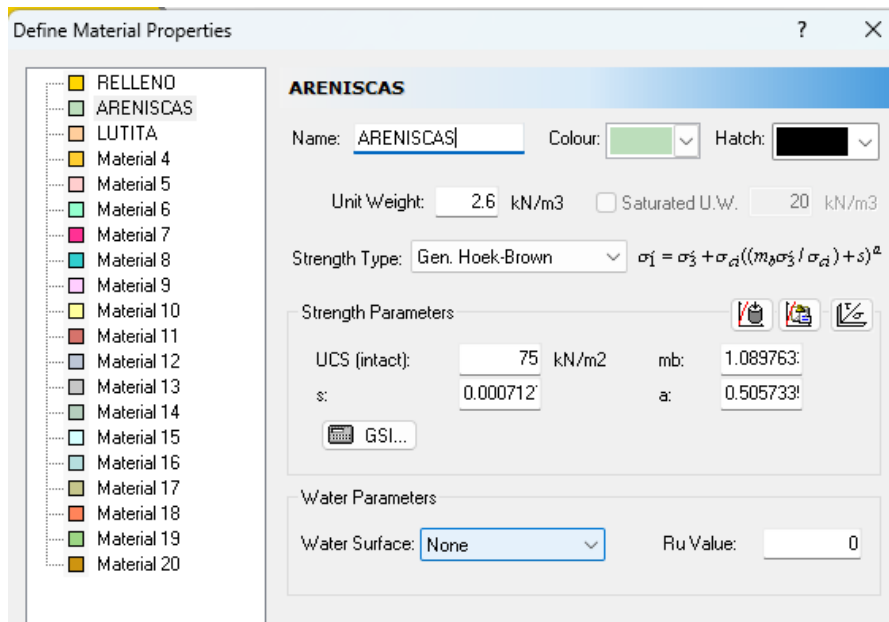


*Nota.* Elaboración propia. Realizado con el software Slide 6.0.

En la figura 43 y 44, se definen las propiedades de los materiales:

**Figura 43**

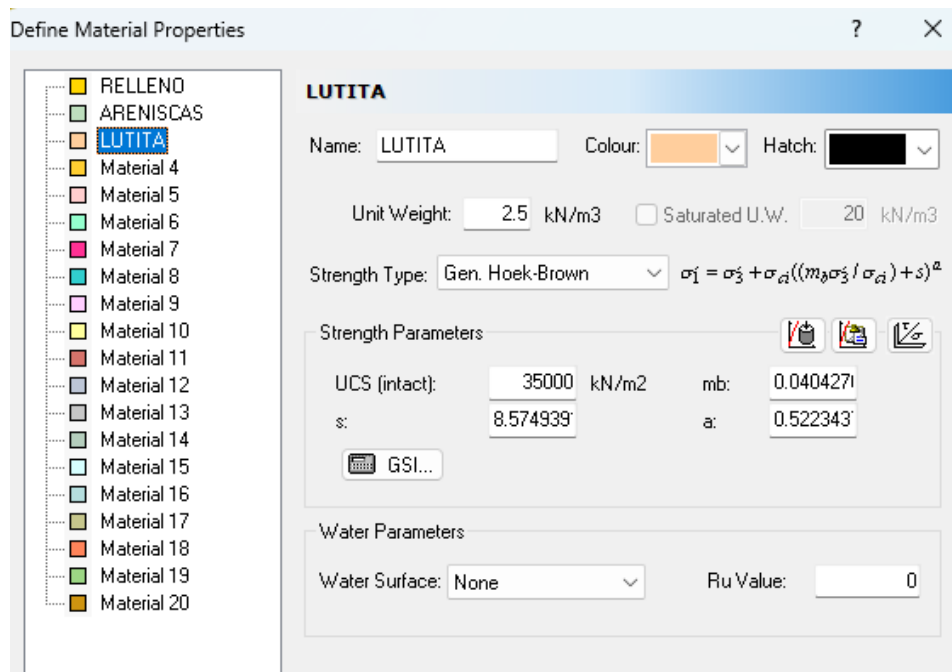
*Parámetros de la arenisca*



*Nota.* Elaboración propia. Realizado con el software Slide 6.0.

**Figura 44**

*Parámetros de la lutita*

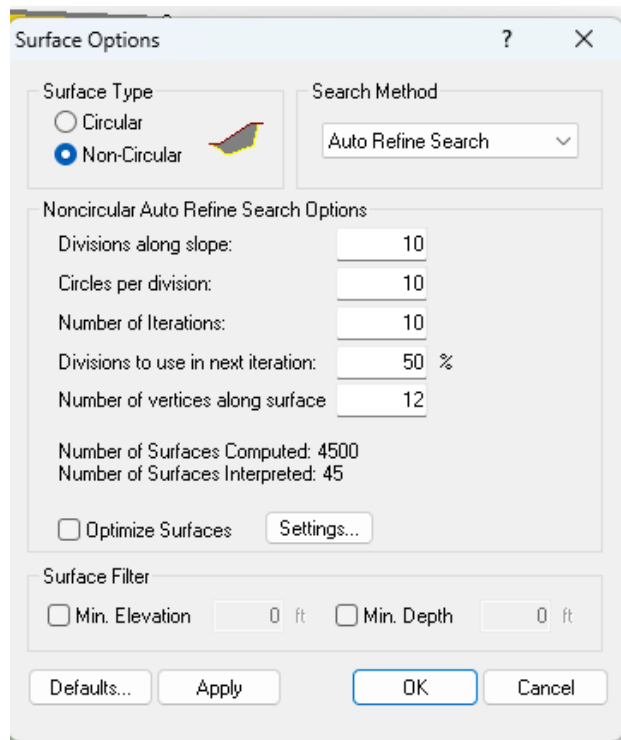


*Nota.* Elaboración propia. Realizado con el software Slide 6.0.

En la figura 45, se define las opciones de la superficie de trabajo:

**Figura 45**

*Opciones de la superficie*



*Nota.* Elaboración propia. Realizado con el software Slide 6.0.



## 5.11. Nivel de peligro

### 5.11.1. Factor condicionante

Los elementos característicos del área geográfica bajo investigación desempeñan un papel significativo en el impacto del fenómeno en cuestión, en este caso, la ocurrencia de desprendimientos de rocas. Las tablas 24, 25 y 26 ilustran claramente los aspectos determinantes de los sismos, que son las pendientes, la geomorfología y la geología, respectivamente.

**Tabla 24**

#### *Estratificación de pendientes*

Símbolo	Descripción
> 37°	Tiene pendientes con más de 37° del talud rocoso
26 - 37	Tiene pendientes con más de 26° a 37° del talud rocoso
14 - 25	Tiene pendientes con más de 14° a 25° del talud rocoso
8 - 13	Tiene pendientes con más de 8° a 13° del talud rocoso
0 - 7	Tiene pendientes con más de 0° a 7° del talud rocoso

*Nota.* Elaboración propia.

**Tabla 25**

#### *Estratificación de geomorfología*

Símbolo	Descripción
RC	Relieve colinoso en rocas sedimentarias
PA	Planicie aluvial
LM	Ladera de montaña
A	Acantilado
C	Cárcava

*Nota.* Elaboración propia.

**Tabla 26**

#### *Estratificación de geología*

Símbolo	Descripción
G1	Formación Marcavilca
G2	Formación Herradura
G3	Formación Salto de Fraile
G4	Depósito aluvial
G5	Depósito marino

*Nota.* Elaboración propia.

En las tablas 27, 28, 29 y 30, se evaluaron los descriptores señalados mediante matrices de comparación de pares para cada parámetro, y estas matrices se han ajustado de manera que se asigne una relevancia específica a cada símbolo.



**Tabla 27***Vector de Priorización de los Factores Condicionantes*

Factores condicionantes	Vector priorización
Pendientes	0.539
Geología	0.297
Geomorfología	0.164

*Nota.* Elaboración propia.**Tabla 28***Vector de Priorización del Factor Condicionante Pendiente*

Rango de pendiente	Vector priorización
> 37°	0.489
26 - 37	0.239
14 - 25	0.138
8 - 13	0.083
0 - 7	0.050

*Nota.* Elaboración propia.**Tabla 29***Vector de Priorización del Factor Condicionante Geología*

Unidades geológicas	Vector priorización
Formación Marcavilca	0.489
Formación Herradura	0.239
Formación Salto de Fraile	0.138
Depósito aluvial	0.083
Depósito marino	0.050

*Nota.* Elaboración propia.**Tabla 30***Vector de Priorización del Factor Condicionante Geomorfología*

Geomorfología	Vector priorización
Relieve colinoso en rocas sedimentarias	0.489
Planicie aluvial	0.239
Ladera de montaña	0.138
Acantilado	0.083
Cárcava	0.050

*Nota.* Elaboración propia.**5.11.2. Factor desencadenante**

Este parámetro es el que origina la amenaza en una ubicación geográfica particular. En el contexto de los terremotos, existen varias variables que pueden dar lugar a esta amenaza, incluyendo la magnitud del sismo, intensidad y la aceleración sísmica. En las tablas 31, 32 y 33, desarrollan estas variables:

**Tabla 31***Estratificación de aceleración sísmica*

Símbolo	Descripción
A1	Una aceleración sísmica $>0.45g$
A2	Una aceleración sísmica $>0.35 - 0.45g$
A3	Una aceleración sísmica $>0.25 - 0.35g$
A4	Una aceleración sísmica $>0.10 - 0.25g$
A5	Una aceleración sísmica $<10g$

*Nota.* Elaboración propia.

**Tabla 32***Estratificación de magnitud del sismo*

Símbolo	Descripción
S1	Magnitud Richter $\geq 7.5$
S2	Magnitud Richter $6.0 < M_w \leq 7.5$
S3	Magnitud Richter $4.5 < M_w \leq 6$
S4	Magnitud Richter $3 < M_w \leq 4.5$
S5	Magnitud Richter $1 < M_w \leq 3$

*Nota.* Elaboración propia.

**Tabla 33***Estratificación de intensidad*

Símbolo	Descripción
I1	Una intensidad de VIII - IX
I2	Una intensidad de V - VII
I3	Una intensidad de IV - V
I4	Una intensidad de III
I5	Una intensidad de II

*Nota.* Elaboración propia.

De igual forma, en las tablas 34, 35, 36 y 37, se evaluaron los descriptores señalados mediante matrices de comparación de pares para cada parámetro, y estas matrices se han ajustado de manera que se asigne una relevancia específica a cada símbolo.

**Tabla 34***Vector de Priorización de los Factores Desencadenantes*

Factores desencadenantes	Vector priorización
Intensidad	0.539
Magnitud del sismo	0.297
Aceleración sísmica	0.164

*Nota.* Elaboración propia.

**Tabla 35***Vector de Priorización del Factor Desencadenante Intensidad*

Rango de pendiente	Vector priorización
VIII - IX	0.489
V - VII	0.239
IV - V	0.138
III	0.083
II	0.050

*Nota.* Elaboración propia.**Tabla 36***Vector de Priorización del Factor Desencadenante Magnitud del Sismo*

Rango de pendiente	Vector priorización
$\geq 7.5$	0.489
$6.0 < M_w \leq 7.5$	0.239
$4.5 < M_w \leq 6$	0.138
$3 < M_w \leq 4.5$	0.083
$1 < M_w \leq 3$	0.050

*Nota.* Elaboración propia.**Tabla 37***Vector de Priorización del Factor Desencadenante Aceleración Sísmica*

Rango de pendiente	Vector priorización
$>0.45g$	0.489
$>0.35 - 0.45g$	0.239
$>0.25 - 0.35g$	0.138
$>0.10 - 0.25g$	0.083
$<10g$	0.050

*Nota.* Elaboración propia.**5.11.3. Análisis del peligro por deslizamiento**

Los factores condicionantes tienen un peso del 70%, ya que sus parámetros tienen más probabilidades de afectar, a diferencia de los factores desencadenantes que tienen menores probabilidades y se le da un peso del 30%.

En la tabla 38, se muestran los factores condicionantes con sus respectivos valores:

**Tabla 38***Valores y pesos de los factores condicionantes*

Factores condicionantes							
Pendiente		Geología		Geomorfología		Valor	Peso
Valor	Peso	Valor	Peso	Valor	Peso		
0.539	0.489	0.297	0.489	0.164	0.489	0.489	0.7
0.539	0.239	0.297	0.239	0.164	0.239	0.239	0.7
0.539	0.138	0.297	0.138	0.164	0.138	0.138	0.7
0.539	0.083	0.297	0.083	0.164	0.083	0.083	0.7
0.539	0.05	0.297	0.05	0.164	0.05	0.05	0.7

*Nota.* Elaboración propia.

En la tabla 39, se muestran los factores desencadenantes con sus respectivos valores:

**Tabla 39***Valores y pesos de los factores desencadenantes*

Factores desencadenantes							
Intensidad		Magnitud		Aceleración		Valor	Peso
Valor	Peso	Valor	Peso	Valor	Peso		
0.539	0.489	0.297	0.489	0.164	0.489	0.489	0.300
0.539	0.239	0.297	0.239	0.164	0.239	0.239	0.300
0.539	0.138	0.297	0.138	0.164	0.138	0.138	0.300
0.539	0.083	0.297	0.083	0.164	0.083	0.083	0.300
0.539	0.050	0.297	0.050	0.164	0.050	0.050	0.300

*Nota.* Elaboración propia.

Para finalizar, con los valores y pesos de los factores condicionantes y desencadenantes, se halla el nivel de peligro:

**Tabla 40***Valor de peligro*

Factores condicionantes		Factores desencadenantes		Valor de peligro
Valor	Peso	Valor	Peso	
0.489	0.70	0.489	0.30	0.489
0.239	0.70	0.239	0.30	0.239
0.138	0.70	0.138	0.30	0.138
0.083	0.70	0.083	0.30	0.083
0.050	0.70	0.050	0.30	0.050

*Nota.* Elaboración propia.

## **5.12. Proceso constructivo de los métodos de protección**

### **5.12.1. Revestimiento simple**

Se emplea en el talud 1 y consiste en mallas de Steelgrid HR 30, con una resistencia a la tracción de 180 kN/m, para controlar los desprendimientos superficiales de caídas de rocas, con cables de diámetro de 16 mm de geometría longitudinal horizontal y vertical con distancia de 2 y 1 metros respectivamente que permiten una gran resistencia a la rotura. El tipo de barra de anclaje será Barra de Aco CA-50 en la cabecera del talud e intermedios, para asegurar el peso máximo de los detritos y las mallas con una resistencia de carga total de detritos de 14.40 kN/m. La parte del pie del talud tendrá una altura y distancia de un metro e inclinación de 42.6° para la acumulación de detritos, esto se verificó que se adapta a las características necesaria para este método de revestimiento. En el anexo 2, se encuentran las especificaciones técnicas de los materiales a emplear.

1. Para el comienzo de la ejecución de obra, lo primero que se debe realizar es el plan de seguridad y salud de trabajo y la gestión de seguros para todo el plantel que interviene en el proceso constructivo.
2. La movilización de equipos, herramientas y personal obrera calificada para dicha ejecución de obra.
3. Se realiza un replanteamiento y trazo en campo, sobre la ubicación de perforaciones de las barras helicoidales y mallas sujetas en toda el área del talud.
4. Se empieza a armar los equipos de perforación sujetos con cables para el perfecto acondicionamiento en todos los puntos.
5. Se perfora las barras de anclaje, así sucesivamente hasta ocupar toda el área del talud comprometido por las fallas, para luego realizar el tendido de mallas Steelgrid HR 30, desde el cabezal del talud, ajustando los empalmes en cada malla.
6. Se realiza en la parte final del talud en acondicionamiento de la bolsa de malla, donde resguardara la caída de detritos.
7. Finalmente, se retira todos los equipos utilizados en la ejecución de la obra de reforzamiento de taludes.

### **5.12.2. Revestimiento cortical**

Se optó por instalar un sistema de sostenimiento cortical con malla SteelGrid® MO 200 y barra helicoidal Gr. 75 de 25 mm de diámetro, para realizar una estabilización superficial. Esta malla consiste en la asociación de cables de acero Ø 8mm cada 50 cm, dispuestos longitudinalmente. Con una geometría de espaciamiento horizontal y vertical de 1.60 metros de la colocación de barras helicoidales y la integración de ambos

elementos conforma un revestimiento de alta resistencia al punzonamiento, actúa como sistema de protección contra caída de rocas de fallas en cuña y volcamiento, proporcionando mejorías en la estabilidad de la superficie del talud revestido.

De tal forma se analiza que el talud 2, se consideró el espesor de la capa inestable en toda su área del talud es de 1.50 metros y la inclinación de ejecución será de 10° de la horizontal del talud.

En el anexo 2, se encuentran las especificaciones técnicas de los materiales a emplear.

1. Para el comienzo de la ejecución de obra, lo primero que se debe realizar es el plan de seguridad y salud de trabajo y la gestión de seguros para todo el plantel que interviene en el proceso constructivo.
2. La movilización de equipos, herramientas y personal obrera calificada para dicha ejecución de obra.
3. Se realiza un replanteamiento y trazo en campo, sobre la ubicación de perforaciones de las barras helicoidales y mallas sujetas en toda el área del talud.
4. Se empieza a armar los equipos de perforación sujetos con cables para el perfecto acondicionamiento en todos los puntos.
5. Se realiza el tendido de mallas SteelGrid® MO 200, desde el cabezal del talud, ajustando los empalmes en cada malla, para luego perforar las barras helicoidales de distancia entre ejes de 1.50 metros en forma horizontal y vertical sucesivamente hasta ocupar toda el área del talud comprometido por las fallas.
6. Finalmente, se retira todos los equipos utilizados en la ejecución de la obra de reforzamiento de taludes.

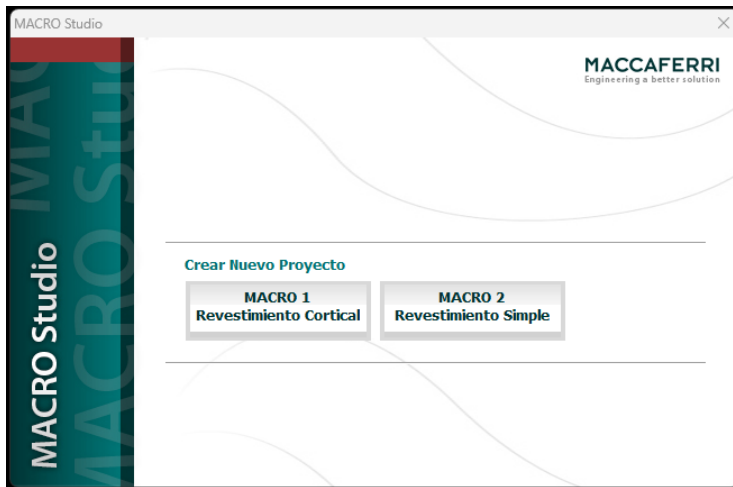
En el anexo 3, se ve detalladamente el cronograma de los procesos constructivos expuestos.

### **5.13. Análisis de los métodos de protección**

Para el cálculo de los sistemas de revestimiento se usará el programa de Maccaferri llamado MACRO Studio, el cual hay diferentes funciones para los dos tipos de revestimiento como se muestra en la figura 46:

**Figura 46**

*MACRO Studio*



*Nota.* Elaboración propia. Realizado con el software MACRO Studio 4.0.

### **5.13.1. Revestimiento simple**

Para este tipo de revestimiento se usa la pestaña MACRO 2 y el talud 1 porque sus parámetros, forma y distancia del pie de talud son los apropiados.

En la figura 47, se muestran los parámetros del talud rocoso usando los datos de la tabla 18 y la norma UNI 11437:2012 del anexo 4 se introduce al programa:

**Figura 47**

*Datos del talud rocoso 1*

Parámetro	Símbolo	Valor
Inclinación del talud	$\beta$	85
Altura total del talud [m]	$H_s$	20.00
Altura de detritos acumulados [m]	$H_d$	1.00
Ancho de detritos acumulados [m]	$T_d$	1.00
Ángulo de la acumulación de detritos	$\beta_d$	42.60
Ángulo de fricción de los detritos	$\phi_d$	22.50
Peso específico de los detritos [kN/m <sup>3</sup> ]	$\gamma_d$	20.00
Ángulo de fricción entre la malla y el talud	$\delta$	18.00

*Nota.* Elaboración propia. Realizado con el software MACRO Studio 4.0.

$H_d$  y  $T_d$  representan la altura y el ancho de la bolsa, y estos valores son determinados en función del espacio disponible entre el talud y la estructura. Por otro lado,  $\beta_d$  corresponde al ángulo formado por la bolsa, el cual es calculado automáticamente por el software.

La determinación del ángulo de fricción de los detritos debe basarse en resultados obtenidos en pruebas de laboratorio. En situaciones en las que esto no sea factible, se puede utilizar la tabla 41 como referencia, tomando en cuenta el 80% del valor de fricción de la roca residual o el 50% de la roca en su estado original.

**Tabla 41**

*Ángulo de fricción de los detritos*

Tipo de Rocha	Ángulo de Atrito interno (Graus)		
	Intacta	Junta	Residual
Andesito	45	31 - 35	28 - 30
Basalto	48 - 50	47	-
Diorito	53 - 55	-	-
Granito	50 - 64	-	31 - 33
Grauvaca	45 - 50	-	-
Calenario	30 - 62	-	33 - 37
Monzonito	48 - 65	-	28 - 32
Quartzito	64	44	26 - 34
Arenito	45 - 50	27 - 38	25 - 34
Folhelho	45 - 64	37	27 - 32
Siltio	50	43	-
Ardosia	45 - 60	-	24 - 34

*Nota.* Adaptado de la norma UNI 11437:2012.

El valor elegido para el peso unitario debe ser el 75% del peso de la roca intacta indicada en la tabla 42. Esta reducción se justifica debido a que el software considera el peso de los fragmentos ya caídos como base.

**Tabla 42**

*Peso unitario de las rocas*

Rock	Unit Weight (kN/m <sup>3</sup> )
Tuff	11 - 18
Limestone	26 - 27
Dolomite limestone	27 - 28
Granite	26 - 29
Gypsum chalk	23 - 24
Porphyry	25 - 27
Basalt	27 - 30
Gneiss	25 - 27
Marble	27 - 28
Sandstone	18 - 27
Siltstone	22 - 25
Serpentine	25 - 27

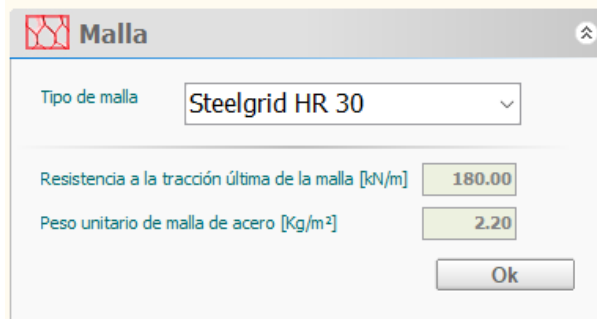
*Nota.* Adaptado del software MACRO Studio 4.0.



El cálculo del ángulo de fricción entre la malla y el talud se fundamenta en la nivelación de la superficie del talud, que se considera plana y uniforme, con solo algunas rocas visibles. En esta situación, se establece un ángulo de 18°.

#### Figura 48

*Datos de la malla del revestimiento simple*



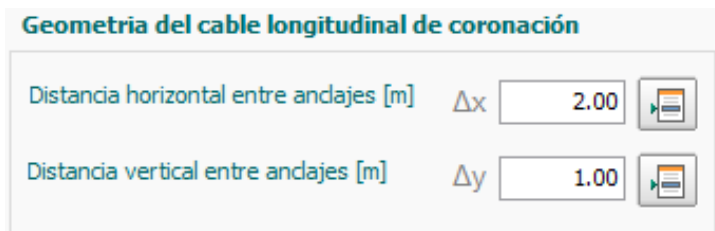
Malla	
Tipo de malla	Steelgrid HR 30
Resistencia a la tracción última de la malla [kN/m]	180.00
Peso unitario de malla de acero [Kg/m²]	2.20
Ok	

*Nota.* Elaboración propia. Realizado con el software MACRO Studio 4.0.

De la figura 48, la malla seleccionada ha sido Steelgrid HR 30, ya que es la más factible al talud estudiado y cuenta con una resistencia a tracción de la malla ensayada en laboratorio de 180 kN/m y peso unitario de 2.20 Kg/m<sup>2</sup>.

#### Figura 49

*Datos de la geometría del cable longitudinal de coronación*



Geometría del cable longitudinal de coronación	
Distancia horizontal entre anclajes [m] $\Delta x$	2.00
Distancia vertical entre anclajes [m] $\Delta y$	1.00

*Nota.* Elaboración propia. Realizado con el software MACRO Studio 4.0.

La distancia horizontal se refiere a la separación entre los anclajes superiores e inferiores utilizados para soportar las cargas provenientes de la malla y el cable. En términos de buenas prácticas en esta solución, se recomienda que este espacio se encuentre dentro de un rango de 2 a 4 metros.

En cuanto al espaciado vertical, este se refiere a la diferencia en altura entre anclajes adyacentes, y puede variar debido a la irregularidad del talud. Para garantizar una solución efectiva, se sugiere que este valor esté comprendido entre 0.15 y 1.0 metro.

Como se observa en la figura 49, la distancia horizontal y vertical es de 2.00 y 1.00 metros respectivamente.

En la figura 50, se observan los datos del cable a emplear en el revestimiento:

## Figura 50

### Datos del tipo de cable del revestimiento simple

Tipo de cable		<input type="checkbox"/> Custom
Diámetro del cable [mm]	$\varnothing_{cbl}$	16
Tensión de fluencia del acero [MPa]	$\sigma_{cbl}$	1770
Tipo de núcleo del cable		Steel
Resistencia a la tracción última del cable [kN]	$T_{cbl}$	161

*Nota.* Elaboración propia. Realizado con el software MACRO Studio 4.0.

En cuanto al diámetro del cable de acero, se utiliza comúnmente un rango de valores que oscila entre 12 y 16 milímetros.

En lo que respecta a la tensión de fluencia del acero, la más ampliamente disponible en el mercado es de 1770 MPa.

El núcleo del cable de acero puede ser fabricado de dos maneras diferentes: utilizando acero o fibra. Para aplicaciones que involucran el revestimiento de taludes, se recomienda el uso de cables con núcleo de acero debido a su mayor resistencia a la tracción.

En la figura 51, se observan los datos del anclaje a emplear en el revestimiento:

## Figura 51

### Datos del tipo de anclaje del revestimiento simple

Tipo de anclaje		<input type="checkbox"/> Custom
Tipo de barra		Barra de Aço CA-50
Diámetro interno de la barra (cuando es hueca) [mm]	$\varnothing_{int}$	0
Diámetro externo de la barra [mm]	$\varnothing_{ext}$	20.0
Diámetro de perforación [mm]		40

*Nota.* Elaboración propia. Realizado con el software MACRO Studio 4.0.

Se especifica el tipo de barra que se empleará en el proceso de estabilización, y el software solo reconoce como estándar las barras de acero del tipo CA-50.

Cuando se trabaja con barras huecas, como tubos, se toma en cuenta el diámetro interno de la barra. Sin embargo, dado que este tipo de barra no se usa con frecuencia, su valor es insignificante y se establece en 0.

El campo que determina el diámetro externo de la monobarra suele utilizar valores comunes de 20, 25 y 32 mm.

En cuanto al diámetro de perforación, este es un dato ejecutivo que se determina en función del equipo de perforación que se empleará, y generalmente se considera un valor de 40 mm.

En la figura 52, se observan los datos de la adherencia y plasticización del revestimiento:

**Figura 52**

*Datos de la adherencia y plasticización del revestimiento simple*

Adherencia roca-lechada (Resistencia del bulbo)  

Espesor de plasticización del macizo rocoso [m] Lp  

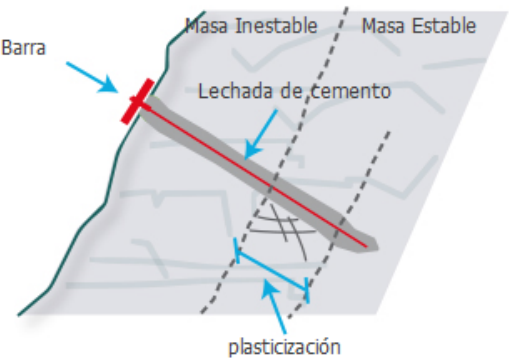
*Nota.* Elaboración propia. Realizado con el software MACRO Studio 4.0.

De la figura 53, para la adherencia de la roca-lechada, la arenisca tiene un rango entre 0.30 a 0.60 y en este caso se emplea una adhesión de 0.30.

**Figura 53**

*Tensión de adhesión lechada-roca*

La tensión de adhesión lechada-roca es la máxima resistencia al cizallamiento entre la lechada de cemento y la roca. Ese valor afecta toda la barra de andaje.



Roca	Adhesión lechada[MPa]
Basalt	0.55 - 1.00
Granite	0.55 - 1.00
Dolomitic Limestone	0.45 - 0.70
Soft Limestone	0.35 - 0.50
Slates	0.30 - 0.45
Strong Shales	0.30 - 0.45
Weak Shales	0.05 - 0.30
Sandstone	0.30 - 0.60
Concrete	0.45 - 0.90
Weak Rock	0.35 - 0.70
Medium Rock	0.70 - 1.05
Strong Rock	1.05 - 1.40

Tensión de adhesión lechada-roca =

*Nota.* Elaboración propia. Realizado con el software MACRO Studio 4.0.

Para el espesor de plasticización del macizo rocoso se tomó un rango de 0.25 a 0.45, ya que son rocas pesadas y articuladas como se muestra en la figura 54:

**Figura 54**

*Longitud de plasticización*

Es la porción estable del macizo rocoso que pierde su resistencia debido a la deformación del anclaje cuando está bajo carga. Por lo tanto, esa porción no es considerada como fundación para las barras de anclaje.

Roca	plasticización
Hard sound rocks (e.g. Granite)	0.10 - 0.15
Weak rocks (e.g. Marl)	0.15 - 0.25
Very weak rocks (E.g. Siltstone)	0.25 - 0.45
Heavy jointed rocks	0.25 - 0.45

Longitud de plasticización asumido =

*Nota.* Elaboración propia. Realizado con el software MACRO Studio 4.0.

En la figura 55, se definen los coeficientes de factor de seguridad del revestimiento:

**Figura 55**

*Definición de coeficientes del FS del revestimiento simple*

**SF FS Factor de seguridad**

**Talud de roca**

Coefficiente de seguridad para cargas variables  $\gamma_v$

Coefficiente de seguridad para cargas permanentes  $\gamma_p$

**Malla**

Coefficiente de reducción de resistencia de la malla  $\gamma_m$

**Geometría del cable longitudinal de coronación**

Coefficiente de reducción en distancia X  $\gamma_x$

**Cable**

Coefficiente de reducción de resistencia del cable  $\gamma_c$

**Tipo de anclaje**

Coefficiente de reducción de resistencia del acero  $\gamma_a$

Coefficiente de reducción de la adherencia entre roca y lechada en el  $\gamma_{grt}$

*Nota.* Elaboración propia. Realizado con el software MACRO Studio 4.0.

Los factores de seguridad aplicados a las cargas permanentes siguen las pautas de la norma UNI 11437:2012, que establece lo siguiente:

- Para las cargas variables, como la acumulación de detritos y la nieve, se requiere un factor mínimo de 1.5.
- Para las cargas permanentes, como el peso de la malla, se exige un factor mínimo de 1.3.

El coeficiente de seguridad  $\gamma_{ms}$ , que se emplea para considerar la disminución de la resistencia de la malla, debe ser al menos 2.50. Esto se basa en pruebas a escala real y de laboratorio que demostraron que la malla no alcanza su capacidad total debido a las tensiones heterogéneas generadas por el movimiento de los bloques.

Los factores de seguridad relacionados con el espaciamiento de los pernos se determinan en función de la morfología del talud:

- Para taludes regulares, se utiliza un factor de seguridad de 1.00.
- Para taludes irregulares, se incrementa ligeramente a 1.10.

En cuanto al coeficiente de seguridad para la resistencia del cable de acero, dado que esta aplicación no se contempla en las normas y las cargas involucradas no son tan críticas como las especificadas en los estándares, se sugiere un valor mínimo de 2.00.

El valor  $\gamma_{ST}$  se establece en 1.15 según la normativa para reducir la resistencia del acero. El valor  $\gamma_{DT}$  varía dependiendo de si se adopta a partir de ensayos de arrancamiento (1.05) o de la literatura (2.00).

### ***5.13.2. Revestimiento cortical***

Para este tipo de revestimiento se usa la pestaña MACRO 1 y el talud 2 porque sus parámetros, forma y distancia del pie de talud son los apropiados.

En la figura 26, se muestran los parámetros a utilizar en el talud 2:

**Figura 56**

*Datos del talud rocoso 2*

The screenshot shows the 'Talud Rocoso' software interface with the following parameters:

- Inclinación del talud [°]:  $\beta = 81$
- Desbloquear relación entre ángulo del talud y de la barra
- Espesor de la capa inestable [m]:  $S = 1.50$
- Peso específico de la roca [kN/m<sup>3</sup>]:  $\gamma = 26.00$
- Discontinuidad crítica**
  - Inclinación de la discontinuidad crítica:  $\alpha = 46$
  - Resistencia a compresión de la discontinuidad crítica JCS [MPa]:  $JCS = 25.00$
  - Coefficiente de rugosidad de la discontinuidad crítica JRC:  $JRC = 10.00$
- Coefficiente de aceleración sísmica**
  - Coef. de aceleración sísmica horizontal:  $ch = 0.23$
  - Coef. de aceleración sísmica vertical:  $cv = 0.00$
- Carga externa**
  - Carga externa [kN]:  $E = 0.00$
  - Ángulo de aplicación:  $\omega = 90.00$

An 'Ok' button is located at the bottom of the form.

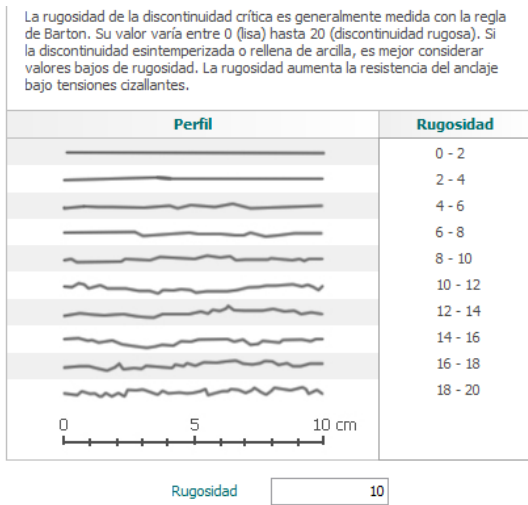
*Nota.* Elaboración propia. Realizado con el software MACRO Studio 4.0.

Para este talud, se sabe que tiene una inclinación de 81° y la determinación precisa del grosor de la capa inestable se logra mediante un estudio geomecánico de las fallas en el talud. No obstante, de manera preliminar, es posible estimarlo a partir del tamaño de los bloques que se han desprendido y para este diseño el espesor es de 1.50 metros. De la tabla 2, el peso específico considerado para este diseño es de 26 kN/m<sup>3</sup>.

Con la tabla 20, se obtiene la inclinación de la discontinuidad crítica y con la tabla, la resistencia a compresión de nuestro talud y es dividida entre 3. El valor del coeficiente de rugosidad de la discontinuidad se puede determinar utilizando el método de Barton o mediante una evaluación táctil del contacto y su posterior comparación con la figura 57:

## Figura 57

### Rugosidad

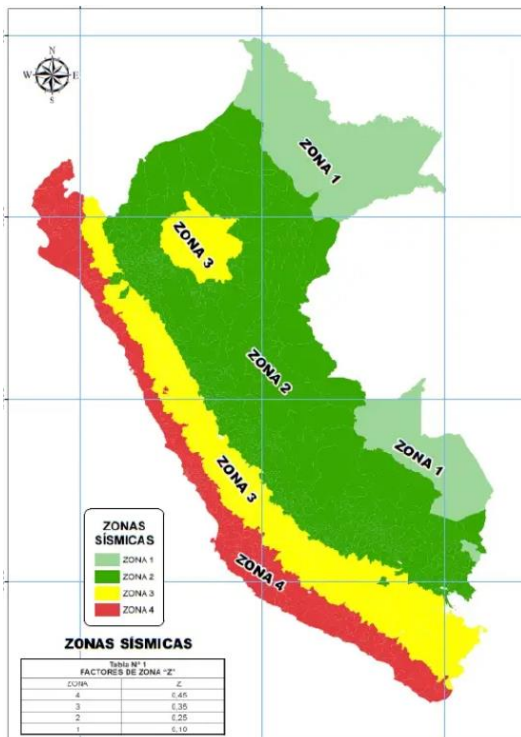


*Nota.* Elaboración propia. Para este caso se está considerando una rugosidad de 10. Realizado con el software MACRO Studio 4.0.

Es necesario tener en cuenta el coeficiente sísmico local, especialmente cuando existen vibraciones generadas por la propia infraestructura, como es el caso de taludes próximos a zonas residenciales. De la figura 58, el talud a estudiar se encuentra en Chorrillos por lo que pertenece a la zona 4.

## Figura 58

### Aceleración sísmica de Perú



*Nota.* Tomado de Decreto Supremo N° 003-2016-Vivienda.

Para cargas externas, esta fuerza puede ser aplicada para tener en cuenta la existencia de capas de hielo, vegetación u objetos que estén sujetos al mismo anclaje del revestimiento cortical. La magnitud de esta fuerza debe ser especificada junto con su módulo (E) y dirección ( $\kappa$ ), siendo  $0^\circ$  horizontal y  $90^\circ$  vertical hacia abajo. En la mayoría de veces, tiene un ángulo de aplicación de  $90^\circ$ .

En la figura 59, se muestra los datos geométricos de la barra de anclaje del revestimiento:

### Figura 59

*Datos de las barras de anclaje del revestimiento cortical*

Geometría	
Espaciamiento horizontal entre andajes [m]	$I_x$ 1.50
Espaciamiento vertical entre andajes [m]	$I_y$ 1.50
Inclinación de la barra con respecto a la horizontal	$\varepsilon$ 10
Coeficiente (Bustamante, Doix, 1985)	No increment $\alpha_B$ 1.00

*Nota.* Elaboración propia. Realizado con el software MACRO Studio 4.0.

El espaciado horizontal y vertical de los pernos, junto con el grosor de la capa inestable, determinará el volumen que cada perno estabilizará. A medida que el espaciado entre los pernos aumenta, el costo total de la obra disminuirá. En este caso se considera 1.50 metros para llegar al factor de seguridad ideal.

La inclinación de la barra en relación con la horizontal permite al software determinar la contribución de la barra a la estabilización del talud. Esta inclinación debe estar dentro del rango de 10 a 15 grados.

En la figura 60, se observan los datos del anclaje a utilizar para el revestimiento cortical, detallando el tipo y características:



**Figura 60**

*Datos del tipo de anclaje del revestimiento cortical*

Tipo de anclaje	
Tipo de barra	barra helicoidal Gr. 75 25mm
Diámetro interno de la barra [mm]	$\varnothing_i$ 0
Diámetro externo de la barra [mm]	$\varnothing_e$ 25
Diámetro de perforación [mm]	50
Tensión de fluencia de la barra [MPa]	$f_{y,k}$ 500
Corona de corrosión	
<input type="radio"/> Espesor personalizado [mm]	$t_c$ 0.00
<input checked="" type="radio"/> Espesor automático [mm]	$t_c$ 1.79
Agresividad del medio ambiente	Medium
	$Cr$ 37.50
Vida útil del proyecto [Años]	$S_{ife}$ 50.00
<input type="checkbox"/> Reduction of the steel yield according to NF P 94-270 (2009)	
Tensión de adhesión roca-lechada [MPa]	$\tau_{lim}$ 0.55
Espesor de plasticización del macizo rocoso [m]	$L_p$ 0.30

*Nota.* Elaboración propia. Realizado con el software MACRO Studio 4.0.

Se especifica el tipo de barra que se utilizará para la estabilización, en este contexto, se empleará una barra helicoidal GR. 75, que es la variedad comúnmente utilizada en Perú. Para el diámetro interno de la barra, se emplea una barra hueca. Sin embargo, dado que su uso es poco frecuente, se asigna un valor de 0 a esta medida. A diferencia de del diámetro externo, los tamaños más frecuentemente empleados son los de 20, 25 y 32 milímetros.

En cuanto al diámetro de perforación, este es un dato ejecutivo que se determina en función del equipo de perforación que se empleará, y generalmente se considera un valor de 50 mm.

También se tiene en cuenta una tensión de fluencia de la barra de 500 MPa con una agresividad del medio ambiente mediana y vida útil de 50 años.

De la figura 54, la adherencia de la roca-lechada para la arenisca tiene un rango entre 0.30 a 0.60 y en este caso se emplea una adhesión de 0.50; y de la figura 55, el espesor de plasticización del macizo rocoso se toma un rango de 0.25 a 0.45, ya que son rocas pesadas y articuladas.

En la figura 61, se muestra el tipo de malla a emplear:

**Figura 61**

*Tipo de malla para el revestimiento cortical*



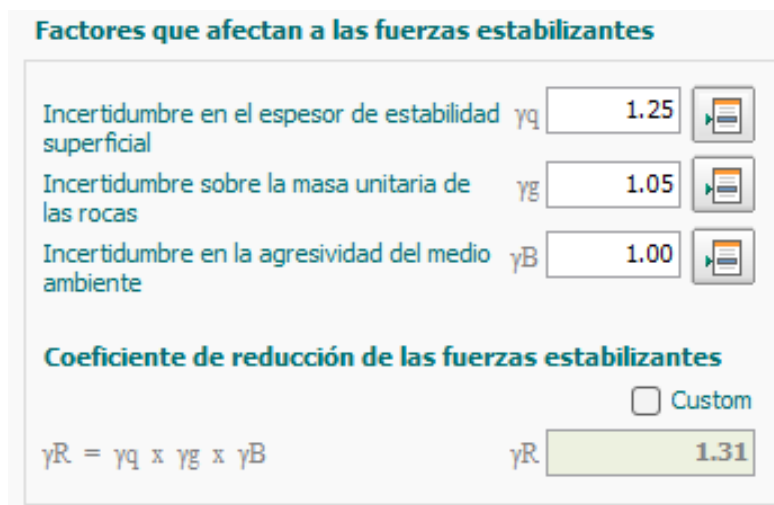
*Nota.* Elaboración propia. Realizado con el software MACRO Studio 4.0.

La malla seleccionada ha sido Steelgrid MO 200, ya que es la más factible al talud estudiado y le da mejor estabilización al talud.

Para el factor de seguridad, dado que se trata de un enfoque basado en el equilibrio límite, el software utiliza coeficientes para aumentar las fuerzas aplicadas y reducir las fuerzas de resistencia. La figura 62 muestra los factores afectantes a las fuerzas estabilizantes:

**Figura 62**

*Factores que afectan a las fuerzas estabilizantes*



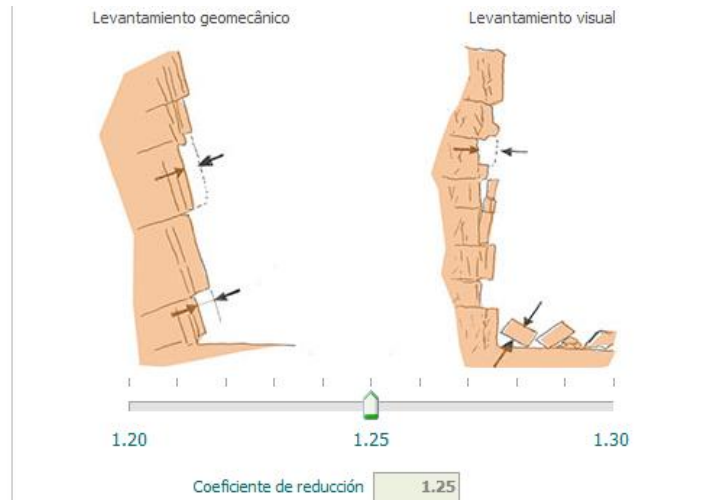
*Nota.* Elaboración propia. Realizado con el software MACRO Studio 4.0.

Para la incertidumbre en el espesor hay un rango entre 1.20 a 1.30, el cual se toma el punto medio.

En la figura 63, se puede ver detalladamente el coeficiente de reducción con respecto a la incertidumbre en el espesor de estabilidad superficial.

### Figura 63

#### *Incertidumbre en el espesor de la estabilidad superficial*



*Nota.* Elaboración propia. Realizado con el software MACRO Studio 4.0.

Es una roca heterogénea y compacta, por lo que la incertidumbre sobre la masa unitaria de las rocas es de 1.05 y la incertidumbre en la agresividad del medio ambiente es de 1.00. La multiplicación de los factores de las incertidumbres nos da el valor del coeficiente de reducción de las fuerzas estabilizantes y es de 1.31.

En la figura 64, se detallan los datos de los coeficientes de seguridad que afectan al talud:

### Figura 64

#### *Datos de los coeficientes de seguridad*

**Factores que afectan a las fuerzas solicitantes**

Morfología de la superficie del talud  $\gamma_M$  1.25

Cargas externas  $\gamma_O$  1.00

**Coefficiente de amplificación de las fuerzas destabilizantes**

Custom

$\gamma_D = \gamma_M \times \gamma_O$   $\gamma_D$  1.25

**Factores que afectan a las fuerzas solicitantes**

Coefficiente de seguridad global

$\gamma_{DF} = \gamma_R \times \gamma_D$   $\gamma_{DF}$  1.64

**Malla**

Coefficiente de seguridad aplicado a la resistencia a la tracción de la malla  $\gamma_{mesh}$  1.50

**Tipo de anclaje**

Coefficiente de seguridad aplicado a la tensión de fluencia del acero  $\gamma_A$  1.15

Coefficiente de seguridad aplicado a la adhesión roca-techada  $\gamma_T$  1.80

*Nota.* Elaboración propia. Realizado con el software MACRO Studio 4.0.

La morfología es considerada 1.25, ya que las mallas son colocadas en taludes con superficies irregulares, esto se debe a que la malla no se ajusta de manera perfecta a la superficie.

En cargas externas es 1.00 porque no se encuentra nieve ni desarrollo de vegetación en la zona.

En la malla, casi siempre se considera 1.50 del coeficiente de seguridad aplicado a la resistencia a la tracción.

La norma establece un valor de 1.15 para la reducción de la resistencia del acero y un valor de 2.00 porque proviene de la literatura.

#### **5.14. Proceso económico**

Se realizó para esta ejecución de obra de instalación de mallas como medida de protección en los taludes de AA HH. Inty Llacta un presupuesto donde contempla dicha ejecución.

##### **5.14.1. Metrados**

Para la estabilización de taludes, se realizó el metrado correspondiente:

###### **02.01.01. Trazo y replanteo en obra**

En campo se realizó el levantamiento topográfico y se obtuvo las siguientes medidas para el siguiente replanteo general, lo que es necesario para que se ajuste a las condiciones reales encontradas en el terreno.

En la tabla 43, se detalla el metrado de esta partida:

**Tabla 43**

###### *Metrado de trazo y replanteo en obra*

Descripción	Nº veces	Cantidad	Longitud	Altura	Parcial
Talud 01	1	1	39.67	18.00	714.06
Talud 02	1	1	68.44	20.00	1368.80
				Total	2082.86 m <sup>2</sup>

*Nota.* Elaboración propia.

###### **02.02.01. Excavación manual en roca suelta**

Se designo materiales terrenos, aluviales o de relleno, que contenga diámetros menores de 0.10 metros y se encuentren en la parte cabezal del talud aproximado de 2 metros de altura. Que sean removibles con picos y palas, y que no sean uso de maquinaria o explosivos.

En la tabla 44, se detalla el metrado de esta partida:

**Tabla 44***Metrado de excavación manual en roca suelta*

Descripción	N° veces	Cantidad	Longitud	Ancho	Altura	Parcial
Talud 01	1	1	39.67	0.1	2	7.934
Talud 02	1	1	68.44	0.1	2	13.688
Total						21.62 m <sup>3</sup>

*Nota.* Elaboración propia.

## 02.02.02. Eliminación de material excedente y desmontes

La eliminación de material excedente de la excavación manual en roca suelta, se realizará con maquinaria apropiada, que será cargada con un cargador frontal y trasladando con un volquete a lugares que se encuentre con autorización.

En la tabla 45, se detalla el metrado de esta partida:

**Tabla 45***Metrado de eliminación de material excedente y desmontes*

Descripción	N° veces	Cantidad	Longitud	Ancho	Altura	Parcial
Talud 01	1	1	39.67	0.1	2	7.934
Talud 02	1	1	68.44	0.1	2	13.688
Total						21.62 m <sup>3</sup>

*Nota.* Elaboración propia.

## 02.03.01. Suministro de malla de acero de alta resistencia

Para el suministro de malla de acero, se hizo el requerimiento de Mac. Ro. System – Steelgrid H 30, consiste en la asociación de cables de acero, revestidos con polímero dispuestos longitudinalmente a una malla hexagonal de doble torsión, producida con alambres de acero de bajo contenido de carbono, revestidos con la aleación GalMac® 4R y polímero, con la finalidad de revestir taludes, evitando el desprendimiento y caída de rocas, estabilizando las pendientes con mayor durabilidad y resistencia a agresividad del medio.

## 02.03.02. Perforación de anclajes

Para esta perforación de anclaje con barras en forma de rosca helicoidal de 75 gr. y 25 mm de diámetro será introducido en el cabezal y pie del talud, que permiten el control de la inestabilidad de talud del macizo rocoso. En el talud 01, según el diseño se hará el anclaje cada 02 metros en 39.67 metros de longitud, y con 3.05 metros de inyección. En la tabla 46, se detalla el metrado:

**Tabla 46***Metrado de perforación de anclajes*

Descripción	N° veces	Cantidad	Total
Talud 01	2	20	40 und

*Nota.* Elaboración propia.

## 02.03.03. Instalación de malla de acero de alta resistencia

En la instalación se hará el tendido de la malla en todo el talud estudiado en presencia de la mano de obra. En la tabla 47, se detalla el metrado de esta partida:

**Tabla 47***Metrado de instalación de malla de acero de alta resistencia*

Descripción	N° Veces	Cantidad	Longitud	Altura	Parcial	Total
Talud 01	1	1	39.67	18	714.06	714.06 und

*Nota.* Elaboración propia.

## 02.04.01. Suministro de malla de acero de alta resistencia

Para el suministro es mismo procedimiento que el Ítem 02.03.01.

## 02.04.02. Perforación de anclajes

Para esta perforación de anclaje con barras en forma de rosca helicoidal de 75 gr. y 25 mm de diámetro será introducido cada 1.5 metros en distancia de horizontal y vertical, que permiten el control de la inestabilidad de talud del macizo rocoso. En el talud 02, la inyección será de 2.50 metros. En la tabla 48, se detalla el metrado:

**Tabla 48***Metrado de perforación de anclajes*

Descripción	N° Veces	Largo	Longitud	Total
Talud 02	1	13	45	585 und

*Nota.* Elaboración propia.

## 02.04.03. Instalación de malla de acero de alta resistencia

En la instalación se hará el tendido de la malla en todo el talud estudiado en presencia de la mano de obra.

En la tabla 49, se detalla el metrado de esta partida:

**Tabla 49***Metrado de instalación de malla de acero de alta resistencia*

Descripción	N° Veces	Cantidad	Longitud	Altura	Parcial	Total
Talud 02	1	1	68.44	20	1368.8	1368.8 und

*Nota.* Elaboración propia.

En el anexo 5, se ve detalladamente el análisis de precios unitarios de las partidas expuestas.

#### **5.14.2. Beneficio/Costo de proyecto**

Con el propósito de evaluar la viabilidad económica de este proyecto, se llevó a cabo un censo de residentes o peatones expuestos al riesgo de inestabilidad en los taludes número 01 y 02 en el Asentamiento Humano Inty Llacta. Para esto, se recurrió a la información proporcionada por el Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI) con el fin de obtener datos precisos sobre la población que habitaba en esta área en el año 2017. El resultado arrojó un total de 75 habitantes, como se detalla en el anexo 6.

No obstante, se procedió a realizar un recuento actualizado y proyectado de la población en la zona de riesgo, con los siguientes resultados de la tabla 50:

**Tabla 50***Habitantes por zonas*

Zona	Habitantes
Zona 01	27
Zona 02	24
Zona 03	6
Zona 04	66
Zona 05	18
Total	141

*Nota.* Elaboración propia.

- En la zona 01, se estima que 27 residentes estarían en riesgo en caso de que ocurriera un desprendimiento de rocas. Esto también afectaría a los habitantes de la parte superior, ya que la vía de acceso es estrecha, lo que dificultaría la circulación peatonal.
- En la zona 02, se ha identificado que 24 personas que viven en esa área estarían en peligro en caso de caída de rocas, lo que también tendría un impacto en las dos viviendas contiguas al talud.

- En la zona 03, seis personas estarían expuestas al riesgo de inestabilidad en el talud 01, con la posibilidad de pérdida de bienes muebles debido a la presencia de un depósito de motocicletas y automóviles.
- En la zona 04, que comprende las viviendas frente a los taludes 01 y 02, se verían afectadas alrededor de 66 habitantes. Se estima que viven aproximadamente tres personas por piso, y se han registrado un total de diez viviendas. Además, estas viviendas albergan vehículos, lo que los hace vulnerables ante la inestabilidad de los taludes y posibles caídas de rocas.
- En la zona 05, se ha identificado como la más susceptible a la inestabilidad de los taludes rocosos, ya que estos se encuentran justo encima de las viviendas. En esta área residen aproximadamente 18 habitantes. Además, esta zona se ubica en medio de una calle con alto tráfico de vehículos y peatones, lo que aumenta la preocupación por la seguridad vial y la de las personas.



## CAPÍTULO VI: PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

### 6.1. Presentación de resultados

#### 6.1.1. Tipos de falla del macizo rocoso

Hemos utilizado el programa Dips para determinar el tipo de falla que se manifiesta en cada uno de los taludes. La tabla 51 indica la falla en cada talud:

**Tabla 51**

*Tipos de falla del talud estudiado*

Talud	Tipo de falla
Talud 1	Rotura planar
Talud 2	Rotura de cuña

*Nota.* Elaboración propia.

#### 6.1.2. Factor de seguridad en fallas por el criterio de Mohr-Coulomb

Se han evaluado los factores de seguridad en los taludes estudiados utilizando el programa Swedge 4.0, el cual fue alimentado con datos topográficos y mediciones de buzamiento. En la tabla 52, se muestra el factor de seguridad para fallas en cuña:

**Tabla 52**

*Factor de seguridad de falla en cuñas*

Talud	Condición	FS
Talud 2	Estático	0.278
Talud 2	Pseudo-estático	0.194

*Nota.* Elaboración propia.

En la tabla 53, se muestra el factor de seguridad para fallas planares:

**Tabla 53**

*Factor de seguridad de falla planar*

Talud	Condición	FS
Talud 1	Estático	0.825

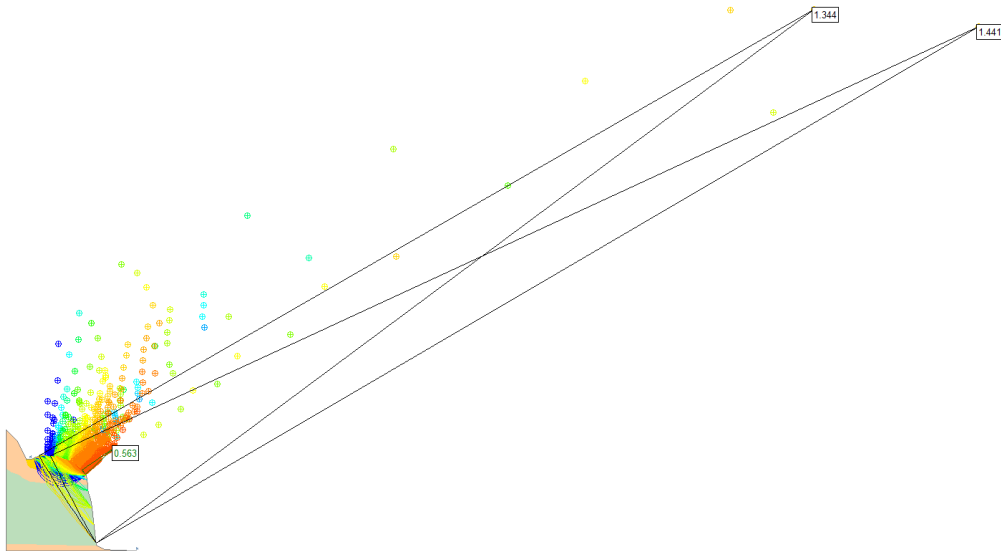
*Nota.* Elaboración propia.

### 6.1.3. Factor de seguridad por el criterio de Hoek y Brown

Ambas condiciones se hicieron por el método de Spencer obteniendo los modelamientos. En la figura 65, se grafica en condición estático dando un resultado de 1.344.

#### Figura 65

*Análisis de factor de seguridad estático del talud*

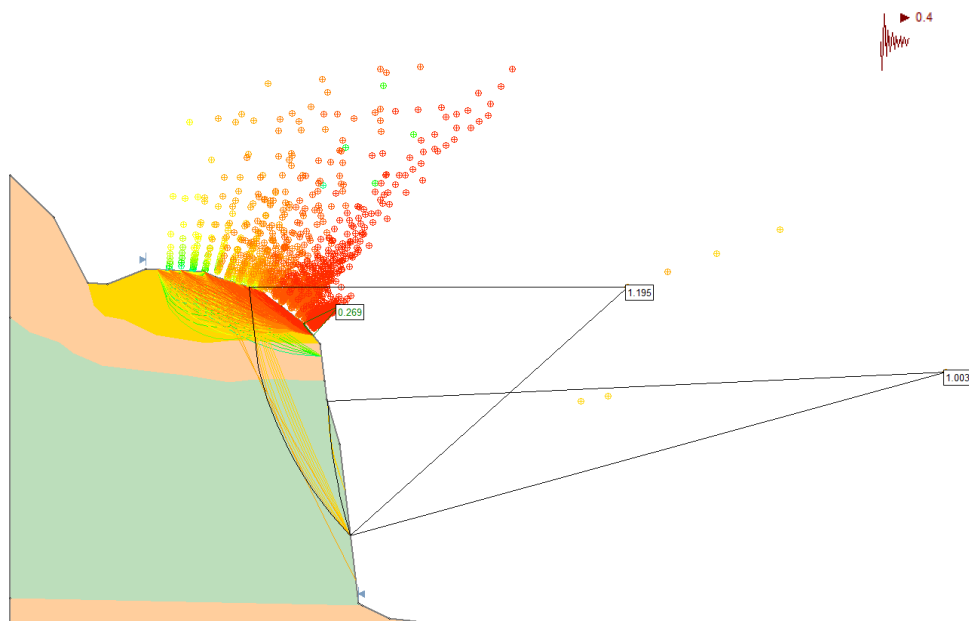


*Nota.* Elaboración propia. Realizado con el software Slide 6.0.

En la figura 66, se grafica en condición pseudo-estático dando un resultado de 1.003.

#### Figura 66

*Análisis de factor de seguridad pseudo-estático del talud*



*Nota.* Elaboración propia. Realizado con el software Slide 6.0.

#### 6.1.4. Nivel de peligro

Mediante la aplicación del método de SAATY, se logró categorizar y clasificar el nivel de peligro en la zona de investigación, basándose en los resultados obtenidos de la tabla 54 y 55:

**Tabla 54**

*Análisis del nivel de peligro*

Valor de peligro	Rango	Nivel de peligro
0.489	$0.239 \leq P \leq 0.489$	Muy alto
0.239	$0.138 \leq P \leq 0.239$	Alto
0.138	$0.083 \leq P \leq 0.138$	Medio
0.083	$0.050 \leq P \leq 0.083$	Bajo
0.050		

*Nota.* Elaboración propia.

**Tabla 55**

*Estratificación de peligro*

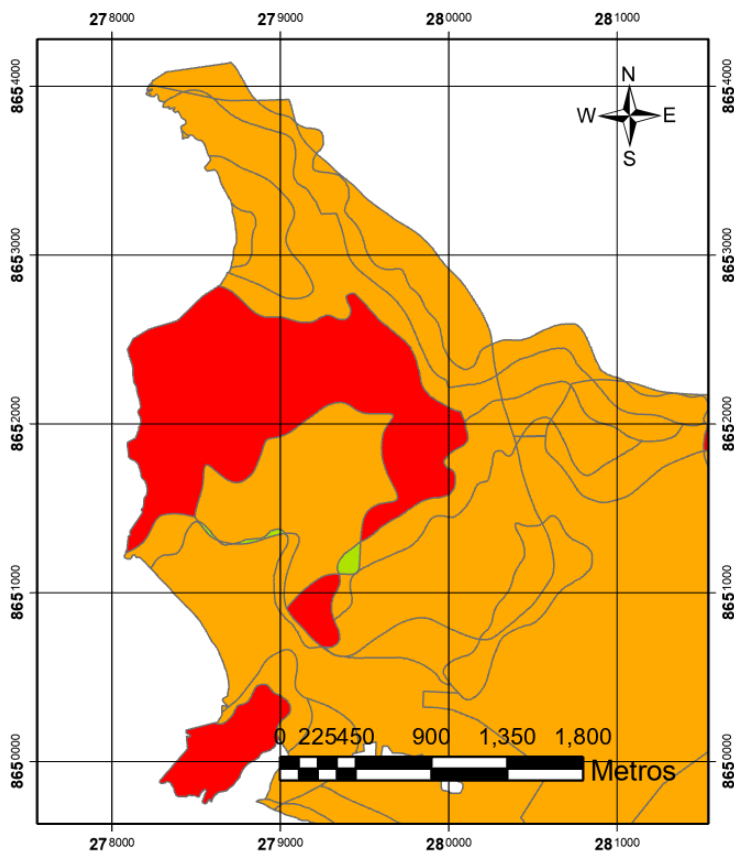
Niveles	Descripción	Rango
Peligro muy alto	Sismos con magnitudes de MW > 7.5, para una pendiente con más de 37° del talud rocoso, con una geología de depósito aluvial, geomorfología de relieve colinoso en rocas sedimentarias, intensidad de sismo de VIII a IX y aceleración sísmica mayor de 0.45.	$0.239 \leq p \leq 0.489$
Alto	Sismos con magnitudes de MW de 6 a 7.5, para una pendiente de 26° a 37° del talud rocoso, con una geología de formación herradura, geomorfología de planicie pluvial, intensidad de sismo de V - VII y aceleración sísmica de 0.35g a 0.45g.	$0.138 \leq p \leq 0.239$
Medio	Sismos con magnitudes de MW de 4.5 a 6, para una pendiente de 14° - 25° del talud rocoso, con una geología de formación salto de fraile, geomorfología de ladera de montaña, intensidad de sismo de IV - V y aceleración sísmica de 0.25g a 0.35g.	$0.083 \leq p \leq 0.138$
Bajo	Sismos con magnitudes de MV de 3 a 4.5, para una pendiente de 8° - 13° del talud rocoso, con una geología de formación depósito aluvial, geomorfología de acantilado, intensidad de sismo de III y aceleración sísmica de 0.10g a 0.25g.	$0.050 \leq p \leq 0.083$

*Nota.* Elaboración propia.

En la figura 67, utilizando el software ArcGIS Pro, se estableció la delimitación del estudio de investigación en función de los niveles de peligro identificados, permitiendo la identificación de áreas en riesgo frente a posibles situaciones desencadenantes o condicionantes.

### **Figura 67**

*Mapa de Nivel de Peligro*



*Nota.* Elaboración propia. Realizado con ArcGis Pro.

#### **6.1.5. Viabilidad técnica de los métodos de protección**

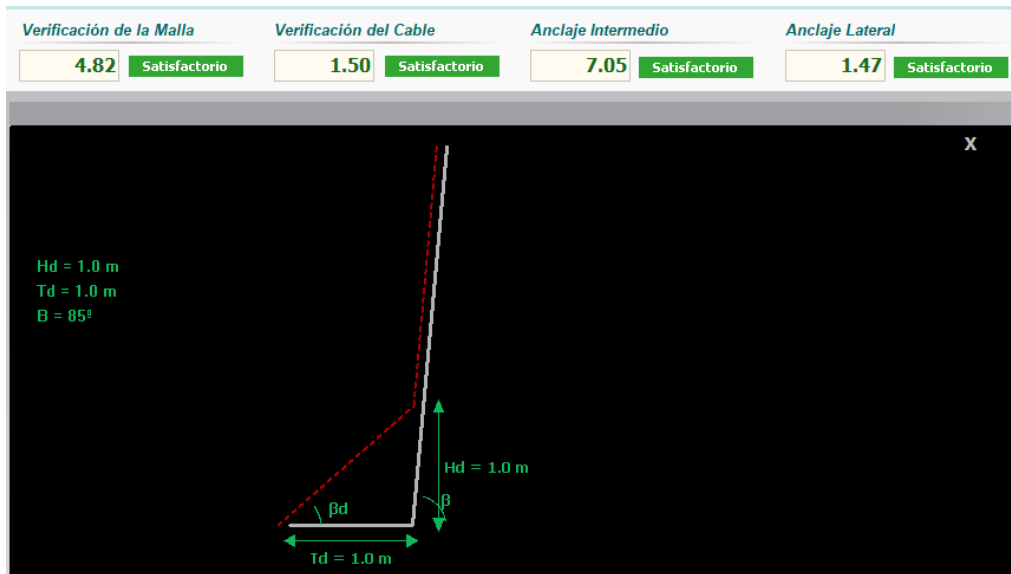
Usando el software Macro Studio 2 4.0, en la figura 68, se han obtenido resultados positivos en la evaluación del talud 1 en relación con la efectividad de la malla, el cable y los anclajes empleados.

De la misma manera, el diseño para este método de protección demostró ser favorable para su implementación.

En el anexo 7, se observa detalladamente el informe del dimensionamiento del cálculo.

## Figura 68

### Factor de seguridad con Revestimiento simple

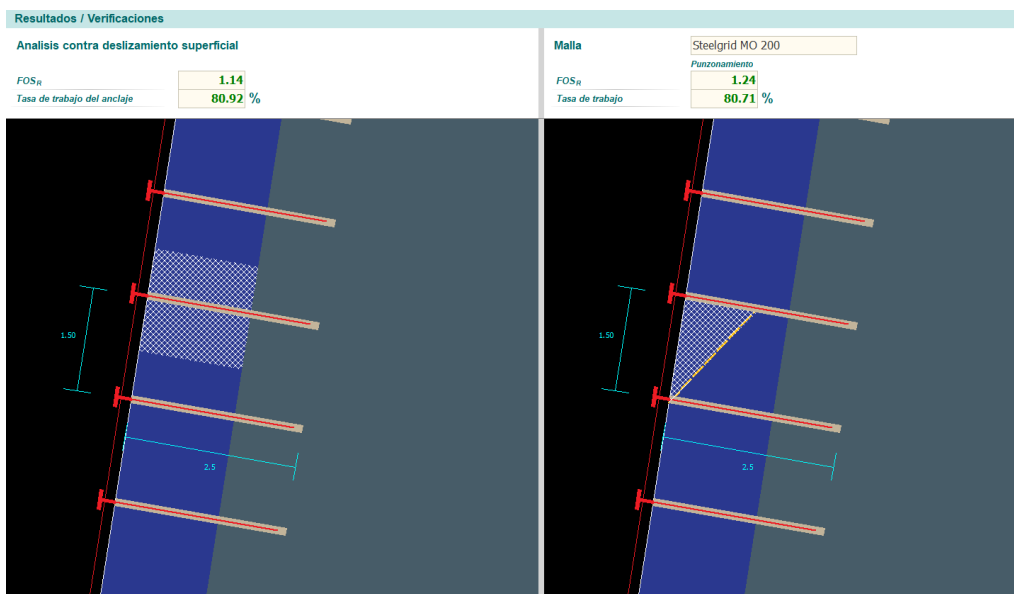


Nota. Elaboración propia. Realizado con el software MACRO Studio 4.0.

Además, en la figura 69, se utilizó el software Macro Studio 1 4.0 en el talud 2 para calcular de manera satisfactoria un factor de seguridad de 1.14 contra deslizamientos superficiales, junto con una tasa de trabajo de anclaje del 80.92%. En cuanto a la malla empleada, arrojó un factor de seguridad de 1.24, con una tasa de trabajo del 80.71%. En el anexo 8, se observa detalladamente el informe del dimensionamiento del cálculo.

## Figura 69

### Factor de seguridad con Revestimiento cortical



Nota. Elaboración propia. Realizado con el software MACRO Studio 4.0.

### 6.1.6. Viabilidad económica de los métodos de protección

Luego de realizar el análisis de los precios unitarios junto con su correspondiente cálculo de metrados, se presenta el presupuesto definitivo del proyecto en la tabla 56, el cual asciende a una estimación de 444,915.33 soles, incluyendo los costos generales, la ganancia y el impuesto al valor agregado (IGV).

**Tabla 56**

#### Presupuesto de los métodos de protección para el talud rocoso

Presupuesto						
<b>Proyecto</b>	Creación de método de protección de talud; en el talud rocoso del AA.HH. Inty llaeta del distrito de chorrillos, provincia de lima, departamento de lima					
<b>Cliente</b>	Universidad Ricardo Palma					
<b>Ubicación</b>	Chorrillos - Lima - Lima					<b>Costo a:</b> 01/07/2023
Ítem	Descripción	Unidad	Metrado	Precio (S/.)	Parcial (S/.)	Total (S/.)
<b>1.00</b>	<b><u>Obras provisionales, trabajos preliminares, seguridad y salud</u></b>					<b>26,005.85</b>
1.01	<b>Obras provisionales</b>					5,505.85
01.01.01	<b>Construcciones provisionales</b>					1,665.85
01.01.01.01	Almacén oficina y caseta de guardiana	Glb	1	500	500	
01.01.01.02	Comedor para personal de obra	Glb	1	1,165.85	1,165.85	
01.01.02	<b>Servicios varios</b>					3,840.00
01.01.02.01	Energía eléctrica para la construcción	Glb	1	690	690	
01.01.02.02	Conexión de agua	Glb	1	2,500.00	2,500.00	
01.01.02.03	Acondicionamiento temporal uso baños existentes	Glb	1	650	650	
1.02	<b>Trabajos preliminares</b>					20,500.00
01.02.01	<b>Movilización y desmovilización de equipos y maquinarias</b>					6,000.00
01.02.01.01	Movilización y desmovilización de equipos y maquinarias	Glb	1	6,000.00	6,000.00	
01.02.02	<b>Seguridad y salud</b>					14,500.00
01.02.02.01	Equipos de protección personal	Glb	1	4,500.00	4,500.00	
01.02.02.02	Equipos de protección colectiva	Glb	1	5,000.00	5,000.00	
01.02.02.03	Señalización temporal de seguridad	Glb	1	2,500.00	2,500.00	
01.02.02.04	Capacitación en seguridad y salud	Glb	1	2,500.00	2,500.00	
<b>2.00</b>	<b><u>Estabilización de taludes rocoso</u></b>					<b>271,699.89</b>
2.01	<b>Trazos, niveles y replanteo</b>					5,416.52
02.01.01	Traza y replanteo en obra	M <sup>2</sup>	2,082.86	2.6	5,416.52	
2.02	<b>Movimiento de tierra</b>					3,211.56
02.02.01	Excavación manual en roca suelta	M <sup>3</sup>	21.62	90.53	1,957.41	
02.02.01	Eliminación de material excedente y desmontes	M <sup>3</sup>	21.62	58	1,254.15	
2.03	<b>Revestimiento simple</b>					69,867.75
02.03.01	Suministro de malla de acero de alta resistencia	M <sup>2</sup>	714	67.53	48,212.85	
02.03.02	Perforación de anclajes	Und	40	247.04	9,881.75	
02.03.03	Instalación de malla de acero de alta resistencia	M <sup>2</sup>	714	16.49	11,773.15	
2.04	<b>Revestimiento cortical</b>					193,204.06
02.04.01	Suministro de malla de acero de alta resistencia	M <sup>2</sup>	1,368.00	67.53	92,374.20	

02.04.02	Perforación de anclajes	Und	585	133.8	78,272.91
02.04.03	Instalación de malla de acero de alta resistencia	M <sup>2</sup>	1,368.00	16.49	22,556.95
<b>3.00</b>	<b><u>Mitigación de impacto ambiental</u></b>				<b>16,500.00</b>
3.01	Medición de prevención, control y/o mitigación	Glb	1	2,500.00	2,500.00
3.02	Plan de seguimiento y control	Glb	1	2,500.00	2,500.00
3.03	Plan de gestión de riesgo	Glb	1	4,000.00	4,000.00
3.04	Plan de monitoreo arqueológico	Glb	1	5,000.00	5,000.00
3.05	Plan de cierre	Glb	1	2,500.00	2,500.00
<hr/>					
	Costo directo				314,205.74
	Gastos generales			12.00%	37,704.69
	Utilidad			8.00%	25,136.46
	Subtotal				377,046.89
	IGV			18.00%	67,868.44
	<b>Total Presupuesto</b>				<b>444,915.33</b>

*Nota.* Elaboración propia.

## 6.2. Análisis de resultados

a. **Objetivo 1:** Evaluar el factor de seguridad para la estabilidad de talud y el nivel de peligro por medio del método de Mohr-Coulomb, Hoek-Brown y Saaty.

Utilizando el método de Mohr-Coulomb, se observa que en el talud 2, tanto el factor de seguridad estático como el pseudo-estático indican inestabilidad. Para el talud 1, los factores de seguridad en ambas condiciones también son inestables, ya que son inferiores a 1.0. Esto sugiere que, en el caso del método pseudo-estático, las rocas ya se han desprendido, ya que los valores están por debajo del umbral establecido.

Mediante el método de Hoek-Brown, se determina que el talud 1 tiene un factor de seguridad de 1.34, lo que se considera inestable según la norma CE-020 del anexo 9. Según esta norma, para que un talud sea considerado estable en condiciones estáticas, el factor de seguridad debe ser igual o mayor a 1.5, y para condiciones pseudo-estáticas, debe ser mayor a 1.0. En nuestro caso, el valor obtenido es igual a 1.0, lo que indica que el talud estudiado podría colapsar en cualquier momento, representando una amenaza para el área analizada.

Por último, mediante el método de SAATY, se identifican las zonas con un mayor peligro en relación a diversos factores condicionantes y desencadenantes. El nivel de peligro en la zona de estudio se califica como alto, lo que significa que existe una propensión a sismos con magnitudes de MW de 6 a 7.5, pendientes del talud rocoso de 26° a 37°, geología de formación en herradura, geomorfología de planicie pluvial, intensidad sísmica de V - VII y una aceleración sísmica de 0.35g a 0.45g.

- b. **Objetivo 2:** Determinar la viabilidad técnica de los métodos de protección preventivos para establecer la estabilidad de taludes rocosos.

Para el análisis de la viabilidad técnica, se determinó que tanto el diseño como la ejecución de la obra son factibles. Inicialmente, se utilizó el software Macro Studio 4.0 para diseñar revestimientos tanto corticales como simples que se adaptan a las características específicas de cada uno de los taludes. Esto resultó en un factor de seguridad estable, superando el umbral de 1.50 en todas las interacciones evaluadas. Además, el proceso constructivo se llevó a cabo cumpliendo rigurosamente con todas las medidas y protocolos tanto antes, durante y después de la ejecución de la obra. Se dio una especial atención a la calidad de los materiales utilizados, garantizando el cumplimiento de normas internacionales, en particular la norma UNI 11437:2012. Cabe destacar que estas medidas de protección son innovadoras en el país, lo que proporciona una ventaja significativa en términos de garantía y seguridad ante la inestabilidad del talud rocoso.

- c. **Objetivo 3:** Determinar la viabilidad económica de los métodos de protección preventivos para establecer el costo y beneficio del proyecto en taludes rocosos.

El análisis de viabilidad económica comienza por asegurar que los precios de los materiales se encuentren en línea con las condiciones del mercado. Esto implica prestar especial atención al costo de suministro e instalación de las mallas de acero, así como al precio de los equipos necesarios para llevar a cabo la perforación de los anclajes requeridos para cada talud. Además, se considera la asignación de recursos para la mano de obra y los ingenieros involucrados en el proyecto. La finalidad de este enfoque es garantizar que el proyecto pueda llevarse a cabo de manera económicamente viable. Esto se logra al determinar el número total de habitantes que podrían verse afectados por la posible emergencia de caídas de rocas desde el talud en caso de un sismo. Por lo tanto, se busca establecer una correlación sólida y precisa entre los beneficios esperados y los costos asociados al proyecto propuesto.

### **6.3. Contrastación de hipótesis**

- **Hipótesis general:** Al determinar la viabilidad técnica y económica de los métodos de protección se establece la mejor alternativa en estabilidad de taludes rocosos en el asentamiento humano Inty Llacta.

La hipótesis general si se cumplió, puesto que los revestimientos simple y cortical se establecieron como la mejor alternativa para la estabilidad de taludes rocosos en el asentamiento humano Inty Llacta.



- **Hipótesis específica 1:** Los métodos Mohr-Coulomb, Hoek-Brown y Saaty son adecuados para evaluar el factor de seguridad y el nivel de peligro del talud rocoso.  
La hipótesis específica 1 se cumplió, puesto que el método de Mohr-Coulomb evaluó el factor de seguridad en fallas planares y en cuñas; y, el método de Hoek-Brown evaluó el factor de seguridad global del talud en ambas condiciones (estático y pseudo-estático). Por último, se hizo el análisis del nivel de peligro con su respectiva estratificación y mapa con respecto al método de Saaty.
- **Hipótesis específica 2:** La viabilidad técnica de los métodos de protección preventivos es eficiente para la estabilidad del talud rocoso.  
La hipótesis específica 2 se cumplió, puesto que los revestimientos simple y cortical son eficientes porque dieron un factor de seguridad favorable al talud rocoso, siendo estable.
- **Hipótesis específica 3:** La viabilidad económica de los métodos de protección preventivos es conveniente para el beneficio y costo del proyecto en taludes rocosos.  
La hipótesis específica 3 se cumplió, puesto que el presupuesto es viable debido al peligro que afecta a las propiedades inmobiliarias y muebles en la zona del Asentamiento Humano Inty Llacta, así como a la seguridad de las personas que residen y transitan en esta área.

## DISCUSIÓN

De acuerdo con Mamani y Pisco (2020), en su investigación aplican el criterio de Hoek-Brown para taludes rocosos y el criterio de Mohr-Coulomb para falla en rocas, con el propósito de calcular el factor de seguridad en situaciones estáticas y pseudo-estáticas. Sin embargo, proponen la metodología de sistemas de protección utilizando mallas metálicas, dado que se determina que el talud presenta inestabilidad. Esta inestabilidad se corrobora a través del modelado realizado en los programas Swedge 4.0 y Slide 6.0, donde se observa que el factor de seguridad, calculado mediante ambos enfoques, resulta inestable. Posteriormente, se aplican medidas de refuerzo en los taludes rocosos utilizando el software Macro Studio 4.0, lo que conduce a la obtención de un talud en condiciones de estabilidad.

Según Pari (2021), en su investigación, argumenta que, en el diseño de anclajes para garantizar la estabilidad de taludes, se recomienda una separación de 2.0 metros entre ellos, lo cual podría afectar la viabilidad del proyecto. En la práctica, es más común utilizar un espaciamiento de 1.5 metros. Sin embargo, en este estudio actual, tanto el reforzamiento simple como el cortical se dimensionan con una separación de 1.5 metros. En consecuencia, los resultados obtenidos en este trabajo coinciden con los planteamientos del autor mencionado previamente en lo que respecta al espaciamiento de los anclajes para estabilizar el talud.

Según Carrión (2019), en su estudio, teniendo un área de 19704.11 m<sup>2</sup>, considera el uso del método de malla anclada Tecco lo cual implicaría un costo total de 982,939.23 soles. Por otro lado, al utilizar el método Erdox para la estabilización, el proyecto tendría un costo total de 24,016,328.01 soles. Sin embargo, en esta investigación, al emplear el enfoque de reforzamiento simple y cortical en un área de 2082.86 m<sup>2</sup>, se lograría una reducción del 50% a más en el costo total, resultando en un valor de 444,915.33 soles, lo que lo convierte en una alternativa más económica y viable para su implementación.

## CONCLUSIONES

1. Se determina la viabilidad técnica y económica del talud rocoso del asentamiento humano Inty Llacta, distrito de Chorrillos. Los resultados arrojados por los métodos de Mohr-Coulomb y Hoek-Brown indican que los factores de seguridad son inestables en su estado natural. Sin embargo, mediante la implementación de medidas de reforzamiento simple y cortical en el talud utilizando el programa Macro Studio 4.0, se logra estabilizarlo mediante un diseño y procedimiento constructivo específico. de igual forma. Asimismo, se establece un presupuesto de obra que resulta favorable en términos de la ejecución del proyecto en un plazo de 45 días.
2. Los resultados revelan que, bajo el enfoque del método de Mohr-Coulomb, en el software Swedge 4.0, de la tabla 52, los factores de seguridad en ambas condiciones son inestables, proyectando para el talud 1 un factor de seguridad estático de 0.83, y para el talud 2, de la tabla 53, un factor de seguridad estático de 0.29 y pseudo-estático de 0.19. Del mismo modo, al aplicar el método de Hoek-Brown por el software Slide 6.0, se observa en las figuras 65 y 66, que el factor de seguridad estático es inestable teniendo como valor 1.34, y el pseudo-estático también es inestable con 1.00. Además, se ha llevado a cabo la categorización de los niveles de riesgo en la zona analizada, y estos resultados señalan que la zona se ubica en una categoría de riesgo significativamente alta, evidenciado por un valor de peligro igual a 0.239.
3. Se evalúa la estabilidad del talud rocoso utilizando los métodos de reforzamiento simple y cortical. En este contexto, se obtiene un resultado satisfactorio para el talud 1 utilizando el revestimiento simple, con una verificación de la malla de 4.82, una verificación del cable de 1.50, una verificación del anclaje intermedio de 7.05 y una verificación del anclaje lateral de 1.47 mostrado en la figura 68; y, para el talud 2 utilizando el revestimiento cortical, con un factor de seguridad de 1.14 con una tasa de trabajo de 80.92% para un análisis contra deslizamientos superficiales, y un factor de seguridad de 1.24 para la malla con una tasa de trabajo de 80.71% como se grafica en la figura 69. Además, se establece un período de ejecución de 45 días, lo que representa una ventaja debido al corto plazo disponible.
4. Se calcula el presupuesto económico, que asciende a la cantidad de 444,915.33 soles como se indica en la tabla 56. Esto resulta ventajoso debido a que los costos asociados a la pérdida de bienes materiales como edificaciones y vehículos, así como la posible

pérdida de vidas humanas y la limitación en las rutas de acceso, superan considerablemente el valor de implementar el proyecto.

## RECOMENDACIONES

1. Para el revestimiento simple, el software, por defecto, manda una barra de Aco CA-50, pero no es comercial en el país, por lo que en su reemplazo se puede emplear la barra helicoidal Gr. 75 de 25 mm de diámetro, puesto que cumplen con las mismas especificaciones técnicas y no habría modificaciones en su estabilidad.
2. Las propiedades aledañas implementen el diseño y ejecución de muros de placa (muro de contención) en la pared pegada al talud, así frente a un sismo se puede evitar y/o amortiguar el derrumbe de las edificaciones generando un sostenimiento en las viviendas.
3. Llevar a cabo investigaciones de campo que involucren encuestar a los residentes para evaluar su vulnerabilidad en términos de aspectos económicos, sociales, ambientales y físicos, con el propósito de identificar su nivel de exposición a riesgos. Esto contribuirá a fomentar una mentalidad de prevención en la comunidad.
4. Para esta tesis, se empleó el uso de la norma italiana por lo que sería ideal implementar una normativa peruana para el diseño de métodos de protección para taludes.
5. Prohibir la edificación de asentamientos humanos con un alto grado de actividad sísmica, una elevada predisposición a deslizamientos de tierra y pendientes que superen los 30 grados.
6. Proponer hacer un estudio de inversión donde se muestre un análisis costo – beneficio para que la autoridad correspondiente pueda solventar los gastos.

## REFERENCIAS

- Altamirano, R. y Rivas, V. (2015). *Propuesta de remediación geotécnica de un talud incorporando un muro de suelo reforzado con el sistema Terramesh para el proyecto de la carretera Matarani – El Arenal* [Tesis de pregrado, Universidad Ricardo Palma, Lima-Perú].
- Arana, F. y Quispe, C. (2013). *Muro de suelo reforzado con Terramesh System aplicado al proyecto "Chancadora primaria"* [Tesis de pregrado, Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, Lima-Perú].  
<http://hdl.handle.net/10757/306534>
- Bieniawski, Z. (1989). *Engineering Rock Mass Classifications*. Pennsylvania, USA.
- Bishop, A. (1955). The use of the Slip Circle in the Stability Analysis of Slopes. *Géotechnique*, 7-17.
- Carrión, C. (2019). *Análisis y diseño de la estabilidad de talud en el sector Sausacocha – Pallar km. 8+000 al 9+000 provincia de Sánchez Carrión, departamento de La Libertad* [Tesis de pregrado, Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo, Chiclayo-Perú].  
[https://tesis.usat.edu.pe/bitstream/20.500.12423/1788/1/TL\\_CarrionAguilarCarlo s.pdf](https://tesis.usat.edu.pe/bitstream/20.500.12423/1788/1/TL_CarrionAguilarCarlo s.pdf)
- CENEPRED (2014). *Manual para la Evaluación de Riesgos Originados por Fenómenos Naturales*. Lima, Perú.
- Chavarría, A. (2021). *Análisis Y Evaluación Del Acantilado De La Costa Verde Para La Estabilización Con Suelo Reforzado En El Distrito De Barranco – Tramo Malecón Paul Harris* [Tesis de pregrado, Universidad San Ignacio De Loyola, Lima-Perú].
- Chucos, J. y Morales, J. (2020). *Análisis Comparativo Técnico Económico Entre El Método De Concreto Armado Y Suelo Reforzado Para La Estabilización De Taludes Verticales En Obras De Saneamiento Para La Empresa Geha Eirl* [Tesis de pregrado, Universidad Privada del Norte, Lima-Perú].
- Das, B. (2001). *Principles of Geotechnical Engineering (5th ed.)*. Brooks/Cole.
- De La Rosa, I. y Gutierrez, K. (2015). *Caracterización geomecánica del macizo rocoso de rampa Laboreo Oeste de Mina Alto de la Blenda para determinar la estabilidad y necesidad de sostenimiento de la Labor* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Catamarca, Catamarca-Argentina].

- Díaz, D. y Vidal, A. (2015). *Evaluación de la estabilidad global del talud superior del km. 17+200 al km 18+600 del proyecto carretera ruta n° 10, tramo: Huamachuco - puente Pallar - Juanjui, sector: Huamachuco - Sausacocha - puente Pallar* [Tesis de pregrado, Universidad Ricardo Palma, Lima-Perú].  
[https://repositorio.urp.edu.pe/bitstream/handle/URP/2370/diaz\\_dmvidal\\_a.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.urp.edu.pe/bitstream/handle/URP/2370/diaz_dmvidal_a.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Dong, Z., Ding, X., Lu, B., Wu, Y., y Zhang, L. (2021). Anchorage design analysis and field monitoring of large key blocks in high and steep rock slope. *Earth and Environmental Science*, 861(6)  
doi:10.1088/1755-1315/861/6/062019
- Ente Nazionate italiano (2011). *Rockfall protective measures UNI 11437*. Italia.
- Esparza, M., Gálvez, A. y Vargas, J. (2018). *Análisis comparativo de 04 métodos de reforzamiento de taludes* [Tesis de pregrado, Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, Lima-Perú].  
[http://www.alingconsultores.com/images/publica/comparacion\\_de\\_metodos.pdf](http://www.alingconsultores.com/images/publica/comparacion_de_metodos.pdf)
- Farroñay, P. (2017). *Propuesta de diseño de muros mixtos de gaviones y de mampostería de piedra para la defensa ribereña del río Rímac en los kilómetros 34-35 Lurigancho Chosica* [Tesis de pregrado, Universidad San Martín de Porres, Lima-Perú].
- Gil, J. (2018). *Estudio comparativo del comportamiento mecánico, entre los sistemas de apoyo individual y tipo pantalla, para el reforzamiento de un talud con anclajes*. [Tesis de maestría, Universidad Nacional de Colombia, Medellín-Colombia].
- Gonzales, L., y Oteo, M. (2002). *Ingeniera Geológica*. Pearson.
- Gregorio, W., y Varillas, J. (2021). *Estabilidad de taludes en suelos heterogéneos, mediante sistemas de contención en la carretera Huaraz – Casma, progresiva 000+450 – Ancash, 2021*” [Tesis de pregrado, Universidad César Vallejo, Huaraz-Perú].
- Hernández, G. y Torres, C. (2020). *Análisis de confiabilidad de la propuesta de ingeniería de solución definitiva para la estabilización del talud de la vía evitamiento sector Zarumilla* [Tesis de pregrado, Universidad Ricardo Palma, Lima-Perú]
- Herrera, R. (2002). *Análisis De Estabilidad De Taludes*. Geotecnia 2000.
- Herrera, G. y Silva, S. (2021). *Análisis técnico-económico entre un muro de gaviones y un muro de suelo reforzado como solución de estabilidad de taludes en la*

- carretera Choropampa – Cospan (Cajamarca)* [Tesis de pregrado, Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, Lima-Perú]  
<http://hdl.handle.net/10757/655858>
- Hoek, E., Carranza-Torres, C. y Corkum, B. (2001). *El criterio de rotura de Hoek-Brown*. Pearson.
- Hospinal, M. y Laureano, D. (2020). *Propuesta de estabilidad de taludes en tramos sinuosos en la carretera Mollepata - Pallasca* [Tesis de pregrado, Universidad Ricardo Palma, Lima-Perú].  
[http://repositorio.urp.edu.pe/bitstream/handle/URP/3831/T030\\_70833862\\_T%20%20%20HOSPINAL%20VILCHEZ%20MARCO%20ANTONIO.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.urp.edu.pe/bitstream/handle/URP/3831/T030_70833862_T%20%20%20HOSPINAL%20VILCHEZ%20MARCO%20ANTONIO.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Hudson, J. y Harrison, J. (1997), "*Engineering Rock Mechanics: An Introduction to the Principles*". Ámsterdam.
- Izarra, R. (2019). *Muros anclados en suelo arenoso para la construcción del centro comercial de La Molina* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Federico Villarreal, Lima-Perú].  
[http://repositorio.unfv.edu.pe/bitstream/handle/UNFV/3713/UNFV\\_IZARRA\\_MENDOZA\\_RAUL\\_KAROL\\_TITULO\\_PROFESIONAL\\_2019.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.unfv.edu.pe/bitstream/handle/UNFV/3713/UNFV_IZARRA_MENDOZA_RAUL_KAROL_TITULO_PROFESIONAL_2019.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Jurado A. y Pérez R. (2019). *Análisis comparativo de métodos destructivos y no destructivos en la determinación de parámetros geotécnicos para estabilización de un talud en la Costa Verde - Miraflores* [Tesis de pregrado, Universidad Ricardo Palma, Lima-Perú].
- Khatri, S. (2020). *Stability Analysis of Road-cut slope: A Case Study of Kanti Lokpath*. Lalitpur, Nepal.
- Li, C., y Høien, A. (2023). An issue in the current definition of the factor of safety for rock slopes and suggestions for improvement. *Earth and Environmental Science*, 1124(1)  
doi:10.1088/1755-1315/1124/1/012105
- Mamani, A. (2019). *Análisis de estabilidad de taludes para explotación de cantera de arcilla en el distrito de Paccha, provincia de la Oroya, Junín* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Federico Villarreal, Junín-Perú].  
<http://repositorio.unfv.edu.pe/bitstream/handle/UNFV/2764/MAMANI%20JESUS%20ALONSO%20MARIO.pdf?sequence=1&isAllowed=y>



- Mamani, E., & Pisco, P. (2020). *Caracterización geomecánica y diseño de estabilidad de taludes en el tramo de carretera km 40+200 – km 44+800, desvío Michiquillay - Quinuamayo, Cajamarca 2021* [Tesis de pregrado, Universidad Privada del Norte, Cajamarca-Perú].  
<https://hdl.handle.net/11537/30857>
- Manrique, V., y Tigrero, P. (2019). *Análisis de estabilidad de taludes a partir de la evaluación geomecánica del macizo rocoso en Anconcito, provincia de Santa Elena* [Tesis de pregrado, Universidad Estatal Península De Santa Elena, La Libertad-Ecuador]
- Marinos, P. y Hoek, E. (2000). GSI: A Geologically Friendly Tool for Rock Mass Strength Estimation. *Geotechnical & Geological Engineering*, 40, 1422-1440.
- Mavila, P., Vergara, E., Gálvez, A. y Vargas, J. (2018). *Análisis comparativo de 04 métodos de reforzamiento de taludes*. Lima, Perú.  
[http://www.alingconsultores.com/images/publica/comparacion\\_de\\_metodos.pdf](http://www.alingconsultores.com/images/publica/comparacion_de_metodos.pdf)
- Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento y La Universidad Nacional de Ingeniería (2010). *Microzonificación Sísmica Del Distrito De Chorrillos*. Lima, Perú.  
<https://sigrid.cenepred.gob.pe/docs/PARA%20PUBLICAR/CISMID/Chorrillos%20Informe%20Microzonificacion%20Sismica%20MVCS-CISMID.pdf>
- Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (2012). *Norma Peruana CE-020 Estabilidad de Suelos y Taludes*. El Peruano.
- Monte, I. (2020). *Análisis de estabilidad de taludes de roca mediante el método de elementos finitos* [Tesis de pregrado, Universidad De Concepción, Santiago de Chile-Chile].
- Morassutti, G. (2013). *Manual de diseño de estructuras flexibles de gaviones* [Tesis de pregrado, Universidad de Carabobo, Venezuela].
- Navarro, M. (2019). *Estudio geomecánico para el cierre de mina de los pasivos ambientales de la ex unidad minera San Francisco - Distrito de Huallanca – Ancash* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Piura, Ancash-Perú].
- Pacheco, A. (2006). *Estabilización del talud de la costa verde en la zona del distrito de San Isidro* [Tesis de pregrado, Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima-Perú].  
[https://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/20.500.12404/969/PACHECO\\_ZAPATA\\_ARTURO\\_TALUD\\_COSTA\\_VERDE.pdf?sequence=1](https://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/20.500.12404/969/PACHECO_ZAPATA_ARTURO_TALUD_COSTA_VERDE.pdf?sequence=1)

- Palmström, A. (1995). *RMi – a rock mass characterization system for rock engineering purposes*. University of Oslo.
- Pari, Y. (2021). *Sistema de estabilización de taludes de corte mediante anclajes metálicos* [Tesis de pregrado, Universidad Continental, Ilo-Perú].
- Pinedo, A. (2012). *Comparación entre muros de suelo reforzado con elementos extensibles y no extensibles* [Tesis de pregrado, Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima-Perú].  
<http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/123456789/1415>
- Prakasam, C., Aravinth, R., Kanwar, V., y Nagarajan, B. (2021). Mitigation and management of rainfall induced rockslides along the national highways of himalayan region, india. *Geomatics, Natural Hazards and Risk*, 12(1), 1401-1424. doi:10.1080/19475705.2021.1928772
- OSINERGMIN (2023). *Guía de criterios geomecánicos para diseño, construcción, supervisión y cierre de labores subterráneas*. Lima, Perú.  
[https://www.osinergmin.gob.pe/seccion/centro\\_documental/mineria/Documentos/Publicaciones/Guia-Criterios-Geomecanicos.pdf](https://www.osinergmin.gob.pe/seccion/centro_documental/mineria/Documentos/Publicaciones/Guia-Criterios-Geomecanicos.pdf)
- Quispe, R. (2021). *Fortificación de talud mediante la aplicación de shotcrete en el portal de entrada del túnel Capillune - Cortadera, Proyecto Quellaveco* [Tesis de pregrado, Universidad Continental, Ilo-Perú].
- Sanabria, J. (2019). *Evaluación del riesgo ante caída de bloques en taludes de roca a partir de procesamiento de imágenes digitales y simulación de redes de fracturamiento y de trayectorias de bloques* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá-Colombia].
- Sara, L., Jameson, S., Pfeffer, K., & Baud, I. (2016). Risk perception: The social construction of spatial knowledge around climate change-related scenarios in Lima. *Habitat International*, 54, 136-149.
- Sierra, J. (2019). *Análisis comparativo de la solución de estabilidad de taludes, por medio de software geotécnicos, para el km 79 + 625 del tramo seis: ampliación del tercer carril vía* [Tesis de pregrado, Universidad Militar Nueva Granada, Bogotá-Colombia].  
<https://repository.unimilitar.edu.co/bitstream/handle/10654/36768/SierraCastroJohnEricsson2020.pdf.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

- Silva, P. (2018). *Análisis comparativo de estabilidad de talud y propuesta de solución con muros anclados en la Carretera Las Pirias-Cajamarca* [Tesis de pregrado, Universidad César Vallejo, Lima-Perú].
- Sosa, G. y Vílchez, D. (2017). *Optimización del diseño de anclajes post-tensados aplicados a la ejecución de muros anclados en el proyecto Centro Comercial Plaza Surco* [Tesis de pregrado, Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, Lima-Perú].  
<http://hdl.handle.net/10757/621561>
- Soto, J. (2017). *Presupuesto para muro en gavión a gravedad – para protección de la ribera del río Magdalena en el corregimiento de puerto Bogotá municipio de Guaduas Cundinamarca* [Tesis de pregrado, Universidad Católica de Colombia, Bogotá-Colombia].
- Suárez, A. (2019). *Análisis geológico estructural y geomecánico de los afloramientos de los cerros Carmen y Santa Ana, Guayaquil, Ecuador* [Tesis de pregrado, Universidad de Guayaquil, Guayaquil-Ecuador].
- Suarez, J. (1998). *Deslizamientos Y Estabilidad De Taludes En Zonas Tropicales*. Instituto de Investigaciones sobre Erosión y Deslizamientos.
- Suarez, J. (2012). *Deslizamientos. tomo II: Técnicas de remediación* (2a ed.). UNIV. INDUSTRIAL SANTANDER
- Tardeo, C. y Zanabria, E. (2016). *Análisis dinámico de estabilidad de taludes por elementos finitos en la zona de Huayllapampa del distrito de cuenca - Huancavelica* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Huancavelica, Lircay-Perú].
- Torres, J. (2017). *Estabilización de taludes para el mantenimiento de la carretera “Huancayo - El Tambo - San Agustín De Cajas – Hualhuas – Saño – Quilcas - San Jerónimo de Tunan - Ingenio, provincia de Huancayo – Junín - 2016”* [Tesis de pregrado, Universidad Peruana Los Andes, Huancayo-Perú].
- Urrutia, V. (2008). *Análisis dinámico de estabilidad por elementos finitos de los taludes de la Costa Verde en el distrito de Miraflores* [Tesis de pregrado, Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima-Perú].  
<http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/123456789/1065>
- Valiente, R., Sobrecases, S. y Díaz, A. (2016). Estabilidad de Taludes: Conceptos Básicos, Parámetros de Diseño y Métodos de Cálculo. *Revista Civilizate*, 50-54.

- Villacorta, S., Núñez, S., Tatard, L., Pari, W., & Fidel, L. (2015). *Peligros Geológicos en el área de Lima Metropolitana y la región Callao (Lima-Perú)*. Boletín de Instituto Geológico Minero y Metalúrgico del Perú, C (59). Lima, Perú.
- Wyllie, C. and Mah, W. (2004) *Rock Slope Engineering: Civil and Mining*. London, R.U.
- Zhang, A., Zhu, J., Gao, C., Li, W., Hou, H., & Cao, Z. (2022). Mechanical analysis of rock bolts under action of tension and shearing in bedding rock slopes. *Earth Science*, 47(12), 4574-4582.  
doi:10.3799/dqkx.2022.378

## ANEXOS

Anexo A: Matriz de Consistencia .....	109
Anexo B: Especificaciones técnicas .....	110
Anexo C: Cronograma Gantt .....	114
Anexo D: Norma UNI 11437:2012 .....	115
Anexo E: Análisis de Precios Unitarios.....	122
Anexo F: Delimitación de zonas Costo/Beneficio.....	124
Anexo G: Informe de Cálculo del Revestimiento Simple .....	126
Anexo H: Informe de Cálculo del Revestimiento Cortical.....	128
Anexo I: Norma Peruana CE-020 .....	130

## Anexo A: Matriz de Consistencia

TEMA: VIABILIDAD TÉCNICA Y ECONÓMICA DE LOS MÉTODOS DE PROTECCIÓN PARA LA ESTABILIDAD DE TALUDES ROCOSOS						
PROBLEMA GENERAL	OBJETIVO GENERAL	HIPÓTESIS GENERAL	VARIABLE INDEPENDIENTE	DIMENSIONES	INDICADOR	METODOLOGÍA
¿De qué manera la viabilidad técnica y económica de los métodos de protección determinarán la mejor alternativa para la estabilidad de taludes rocosos del asentamiento humano Inty Llacta?	Determinar la viabilidad técnica y económica de los métodos de protección para establecer la mejor alternativa en la estabilidad de taludes rocosos en el asentamiento humano Inty Llacta.	Al determinar la viabilidad técnica y económica de los métodos de protección se establece la mejor alternativa en estabilidad de taludes rocosos en el asentamiento humano Inty Llacta.	Viabilidad Técnica y Económica de Métodos de Protección	Factor de Seguridad Viabilidad técnica Viabilidad Económica	— Condiciones de Análisis — Revestimiento simple — Revestimiento cortical	<b>Método:</b> Deductivo  <b>Tipo:</b> Explicativa  Nivel: Descriptivo
PROBLEMAS ESPECÍFICOS	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	HIPÓTESIS ESPECÍFICOS	VARIABLE DEPENDIENTE			<b>Diseño:</b> Prospectivo Primerio
a) ¿Cómo se evalúa el factor de seguridad para la estabilidad de talud y el nivel de peligro por medio del método de Mohr-Coulomb, Hoek-Brown y Saaty?	a) Evaluar el factor de seguridad para la estabilidad de talud y el nivel de peligro por medio del método de Mohr-Coulomb, Hoek-Brown y Saaty.	a) Los métodos Mohr-Coulomb, Hoek-Brown y Saaty son adecuados para evaluar el factor de seguridad y el nivel de peligro del talud rocoso.				<b>Población:</b> Orientado a los Metodos de Protección evaluando los taludes Rocosos  <b>Muestra:</b> Secciones en el Talud Rocosos del Asentamiento Humano Inty Llacta, ubicado en el jirón 6 de Enero en el distrito de Chorrillos.
b) ¿De qué manera los métodos de protección preventivos son viables técnicamente para la estabilidad de taludes rocosos?	b) Determinar la viabilidad técnica de los métodos de protección preventivos para establecer la estabilidad de taludes rocosos.	b) La viabilidad técnica de los métodos de protección preventivos es eficiente para la estabilidad del talud rocoso.	Estabilización de taludes Rocosos	Parámetros Geomecánicos - Geotécnicos	— Análisis de Falla — Criterio de Análisis	<b>Técnicas:</b> Recolección de datos, observación, Campo, investigación en repositorios científicos y universitarios.
c) ¿De qué manera el beneficio y costo del proyecto de métodos de protección preventivos en taludes rocosos son viables económicamente?	c) Determinar la viabilidad económica de los métodos de protección preventivos para establecer el costo y beneficio del proyecto en taludes rocosos.	c) La viabilidad económica de los métodos de protección preventivos es conveniente para el beneficio y costo del proyecto en taludes rocosos.				<b>Instrumentos:</b> Normas, AutoCad, MS Excel, Slide 6.0, Macro Studio y Ofice

Nota. Elaboración propia.

## Anexo B: Especificaciones técnicas

**MACCAFERRI**

ESPECIFICACION TÉCNICA

Rev: 00, Data 01.2017

**TUERCA DE FIJACIÓN**

PARA BARRA HELICOIDAL

**DENOMINACIÓN**

TUERCA ACERADA A194.  
TUERCA FUNDIDA A536.

**DESCRIPCIÓN**

Es una tuerca fabricada de acero o de fundición nodular con grafito esferoidal, que sirve de complemento a la Barra Helicoidal.

**USOS**

Accesorio del perno de Anclaje de Barra Helicoidal, permite el posicionamiento de la Placa de Sujeción sobre el macizo rocoso.

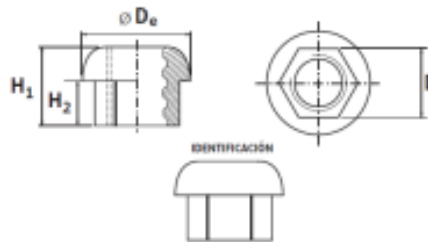
**NORMAS TÉCNICAS**

ASTM A536 - Grado 65 - 45 - 12 (Tuerca fabricada de fundición nodular).  
ASTM A194 Grado 7 (Tuerca fabricada de acero).

**PRESENTACIÓN**

Se comercializa en los diámetros nominales de 19mm, 22mm, 25mm y 32mm.

**DIMENSIONES**



DIÁMETRO NOMINAL	NORMA DE FABRICACIÓN	DIMENSIONES (mm)				PESO UNITARIO (gr)
		Diámetro Exterior (De)	Altura Total (H1)	Altura de Vástago (H2)	Distancia entre Caras (D)	
19	ASTM A194	42.7	34.9	22.0	31.8	160
	ASTM A536	42.0	34.9	22.0	31.8	160
22	ASTM A194	49.3	41.3	25.0	34.9	226
	ASTM A536	49.0	37.0	21.0	32.0	226
25	ASTM A194	55.1	44.5	28.0	38.1	325
32	ASTM A194	69.9	57.2	37.0	46.0	542

ASTM A536: Tuerca fabricada de fundición nodular con grafito esferoidal.  
ASTM A194: Tuerca fabricada de acero.

**MACCAFERRI**  
AMERICA LATINA

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

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

### BARRA HELICOIDAL PARA FORTIFICACIÓN DE ROCAS

#### DENOMINACIÓN

BAHE A615-G75.

#### DESCRIPCIÓN

Barras laminadas en caliente con resaltes en forma de rosca helicoidal de amplio paso.

#### USOS

Permiten el control de las inestabilidades subterráneas y superficiales, como elemento de refuerzo. Son aplicadas en proyectos mineros y civiles, por sus ventajas de diseño y funcionalidad en el control de inestabilidades del macizo rocoso.

#### NORMAS TÉCNICAS

La Composición Química y Propiedades Mecánicas, según Norma ASTM A615 Grado 75.

#### PROPIEDADES MECÁNICAS

Según norma ASTM A615 Grado 75:

Límite de Fluencia, mín. (Kg/cm<sup>2</sup>) = 5,270

Resistencia a la tracción, mín. (Kg/cm<sup>2</sup>) = 7,030

Alargamiento en 200mm, mín. (%) = 7

#### COMPOSICIÓN QUÍMICA

% P = 0.060% máximo.

#### DIMENSIONES

DESIGNACIÓN	DIÁMETRO NOMINAL	DIÁMETRO EXTERIOR mm	NÚCLEO, mm (*)		CARGA MÍNIMA según ASTM A615		PESO NOMINAL (*) kg/m
			Mayor	Menor	Fluencia	Tracción	
			D <sub>0</sub>	A	B	Lbs (kN)	
# 6	19	21.5	18.3	17.7	33000 (146)	44000 (195)	2.14
# 7	22	24.6	21.4	20.6	45000 (200)	60000 (270)	2.85
# 8	25	27.9	24.4	23.0	59300 (263)	79000 (350)	3.85
# 10	32	34.8	30.6	30.3	95200 (425)	127000 (564)	6.03



#### VISTA TRANSVERSAL Y LONGITUDINAL





### PLACA DE SUJECIÓN PARA BARRA HELICOIDAL

#### DENOMINACIÓN

PCLAC A36.  
PCLAC VOLCÁN A36.

#### DESCRIPCIÓN

Placa de acero estructural perforada, por la cual se desliza la Barra Helicoidal.

#### USOS

Actúa como base para el posicionamiento de la Tuerca de Fijación, permaneciendo en contacto con el macizo rocoso una vez esté instalado el anclaje de Barra Helicoidal.

#### NORMAS TÉCNICAS

ASTM A36/A36M.

#### PRESENTACIÓN

Diseño Normal: Placa de sujeción con domo semiesférico.

Diseño Volcán: Placa de sujeción con domo volcán.

Se comercializa en los diámetros nominales, respecto a la Barra Helicoidal de 19mm, 22mm, 25mm y 32mm.

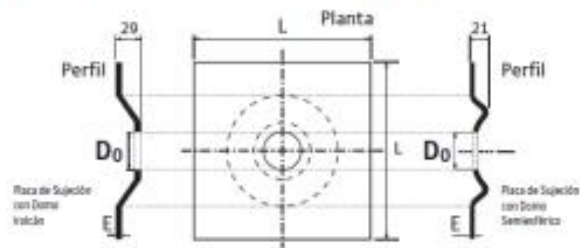
#### COMPOSICIÓN QUÍMICA

C: 0.26% máx. S: 0.050% máx.

P: 0.040% máx. Si: 0.40% máx.

#### DIMENSIONES

En el siguiente diagrama se indican las dimensiones y modelos de las placas:



DIÁMETRO NOMINAL DEL PERNO DE FORTIFICACIÓN (mm)	DIMENSIONES (mm)			
	ESPESOR (e)	TIPO	DIÁMETRO DE ORIFICIO (D0)	LADO (L)
19	4.5 +/- 0.45	Normal y Volcán	32.0 +/- 1.0	200 +/- 5.0
22			38.0 +/- 1.0	
25			44.0 +/- 1.0	
32			44.0 +/- 1.0	
19	9.5 +/- 0.45	Volcán	32.0 +/- 1.0	150 +/- 5.0
22			38.0 +/- 1.0	
25			44.0 +/- 1.0	
32			54.0 +/- 1.0	
25	9.5 +/- 0.45	Volcán	44.0 +/- 1.0	200 +/- 5.0

### MAC.RO. SYSTEM - STEELGRID® - GALMAC® 4R

EN MALLA HEXAGONAL DE DOBLE TORSIÓN CON REVESTIMIENTO GALMAC® 4R

#### Características técnicas

El SteelGrid® GalMac® 4R de Maccaferri, consiste en la asociación de cables de acero, dispuestos longitudinalmente a una malla hexagonal de doble torsión, producida con alambres de acero de bajo contenido de carbono, revestidos con la aleación GalMac® 4R, con la finalidad de revestir taludes, evitando el desprendimiento y caída de rocas, estabilizando las pendientes.

El entrelazamiento de los cables de acero longitudinalmente a la malla de alta resistencia de doble torsión es efectuado durante el proceso de fabricación formando así un único producto. Los cables se encuentran entrelazados en la malla acabada proporcionando resistencia y rigidez excepcional (alta resistencia con baja deformación).

Las variantes del SteelGrid® GalMac® 4R, además de proporcionar diferentes resistencias, proporcionan una alta rigidez (bajo desplazamiento) siendo una solución adecuada para una amplia gama aplicaciones, como cortinas protectoras y estabilización de suelos.

El sistema SteelGrid® GalMac® 4R debe ser utilizado en conjunto con una variedad de accesorios especiales para formar un sistema completo, listo para ser instalado.



Propiedades físicas y mecánicas de los refuerzos metálicos (malla y cable de acero)					Normas de referencia	
SteelGrid®		HR 30	HR 50	HR 100	MO 200	
Resistencia longitudinal a la tracción de la solución <sup>(1)</sup>	kN/m	180±10	130±10	83±5	60±5	EN 10223-3
Resistencia nominal a la tracción en la rotura del cable	MPa	1770				EN 10264-2
Tensión de rotura de los alambres <sup>(2)</sup>	MPa	380 a 500 - Clase A				NBR 8964 / EN 10223-3/ NB 709
Elongación en la rotura de los alambres <sup>(2)</sup>	%	13 - Clase A				NBR 8964 / EN 10223-3/ NB 709
Tipo de malla		8x10				NBR 10514 / EN 10223-3
Diámetro del alambre de la malla	mm	2,7		3,0		NBR 10514 / EN 10223-3
Diámetro del cable de acero <sup>(3)</sup>	mm	8,0				ISO 2408
Carga mínima de rotura del cable de acero	kN	40,3				ISO 2408

Propiedades de durabilidad de los alambres		Normas de referencia
Revestimiento metálico	Zn90A/10-MM	NBR 8964 / EN 10223-3
Cantidad de revestimiento metálico <sup>(2)</sup>	245 a 255 g/m <sup>2</sup>	NBR 8964 / EN 10223-3
Adherencia del revestimiento metálico <sup>(2)</sup>	De acuerdo con la definición de las normas vigentes	NBR 8964 / EN 10223-3
Resistencia a la corrosión y envejecimiento (ensayo Kesternich)	Menos de 5% de oxidación del acero después de 56 ciclos	EN ISO 6988 (0,2 dm <sup>3</sup> SO <sub>2</sub> para 2 dm <sup>3</sup> agua)
Resistencia a la niebla salina	Menos de 5% de oxidación del acero después de 2000 horas de ensayos	EN ISO 9227

Performance de una muestra de 3m x 3m (UNI 11437)			
SteelGrid®	Desplazamiento con una fuerza de 50kN	Resistencia al punzonamiento final	Desplazamiento final
HR 30	< 330 mm	155±12 kN	400±50 mm
HR 50	< 360 mm	125±12 kN	450±50 mm
HR 100	< 420 mm	90±10 kN	450±50 mm
MO 200	< 425 mm	82±8 kN	515±50 mm

Propiedades geométricas de los rollos de SteelGrid® - GalMac® 4R <sup>(4)</sup>					
SteelGrid®		HR 30	HR 50	HR 100	MO 200
El espacio entre cables (Longitudinal)	m	0,30	0,50	1,00	2,00
Ancho	m	2			
Largo	m	25			

ETA n. 16/0758



<sup>(1)</sup> Sentido paralelo a las torsiones;

<sup>(2)</sup> Ensayos realizados a cada 3 toneladas de material producido;

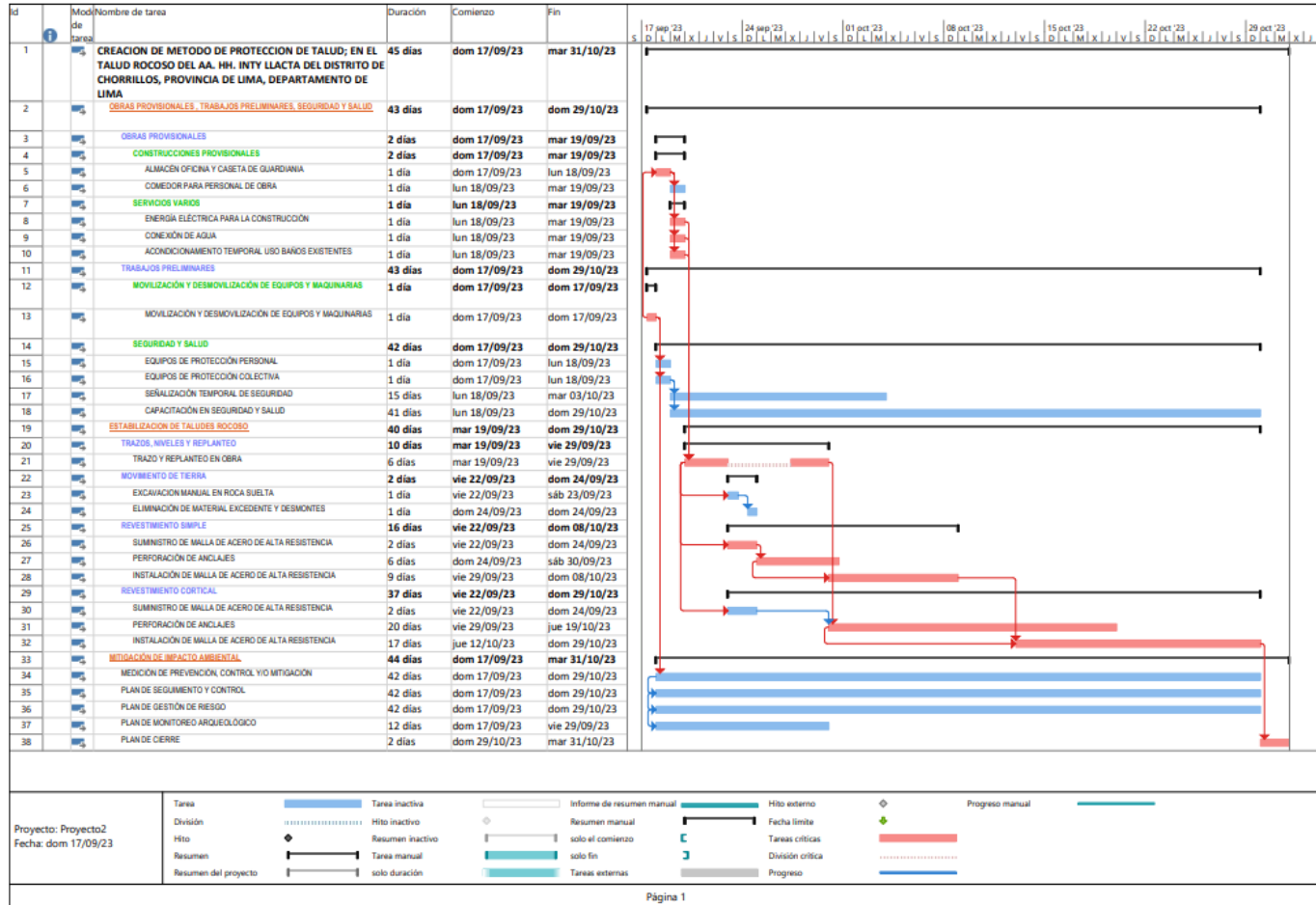
<sup>(3)</sup> Revestimiento del cable de acero: galvanizado Clase A, recibe el mismo revestimiento metálico que la malla, de acuerdo con la norma EN 10264-2, sin revestimiento polimérico;

<sup>(4)</sup> Otras medidas disponibles mediante consulta y solicitud previa.

Nota 1: Junto con el SteelGrid® pueden ser suministrados cables de acero para disposición transversal en los paneles, a cada 150 cm, 200 cm o 300 cm, como necesario;

Nota 2: Los cables de acero, para los accesorios de anclaje superior e inferior, son vendidos separadamente.

## Anexo C: Cronograma Gantt



Nota. Elaboración propia.

## Anexo D: Norma UNI 11437:2012

- 4** **PARAMETRI CARATTERIZZANTI**
- I parametri che consentono di caratterizzare globalmente il comportamento di una rete sono:
- peso per unità di area;
  - resistenza e deformabilità della rete quando sottoposta ad un'azione di sfondamento da parte di un carico concentrato;
  - resistenza e deformabilità della rete quando sottoposta ad un'azione di trazione da parte di un carico applicato longitudinalmente.

- 4.1** **Principi generali**
- Le prove per la determinazione dei precedenti parametri di resistenza consistono nell'applicazione di un carico quasi statico, perpendicolare o longitudinale al provino, e nella misurazione del comportamento del provino a seguito dell'azione del carico.
- Affinché sia significativa, ciascuna prova deve essere eseguita su un numero minimo di 3 provini.

- 4.2** **Prova per la determinazione del peso per unità di area**
- La prova consiste nella determinazione del peso di una unità di area di rete calcolato come rapporto tra il peso del provino e la sua superficie. La dimensione del provino non deve essere minore di 1,0 m<sup>2</sup> e comunque rappresentativa della rete nelle sue modalità d'impiego.

- 4.3** **Prova di punzonamento (o sfondamento)**
- La prova consiste nell'applicazione di un carico normale al piano del provino, in posizione centrale, tramite un elemento di spinta (pressore) di dimensioni sufficienti ad attivare meccanismi resistenti del provino ed avente forma di calotta sferica.

- 4.4** **Prova di trazione longitudinale**
- La prova consiste nell'applicare un carico ai due lati opposti del provino, nel piano del provino stesso.

---

## **5** **PROVA DI PUNZONAMENTO**

- 5.1** **Generalità**
- La prova consiste nel caricare un provino di rete perpendicolarmente al suo piano medio per mezzo di un dispositivo di ripartizione del carico (pressore) con forma di calotta sferica (vedere figura 1). Il pressore deve agire nel punto centrale del pannello.
- Il pressore è realizzato in acciaio e la sua superficie deve essere liscia, senza spigoli. Eventuali dispositivi di aggancio predisposti sulla superficie del pressore non devono interferire in modo strutturalmente non significativo con il provino durante la prova.
- Le caratteristiche geometriche del pressore sono (vedere figura 1):
- raggio di curvatura pari a 1 200 mm;
  - proiezione sul piano del provino di diametro massimo pari a 1 000 mm;
  - raggio di curvatura al bordo pari a 50 mm.
- Il carico è esercitato all'intersezione delle diagonali del provino (centro del provino), imponendo al pressore uno spostamento con velocità non maggiore di 10 mm/s.
- Si ammette l'interruzione della prova per consentire la ripresa della corsa del pressore.
- Il provino sottoposto a prova ha forma rettangolare con ciascun lato  $L_1, L_2$  di lunghezza nominale pari a 3 000 mm  $\pm$  20%. Per permettere l'installazione del sistema, il richiedente la prova deve fornire il provino al laboratorio nelle dimensioni previste per la prova o in dimensioni maggiori. Esso deve essere rappresentativo del prodotto per materiali e modalità costruttive.



Le prove devono essere eseguite in laboratorio a temperatura ambiente, comunque sempre nel rispetto delle normative che regolano le procedure di prova dei diversi materiali.

La prova di sfondamento si esegue dopo aver vincolato il provino ad un telaio rigido ed è finalizzata alla misurazione del diagramma carico-spostamento nel punto centrale del pressore misurato perpendicolarmente al piano del provino (vedere figura 2). Il criterio di fine prova è la rottura del provino o il raggiungimento del massimo carico applicabile. Il provino si intende rotto quando non è più in grado di sostenere alcun aumento della forza applicata. È ammissibile eseguire la prova anche senza raggiungere la rottura del provino; in tal caso la resistenza allo sfondamento del provino è definita dalla massima forza esercitata dal pressore durante la prova.

figura 1 **Caratteristiche geometriche del pressore**  
Dimensioni in millimetri

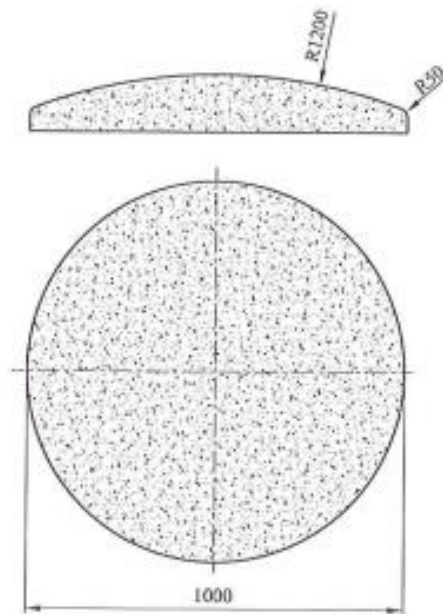
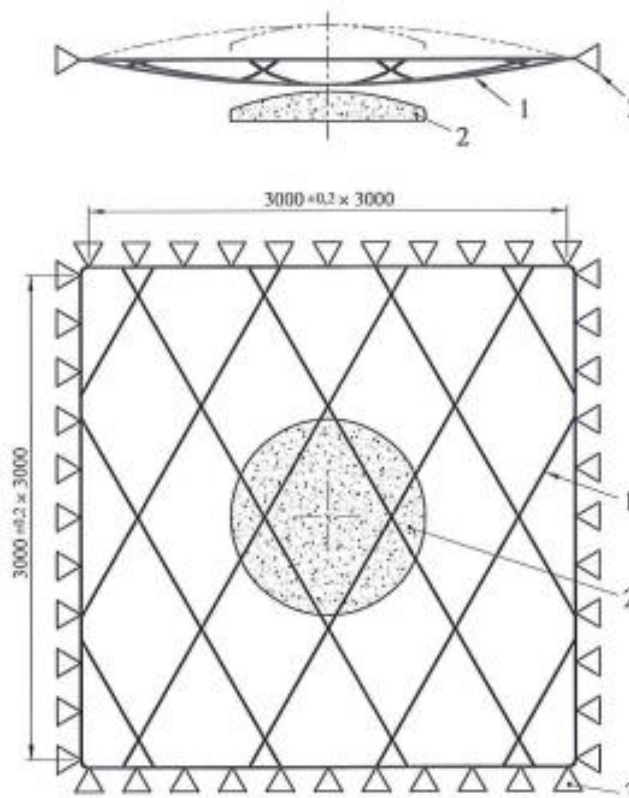


figura 2 Esempio di allestimento della prova di punzonamento

Legenda

- 1 Rete
- 2 Pressore
- 3 Vincolo perimetrale

Dimensioni in millimetri



## 5.2

### Metodologia di prova

Il telaio di contrasto è realizzato con una struttura rigida rettangolare o quadrata, di dimensioni tali da contenere il provino e i dispositivi di vincolo (vedere figura 3). La distanza tra il telaio rigido e il bordo provino, ovvero lo spazio entro cui sono collocati i dispositivi di vincolo, non deve essere maggiore del 15% del lato medio del provino.

Il provino deve essere centrato nel telaio di prova; l'ampiezza  $a$  della zona di vincolo deve essere misurata nella mezzeria di ciascun lato del telaio.

Tutte le maglie perimetrali del provino sono fissate al telaio per mezzo dei dispositivi di vincolo (per esempio: grilli, false maglie, cavi d'acciaio o altre metodologie da concordare); In ogni caso le modalità di vincolo devono essere tali da non interferire con il comportamento strutturale del provino di dimensione idonea per ottenere la planarità del provino prima dell'inizio prova, utilizzando specifici dispositivi (per esempio: tenditori a vite), o telai a geometria variabile.

Il piano di riferimento è definito dai quattro lati del telaio.

Prima dell'inizio della prova il provino deve essere posto in tensione fino al raggiungimento di una condizione di "planarità" che è considerata raggiunta quando la freccia massima è minore del 20% del lato minore del provino.

figura 3 Esempio di sezione del telaio contenente il provino di rete e definizione delle condizioni di planarità

Legenda

$L_1; L_2$  Valori nominali dei lati dichiarati dal committente =  $3\,000 \pm 0,2 \times 3\,000$

$a$  Zona Vincolo  $< 0,15 \times L_{med}$

$L_{med} = L_1 + L_2 / 2$

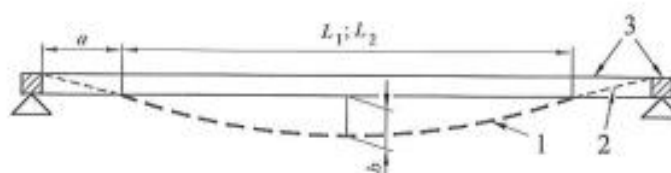
$b < 0,2 \times \min(L_1; L_2)$

1 Provino di rete

2 Dispositivi tenditori

3 Telaio rigido

Dimensioni in millimetri



### 5.3

#### Misure e osservazioni

L'origine del diagramma carico-spostamento è misurata a partire dal piano contenente i vincoli del pannello.

Nel corso della prova devono essere acquisiti in modo continuo:

- la forza esercitata dal pressore;
- lo spostamento del pressore relativo al piano di riferimento.

La forza imposta deve essere acquisita con celle di carico di classe 1, secondo la UNI EN ISO 376.

Queste misurazioni devono consentire di ricavare la curva caratterizzata dai seguenti parametri:

$F_{BR}$  è il valore massimo della forza raggiunta a rottura del provino. Qualora non fosse raggiunta la rottura deve essere dichiarato il non raggiungimento della rottura;

$\delta_{BR}$  è lo spostamento corrispondente a carico di rottura effettivo raggiunto.

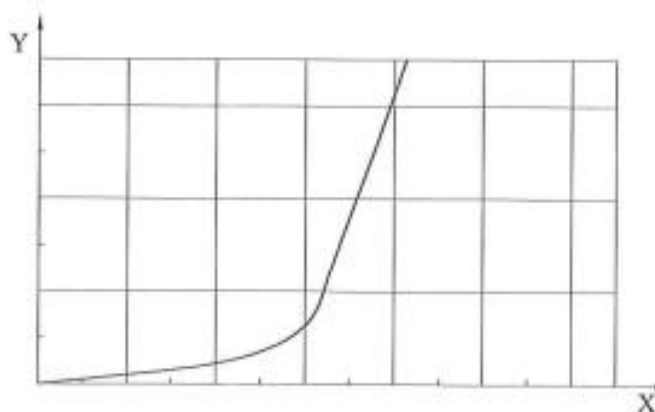
Per ogni prodotto deve essere riportata la curva carico-spostamento rilevata al centro del pressore (un esempio di grafico è illustrato in figura 4).

figura 4 Esempio di curva carico-spostamento

Legenda

X Deformazione al centro, misurata perpendicolarmente al provino

Y Carico



---

**5.4****Rapporto di prova**

Il rapporto di prova deve riportare le informazioni seguenti:

- descrizione accurata del provino (materiali costitutivi e relative resistenze, caratteristiche costruttive, caratteristiche geometriche delle maglie, dettagli tecnologici, ecc.), a cura del richiedente la prova;
- dimensioni nominali del provino e dimensioni effettive nelle condizioni di prova;
- strumentazione impiegata e temperatura durante la prova;
- descrizione dettagliata della condizione di vincolo del provino completa di documentazione fotografica;
- il valore della freccia massima  $b$  raggiunta all'inizio della prova nei casi in cui sia rilevabile;
- la dimensione media  $a$  della zona di vincolo sui quattro lati;
- descrizione generale delle modalità di rottura, se raggiunta;
- carico di rottura effettivo o massimo carico raggiunto e relativa corsa;
- diagramma carico-spostamento;
- documentazione fotografica del provino prima e dopo la prova.

---

**6****PROVA DI TRAZIONE****6.1****Generalità**

Le prove di trazione si applicano a:

- reti in filo o assimilabili che sono sottoposte a prova secondo due possibili tipologie, di seguito illustrate nei punti 6.2 e 6.3, in funzione del loro campo di utilizzo;
- reti in trefolo, in fune, ad anelli o assimilabili che sono sottoposte a prova secondo quanto illustrato nel punto 6.3.

**6.2****Prove di trazione longitudinale con contrazione laterale libera****6.2.1****Allestimento della prova**

La prova determina il carico di rottura effettivo e l'allungamento di almeno 3 provini di rete simmetrici rispetto alla direzione di trazione realizzati in filo d'acciaio disposti con le maglie orientate in direzione longitudinale (generalmente corrispondente al senso di avvolgimento dei rotoli) come illustrato in figura 5a, e in direzione trasversale come illustrato in figura 5b. Il collegamento tra le piastre di ancoraggio e la rete è costituito da perni passanti sul telaio di prova disposti in modo da bloccare una fila di vertici di rete. La dimensione e la posizione dei perni di vincolo sono realizzate a misura in ragione delle dimensioni delle maglie del provino.

La velocità di spostamento della traversa durante le prove è compresa tra 6 mm/min e 10 mm/min. L'allungamento si ottiene misurando all'inizio e alla fine della prova la distanza relativa tra le estremità superiore ed inferiore del telaio nelle condizioni di carico iniziale e massimo a rottura.

La prova si considera significativa ai fini del risultato quando la rottura non avviene sistematicamente nello stesso punto.

La prova è condotta secondo l'appendice D della UNI EN 15381:2008, fissando il provino su un numero minimo di 7 connessioni (una per ogni maglia) allineate su ciascuno dei due lati di vincolo, e 2 perni laterali in conformità a quanto illustrato in figura 5a e in figura 5b.



figura 5a Esempio di schema di connessione delle maglie della rete con il telaio di prova per la direzione longitudinale

Legenda

- Parni di vincolo
- Parni laterali

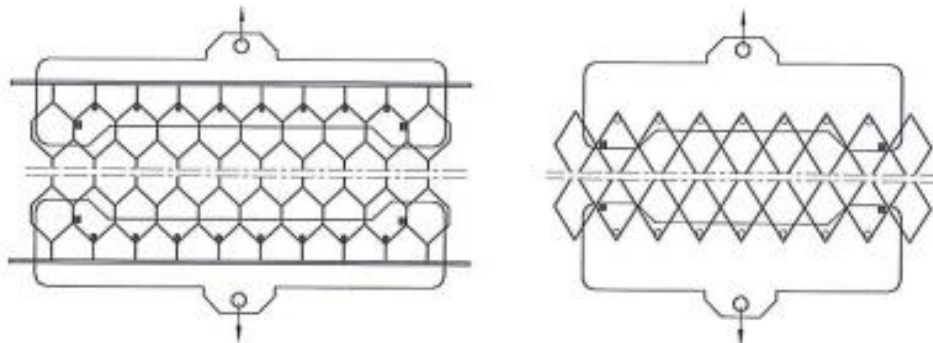
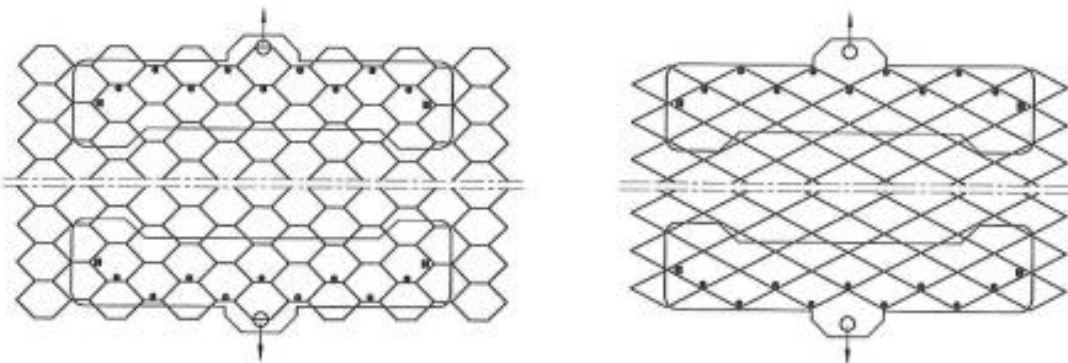


figura 5b Esempio di schema di connessione delle maglie della rete con il telaio di prova per la direzione trasversale

Legenda

- Parni di vincolo
- Parni laterali



## 6.2.2

### Misure e osservazioni

Nel corso della prova devono essere acquisiti in modo continuo il carico e lo spostamento del telaio.

## 6.2.3

### Rapporto di prova

Il rapporto di prova deve contenere una descrizione accurata del provino (materiali costitutivi e relative resistenze, caratteristiche costruttive, caratteristiche geometriche delle maglie, dettagli tecnologici, ecc.), a cura del richiedente la prova e riportare le informazioni seguenti per ciascuna direzione di prova:

- dimensioni nominali del provino e dimensioni effettive nelle condizioni di prova;
- strumentazione impiegata e temperatura durante la prova;
- descrizione dettagliata della condizione di vincolo del provino;
- carico di rottura effettivo e relativa corsa;
- descrizione generale delle modalità di rottura;
- eventuale precarico deve essere dichiarato;
- diagramma carico-spostamento;
- documentazione fotografica del provino prima e dopo la prova.

## 6.3

### Prova di trazione longitudinale con contrazione laterale impedita

#### 6.3.1

##### Allestimento della prova

La prova determina il carico di rottura effettivo longitudinale e trasversale, nonché il relativo allungamento di almeno tre provini di rete in filo, in fune, in trefolo o ad anelli.

A tal fine è utilizzato un telaio costituito da quattro travi d'acciaio, una delle quali è libera di scorrere nella direzione del carico (vedere figura 6).

Il provino ha larghezza non minore di 1 000 mm e la sua area minima è di 1,0 m<sup>2</sup>. Il provino è fissato al telaio per mezzo di dispositivi di attacco laterali, quali grilli o tenditori a vite. I dispositivi di attacco laterali sono liberi di scorrere lungo le travi longitudinali.

Il telaio di prova deve essere attrezzato con celle di carico atte ad acquisire il carico applicato e la reazione trasversale complessiva.

Il provino di rete è portato in condizioni di planarità mediante i dispositivi di attacco, senza alterare la geometria della rete in condizioni di riposo.

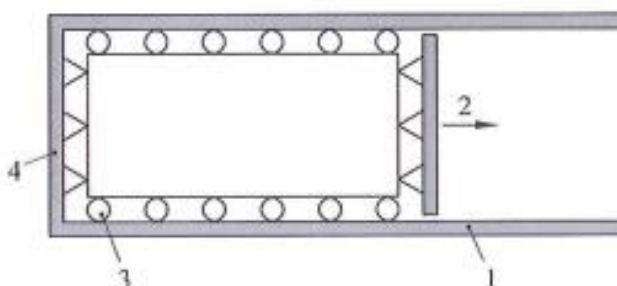
La velocità di allungamento durante la prova è compresa tra 6 mm/min e 10 mm/min.

Il criterio di fine prova è la rottura del provino o il raggiungimento del massimo carico applicabile. Il provino si intende rotto quando non è più in grado di sostenere alcun aumento della forza applicata. È ammissibile eseguire la prova anche senza raggiungere la rottura del provino; in tal caso il carico di rottura corrisponde al carico massimo raggiunto nel corso della prova.

figura 6 Esempio di configurazione del telaio

##### Legenda

- 1 Telaio fisso
- 2 Trave mobile
- 3 Vincolo laterale
- 4 Dispositivo di attacco laterale



#### 6.3.2

##### Misure e osservazioni

Nel corso della prova devono essere acquisiti in modo continuo il carico applicato, la reazione laterale e lo spostamento della traversa mobile.

#### 6.3.3

##### Rapporto di prova

Il rapporto di prova deve contenere una descrizione accurata del provino (materiali costitutivi e relative resistenze, caratteristiche costruttive, caratteristiche geometriche delle maglie, dettagli tecnologici, ecc.), a cura del richiedente la prova e riportare le informazioni seguenti per ciascuna direzione di prova:

- indicazione delle modalità di collasso;
- diagrammi carico applicato - spostamento traversa e reazione laterale - spostamento traversa;
- reazione laterale, carico di rottura effettivo e spostamento corrispondente;
- documentazione fotografica del provino prima e dopo la prova, in cui devono essere evidenziate le modalità di collegamento al telaio.

## Anexo E: Análisis de Precios Unitarios

Partida	01.01.01.01 ALMACÉN OFICINA Y CASETA DE GUARDIANÍA									
Rendimiento	glb/DIA	MO	1.0000	EQ	1.0000	Costo unitario directo por: glb			S/	500.00
Código	Descripción Recurso			Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.		Parcial S/.	
0101010001	ALMACÉN OFICINA Y CASETA DE GUARDIANÍA			glb		1.0000	S/	500.00	S/	500.00
									S/	500.00

Partida	01.01.01.02 COMEDOR PARA PERSONAL DE OBRA									
Rendimiento	glb/DIA	MO	1.0000	EQ	1.0000	Costo unitario directo por: glb			S/	1,165.85
Código	Descripción Recurso			Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.		Parcial S/.	
0101010002	COMEDOR PARA PERSONAL DE OBRA			glb		1.0000	S/	1,165.85	S/	1,165.85
									S/	1,165.85

Partida	01.01.02.01 ENERGÍA ELÉCTRICA PARA LA CONSTRUCCIÓN									
Rendimiento	glb/DIA	MO	1.0000	EQ	1.0000	Costo unitario directo por: glb			S/	690.00
Código	Descripción Recurso			Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.		Parcial S/.	
0101010003	ENERGÍA ELÉCTRICA PARA LA CONSTRUCCIÓN			glb		1.0000	S/	690.00	S/	690.00
									S/	690.00

Partida	01.01.02.02 CONEXIÓN DE AGUA									
Rendimiento	glb/DIA	MO	1.0000	EQ	1.0000	Costo unitario directo por: glb			S/	2,500.00
Código	Descripción Recurso			Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.		Parcial S/.	
0101010004	CONEXIÓN DE AGUA			glb		1.0000	S/	2,500.00	S/	2,500.00
									S/	2,500.00

Partida	01.01.02.03 ACONDICIONAMIENTO TEMPORAL USO BAÑOS EXISTENTES									
Rendimiento	glb/DIA	MO	1.0000	EQ	1.0000	Costo unitario directo por: glb			S/	650.00
Código	Descripción Recurso			Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.		Parcial S/.	
0101010005	ACONDICIONAMIENTO TEMPORAL USO BAÑOS EXISTENTES			glb		1.0000	S/	650.00	S/	650.00
									S/	650.00

*Nota.* Elaboración propia.

Partida	<b>03.01</b>	<b>MEDICIÓN DE PREVENCIÓN, CONTROL Y/O MITIGACIÓN</b>					
Rendimiento	glb/DIA	MO	1.0000	EQ	1.0000	Costo unitario directo por: glb	2500.00
Código	Descripción Recurso		Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
0101010011	MEDICIÓN DE PREVENCIÓN, CONTROL Y/O MITIGACIÓN		glb		1.0000	S/ 2,500.00	S/ 2,500.00
							S/ 2,500.00

Partida	<b>03.02</b>	<b>PLAN DE SEGUIMIENTO Y CONTROL</b>					
Rendimiento	glb/DIA	MO	1.0000	EQ	1.0000	Costo unitario directo por: glb	2500.00
Código	Descripción Recurso		Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
0101010012	PLAN DE SEGUIMIENTO Y CONTROL		glb		1.0000	S/ 2,500.00	S/ 2,500.00
							S/ 2,500.00

Partida	<b>03.03</b>	<b>PLAN DE GESTIÓN DE RIESGO</b>					
Rendimiento	glb/DIA	MO	1.0000	EQ	1.0000	Costo unitario directo por: glb	4000.00
Código	Descripción Recurso		Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
0101010013	PLAN DE GESTIÓN DE RIESGO		glb		1.0000	S/ 4,000.00	S/ 4,000.00
							S/ 4,000.00

Partida	<b>03.04</b>	<b>PLAN DE MONITOREO ARQUEOLÓGICO</b>					
Rendimiento	glb/DIA	MO	1.0000	EQ	1.0000	Costo unitario directo por: glb	5000.00
Código	Descripción Recurso		Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
0101010014	PLAN DE MONITOREO ARQUEOLÓGICO		glb		1.0000	S/ 5,000.00	S/ 5,000.00

Partida	<b>03.05</b>	<b>PLAN DE CIERRE</b>					
Rendimiento	glb/DIA	MO	1.0000	EQ	1.0000	Costo unitario directo por: glb	2500.00
Código	Descripción Recurso		Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
0101010015	PLAN DE CIERRE		glb		1.0000	S/ 2,500.00	S/ 2,500.00
							S/ 2,500.00

Nota. Elaboración propia.



## Anexo F: Delimitación de zonas Costo/Beneficio

**Figura 70**

*Visualización de las zonas afectadas*



*Nota.* Elaboración propia.

Figura 71

Censo del AAHH Inty Llacta



Nota. Datos obtenidos por el Sistema de Información Geográfica en consulta de centros poblados del AA. HH. Inty Llacta (INEI, 2017)

## Anexo G: Informe de Cálculo del Revestimiento Simple

### MACRO Studio • MACRO 2 Revestimiento Simple

Rock and Soil Slope Protection Design Software

**MACCAFERRI**

www.maccaferri.com

Ciente /

pag. 1 of 2

#### ● Informaciones de Proyecto

Título	Talud 01 - Inty Uacta	Descripción
Número		
Cliente		
Diseñador		

#### ● Datos de Entrada

##### Talud rocoso

Inclinación del talud	B	85
Altura total del talud (m)	Hs	20.00
Altura de detritos acumulados (m)	Hd	1.00
Ancho de detritos acumulados (m)	Td	1.00
Ángulo de la acumulación de detritos	Bd	42.60
Ángulo de fricción de los detritos		22.50
Peso específico de los detritos [kN/m <sup>3</sup> ]		20.00
Ángulo de fricción entre la malla y el talud		18.00

##### Nieve

Peso Unitario de la Nieve [kN/m <sup>3</sup> ]	4
Espesor de la Nieve (m)	0

##### Malla

Tipo de malla	Steelgrid HR 30
Resistencia a la tracción última de la malla [kN/m]	180.00
Peso unitario de malla de acero [Kg/m <sup>2</sup> ]	2.20

##### Cable + Anclajes de coronación

###### Geometría del cable longitudinal de coronación

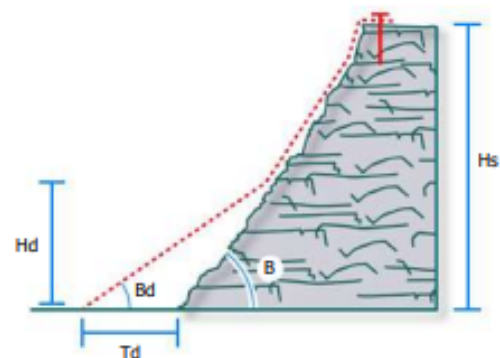
Distancia horizontal entre anclajes (m)	2.00
Distancia vertical entre anclajes (m)	1.00

###### Tipo de cable

Diámetro del cable (mm)	16
Tensión de fluencia del acero [MPa]	1770
Tipo de núcleo del cable	Steel
Resistencia a la tracción última del cable [kN]	161

###### Tipo de anclaje

Tipo de barra	Barra de Aço CA-50
Diámetro interno de la barra (cuando es hueca) [mm]	0
Diámetro externo de la barra [mm]	20.0
Espesor de la corona de corrosión [mm]	0
Tensión de fluencia del acero [MPa]	500
Adherencia roca-lechada (Resistencia del bulbo) [MPa]	0.30



##### FS Factor de seguridad

###### Talud de roca

Coefficiente de seguridad para cargas variables	1.50
Coefficiente de seguridad para cargas permanentes	1.30

###### Malla

Coefficiente de reducción de resistencia de la malla	2.50
--	------

###### Geometría del cable longitudinal de coronación

Coefficiente de reducción en distancia X	1.10
Coefficiente de reducción en el gradiente vertical Y	1.05

###### Cable

Coefficiente de reducción de resistencia del cable	2.00
--	------

###### Tipo de anclaje

Coefficiente de reducción de resistencia del acero	1.15
Coefficiente de reducción de la adherencia entre roca y lechada en el anclaje	2.00



## ● Resultados / Verificaciones

### Verificación de la Malla

**4.82** Satisfactorio

### Verificación del Cable

**1.50** Satisfactorio

### Anclaje Intermedio

**7.05** Satisfactorio

### Anclaje Lateral

**1.47** Satisfactorio

### Dimensionamiento de la malla

Tensión total calculada [kN/m]	14.95
Resistencia a la tracción admisible [kN/m]	72.00
Relación fuerza-tensión	4.82
Carga total de detritos [kN/m]	14.40
Carga total de nieve [kN/m]	0.00
Carga total de la malla [kN/m]	0.55
Tensión resultante en el sistema [kN/m]	14.95

### Dimensionamiento del cable

Tensión máxima en el cable [kN]	53.59
Carga de servicio del cable (Nominal) [kN]	80.50
Relación Carga - Fuerza del cable	1.50
Máxima fuerza en los anclajes intermedios [kN]	11.19
Máxima fuerza en los anclajes laterales [kN]	53.59
Máxima distancia admisible entre anclajes [m]	2.44
Longitud del cable (total) entre anclajes [m]	2.47
Máxima deformación entre anclajes adyacentes [m]	-0.16
Peso máximo de detritos sobre el cable [kN/m]	46.23

### Dimensionamiento de los anclajes superiores

#### Anclajes intermedios

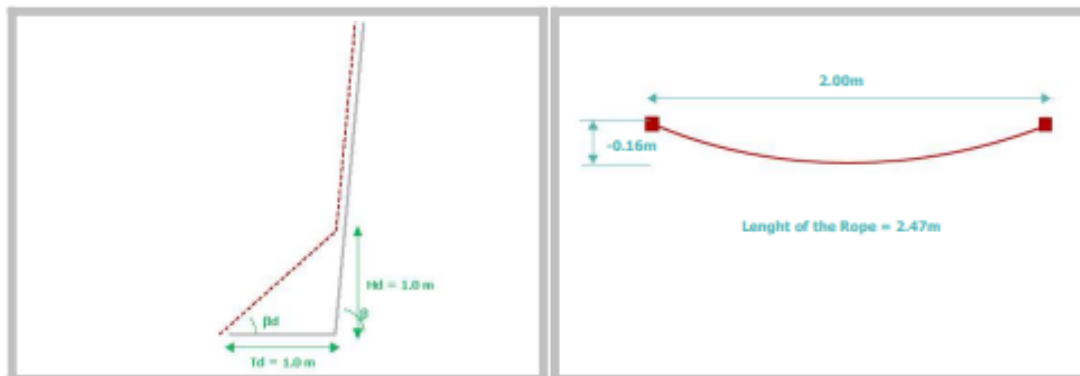
Máxima fuerza en los anclajes intermedios [kN]	11.19
Resistencia de servicio al corte [kN]	78.86
Relación Carga-Fuerza en el anclaje	7.05

#### Dimensionamiento de los anclajes laterales

Máxima fuerza en los anclajes laterales [kN]	53.59
Resistencia de servicio al corte [kN]	78.86
Relación Carga - Fuerza en el anclaje	1.47

Sección útil del acero [mm <sup>2</sup> ]	314.16
Resistencia a la tracción de servicio [kN]	136.59
Resistencia a la tracción mínima requerida [kN]	53.59
Diámetro de perforación mínimo [mm]	40.00
Longitud mínima de la barra de anclaje [m]	3.19
Peso máximo de detritos en los anclajes [kN/m]	45.28

## Geometría





## Anexo H: Informe de Cálculo del Revestimiento Cortical

### MACRO Studio • MACRO 1 Revestimiento Cortical

Rock and Soil Slope Protection Design Software

**MACCAFERRI**

www.maccaferri.com

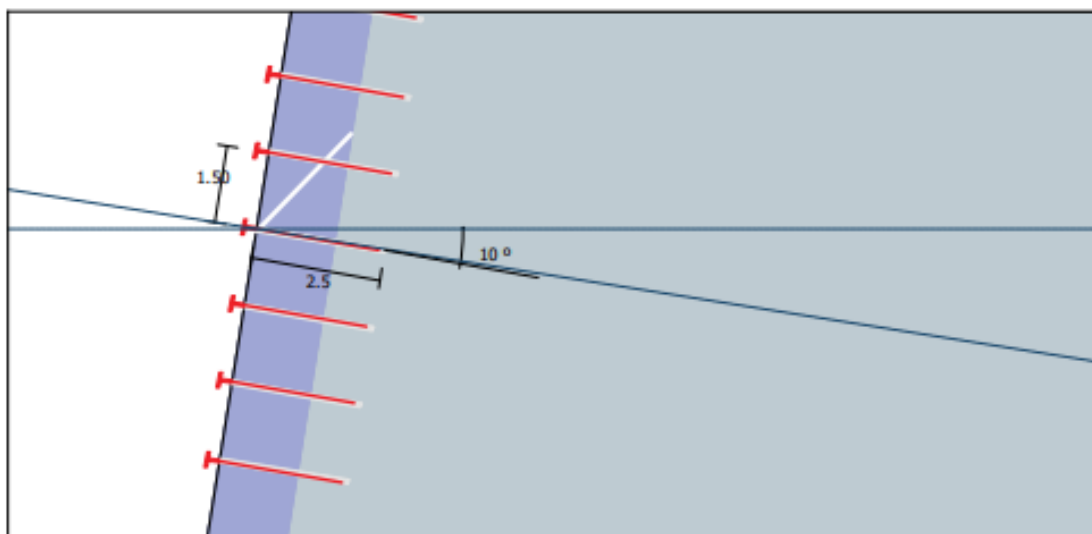
Cliente /

pag. 1 of 2

#### ● Informaciones de Proyecto

Título	TALUD 02 INTY LLACTA	Descripción
Número		
Cliente		
Diseñador		

#### ● Datos de Entrada



##### Talud Rocoso

Inclinación del talud [°]	$\beta$	81
Espesor de la capa inestable [m]	$S$	1.50
Peso específico de la roca [kN/m <sup>3</sup> ]	$\gamma$	26.00
Espesor de plasticización del macizo rocoso [m]	$Lp$	0.30

##### Discontinuidad crítica

Inclinación de la discontinuidad crítica	$\alpha$	46
Resistencia a compresión de la discontinuidad crítica JCS [MPa]	$\chi_{CS0}$	25.00
Coefficiente de rugosidad de la discontinuidad crítica JRC	$JRC_0$	10.00

##### Coefficiente de aceleración sísmica

Coef. de aceleración sísmica horizontal	$ch$	0.23
Coef. de aceleración sísmica vertical	$cv$	0.00

##### Cargas externas

Carga externa [kN]	$E$	0.00
Angulo de aplicación	$\omega$	90.00

##### Barras de Anclaje

###### Geometría

Espaciamiento horizontal entre anclajes [m]	$i_x$	1.50
Espaciamiento vertical entre anclajes [m]	$i_y$	1.50
Inclinación de la barra con respecto a la horizontal	$\epsilon$	10

###### Tipo de anclaje

Tipo de barra	barra helicoidal Gr. 75 25mm	
Diámetro interno de la barra [mm]	$\phi_i$	0
Diámetro externo de la barra [mm]	$\phi_e$	25
Espesor de corrosión [mm]	$T_c$	1.79
Tensión de fluencia de la barra [MPa]	$F_{y,k}$	500
Tensión de adhesión roca-lechada [MPa]	$\tau_{lm}$	0.55

###### Malla

Tipo de malla	Steelgrid MO 200	
Error in getmsg [kN]	MO	70.00

● **Resultados / Verificaciones**

**Analisis contra deslizamiento superficial**

FOS <sub>R</sub>	<b>1.14</b>
Tasa de trabajo del anclaje	<b>80.92</b> %

**Analisis contra deslizamiento superficial**

Suma de las fuerzas estabilizantes (diseño) [kN]	$T_{S,d} + F_{Y,d}$	126.89
Suma de las fuerzas destabilizantes (diseño) [kN]	$T_{D,d}$	111.49
Factor de seguridad	FOS <sub>R slope</sub>	1.14

**Barras de Anclaje**

Suma de las fuerzas estabilizantes (diseño) [kN]	$R_{STAB,d}$	65.27
Capacidad del anclaje (diseño) [kN]	$F_{Y,d}$	80.66
Tasa de trabajo del anclaje	$\eta_A$	80.92

**Dimensionamiento del anclaje**

Ángulo entre la barra y la horizontal	$\epsilon$	10
Tensión de fluencia de la barra [MPa]	$f_{Yd}$	434.78
Area de la barra [mm <sup>2</sup> ]	$S_d$	360.49
Fuerzas estabilizantes en el plano de deslizamiento - por anclaje [kN]	$F_{Y,d}$	80.66
Diámetro mínimo de perforación (NOMINAL) [mm]	$\phi_{min}$	50.00
Fuerza de extracción relacionada con la malla [A] [kN]	$P_2$	8.65
Fuerza de extracción relacionada con el deslizamiento de la zona superficial [B] [kN]	$P_1$	1.14
Fuerza máxima de extracción (Mayor entre A y B) [kN]	$P$	8.65
Longitud de la barra en roca sana [m]	$L_S$	0.18
Longitud de la barra en roca fracturada [m]	$L_f$	1.88
Longitud mínima de la barra de anclaje [m]	$L_t$	2.50

**Coefficientes de seguridad**

Coefficiente de reducción de las fuerzas estabilizantes	$\gamma_R$	1.31
Coefficiente de amplificación de las fuerzas destabilizantes	$\gamma_D$	1.25

**Malla**

FOS <sub>R</sub>	<b>1.24</b>
Tasa de trabajo	<b>80.71</b> %

**Malla**

<b>Punzonamiento</b>		
Resistencia al punzonamiento de la malla (diseño) [kN]	$N_{MESH} \cdot \gamma_{MESH}$	11.00
Fuerza de punzonamiento que actúan sobre la malla (diseño) [kN]	$M_d$	8.88
Factor de seguridad	FOS <sub>R Def</sub>	1.24

**Diseño de la malla**

Volumen de material que puede deslizar entre los anclajes [m <sup>3</sup> ]	$V_b$	1.17
Peso de roca que puede deslizar entre los anclajes [kN]	$B_k$	30.35
Suma de las fuerzas actuantes en la discontinuidad crítica (diseño) [kN]	$B_{D,d}$	32.14
Suma de resistencias que actúan sobre el plano deslizante (diseño) [kN]	$B_{R,d}$	16.67
Fuerza de punzonamiento que actúan sobre la malla (diseño) [kN]	$M_d$	8.88
Deformación máxima antes del mantenimiento [m]	$Z_M$	0.359

**Malla**

Coefficiente de seguridad aplicado a la resistencia a la tracción de la malla	$\gamma_{MESH}$	1.50
---	-----------------	------

**Tipo de anclaje**

Coefficiente de seguridad aplicado a la tensión de fluencia del acero	$\gamma_A$	1.15
Coefficiente de seguridad aplicado a la adhesión roca-lechada	$\gamma_T$	1.80

## Anexo I: Norma Peruana CE-020

478254

**NORMAS LEGALES**

El Peruano  
Lima, viernes 8 de noviembre de 2012

Clasificación AASHTO	Descripción
A-7.5 y A-7.6	Materiales orgánicos y arcillosos de alta compresibilidad
A-6	Materiales orgánicos de baja compresibilidad y limos de alta compresibilidad
A-5	Arcillos y limos de baja compresibilidad
A-4	Arenas arcillosas
A-3	Arena de pobre gradación
A-2.6 y A-2.7	Arenas limosas
A-2.4 y A-2.5	Arenas bien gradadas
A-1.b	Gravas de pobre gradación
A-1.a	Gravas bien gradadas

Fuente: Método de clasificación "American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO)".

Si el material por estabilizar es totalmente de aporte, antes de proceder con la estabilización, se comprobará que la superficie que va a servir de apoyo tenga la densidad de 95% del ensayo de laboratorio según MTC E 115.

Los trabajos de compactación deberán ser terminados en un lapso no mayor de dos (2) horas desde el inicio de la mezcla. Si durante dicho plazo no se logran las condiciones de compactación exigidas más adelante (compactación) de esta especificación, el tramo se pondrá en observación y se considerará separadamente a los fines de los controles del Supervisor. La compactación deberá ser el 95% como mínimo, del ensayo Proctor Modificado.

Las estabilizaciones con cemento sólo se podrán llevar a cabo cuando la temperatura ambiente, a la sombra, sea superior a diez grados Celsius (10°C) y cuando no haya lluvia.

### 6.1.1.3 ESTABILIZACIÓN CON ASFALTO

Se empleará asfalto o bitumen, para lograr propiedades impermeabilizantes, adhesivas y de preservación, en el suelo. En suelos friccionantes puede considerarse, además de la química, estabilización mecánica.

La estabilización de cada suelo, debe ser investigada en forma independiente, a partir de la granulometría, plasticidad, densidad y otras propiedades del suelo. Para un peso específico del material igual a 1.64 gr/cm<sup>3</sup>, le debe corresponder 10% de asfalto y para 1.75 gr/cm<sup>3</sup>, no es necesaria su aplicación, tal como lo muestra a continuación el siguiente cuadro:

#### CONTENIDO DE ASFALTO PARA ESTABILIZAR

Contenido de asfalto (%)	0	2	4	6	8	10
Peso Específico del Material (gr/cm <sup>3</sup> )	1.75	1.71	1.68	1.66	1.64	1.64

### 6.2 ESTABILIZACIÓN DE SUELOS MEDIANTE METODOS FISICOS

Las estabilizaciones físicas se realizarán con el adecuado equipo mecánico, que debe ser establecido por el profesional responsable.

#### 6.2.1 ESTABILIZACIÓN POR COMPACTACIÓN

El proceso de estabilización por compactación, se debe emplear en todas aquellas obras donde la materia prima es el suelo (base del corte de laderas, terraplenes, canales de agua, suelo de cimentación, rellenos artificiales, diques, terraplenes para vías, etc.).

El proceso debe producir lo siguiente:

- Aumentar la resistencia al corte para mejorar la estabilidad del suelo.
- Disminuir la compresibilidad para reducir los asentamientos.
- Disminuir la relación de vacíos para reducir la permeabilidad y así mismo el potencial de expansión, contracción o exposición por congelamiento.

En todo momento se tendrá en cuenta la prueba de compactación Proctor estándar o modificado con energía

de compactación, de laboratorio, dado por la fórmula siguiente:

$$E = (N \cdot n \cdot P \cdot h)^{1/2} \cdot V$$

Donde:

- E = Energía de compactación
- N = Número de golpes por capa
- n = Número de capas de suelo
- P = Peso del pisón
- h = Altura de caída libre del pisón
- V = Volumen de suelo compactado

Ensayo	Proctor Estándar	Proctor Modificado
Norma	NTP-338.142	NTP-338.141
Energía de Compactación	12,300 lb-ft/ft <sup>3</sup>	56,250 lb-ft/ft <sup>3</sup>
Peso del martillo	5.5 lb	10 lb
Altura de caída del martillo	12 pulgadas	18 pulgadas
Número de golpes por capas	depende del molde	depende del molde
Número de capas	3	5
volumen del molde cm <sup>3</sup>	depende del método de prueba	depende del método de prueba

El Profesional Responsable deberá especificar una densidad mínima de compactación, expresada en porcentaje de la densidad máxima del ensayo Proctor Estándar o Modificado, de acuerdo a los requerimientos del proyecto. El control de densidad en el campo deberá realizarse empleando un equipo de cono de arena, un densímetro nuclear u otro método normado para dicho fin.

Los suelos también podrán ser estabilizados por otros métodos de acuerdo a la recomendación del Profesional Responsable y que concuerden con el estándar mínimo que lo respalde.

A manera de resumen, ver Anexo Informativo 8.2

### 7 TALUDES

#### 7.1 ESTABILIZACIÓN DE UN TALUD EXISTENTE

Para estabilizar un talud existente, es necesario que el Profesional Responsable establezca previamente las siguientes situaciones de inestabilidad:

- Talud existente aparentemente estable: Corresponde a las laderas modificadas y que por largo tiempo han permanecido estables.
- Talud en proyecto, o por construir: Modificación geométrica de las laderas con fines de sustento de obras de ingeniería civil.
- Talud con insuficiencia de estabilidad: Ladera modificada cuyo factor de seguridad a la estabilidad es menor a la unidad.
- Talud colapsado, a ser reconstruido: Corresponde a los taludes afectados por la geodinámica externa asociado al derrumbe.

La solución geotécnica integral de estabilización del talud para cualquiera de las cuatro situaciones mencionadas incluirá necesariamente la formulación y desarrollo de dos componentes:

Componente 1: Evaluación de la condición de estabilidad del talud.

Componente 2: Metodología de estabilización y remediación del talud.

#### 7.1.1 EVALUACIÓN DE LA CONDICIÓN DE ESTABILIDAD DE UN TALUD

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

- La mecánica de suelos.
- El comportamiento geodinámico del área.
- El flujo de agua.
- La geometría del talud y
- La topografía del entorno.

El Profesional Responsable deberá evaluar la condición de estabilidad del talud para solicitaciones



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

Las propiedades físicas y mecánicas de los materiales geotécnicos se determinarán mediante ensayos de campo y laboratorio, de acuerdo al tipo de material e importancia de la obra, cuya decisión es responsabilidad del Profesional Responsable. Será necesario tener en cuenta los modos operativos correspondientes a cada ensayo y a cada necesidad.

Para el análisis de estabilidad de los taludes en roca y suelos será necesario realizar los estudios geotécnicos, que permitan caracterizar los materiales y evaluar los parámetros de diseño que el Profesional Responsable considere necesario, a fin de obtener la estabilidad del talud.

Las cargas sísmicas pueden generar problemas de movimientos del talud. Un sismo establece mayor probabilidad de riesgo de ocurrencias de geodinámicas externas. El Profesional Responsable en su estudio deberá detallar aquellas zonas identificadas como críticas. El coeficiente sísmico para el análisis pseudo estático corresponderá a un sismo de 475 años de periodo de retorno.

### 7.1.2 METODOLOGÍA DE ESTABILIZACIÓN Y REMEDIACIÓN DEL TALUD

Determinada la condición de estabilidad del talud, el Profesional Responsable seleccionará y aprobará el método o la combinación de métodos de estabilización que, de acuerdo a su análisis, muestren potencialidades suficientes para estabilizar y remediar el talud. Dichos métodos deberán mostrar su eficacia y eficiencia, teniendo que nuevamente ser verificada la condición de estabilidad del talud para condiciones estáticas y pseudo estáticas. Asimismo, el Profesional Responsable desarrollará y recomendará si es necesario incorporar a la solución integral un método de control contra la erosión, a fin de otorgarle sostenibilidad a la solución de estabilización del talud.

Los métodos de estabilización y remediación de taludes serán establecidos de acuerdo a la identificación de peligros y los resultados de la evaluación de los mecanismos que generan la inestabilidad del mismo. Se podrán aplicar los siguientes métodos:

- Por disminución de las presiones hidrostáticas
- Por disminución de los esfuerzos cortantes solicitantes
- Por introducción de fuerzas resistentes
- Por mejora de las propiedades del depósito y/o macizo
- Por incorporación de inhibidores o controladores de energía de caída

Sin embargo, otros métodos podrán ser empleados también bajo responsabilidad del Profesional Responsable.

## 7.2 ESTABILIZACIÓN DE UN TALUD RECIENTE CORTADO

### 7.2.1 CÁLCULO DE EMPUJES

El Profesional Responsable debe aplicar las herramientas correspondientes al cálculo de los empujes en sus diferentes estados, que permita la determinación de los elementos de contención más adecuados. Ver Anexos Informativos 8.3 y 8.4.

### 7.2.2 DISEÑO GEOTÉCNICO DE MUROS

El Profesional Responsable debe pre dimensionar y diseñar geotécnicamente un tipo de muro, considerando como mínimo, las etapas siguientes:

- Seguridad al posible vuelco del muro.
- Seguridad al posible deslizamiento del muro.
- Seguridad de la cimentación del muro.
- Capacidad resistente de la base
- Deformación (asentamiento)

El diseño del muro debe presentar seguridad al vuelco, deslizamiento y se deberá evaluar la capacidad de carga. Ver Anexos Informativos 8.5, 8.6, 8.7 y 8.8

### 7.2.3 DRENAJE Y SUBDRENAJE

Todo diseño de muro debe garantizar el drenaje del

relleno del muro, evacuando las aguas o evitando que éstas ingresen. Ver Anexo Informativo 8.9.

Para impedir que el agua se introduzca en el relleno, en la etapa de proyecto y/o construcción, debe realizarse lo siguiente:

- Localizar los lugares de donde proviene el agua, con la finalidad de tomar las medidas pertinentes para evitar que el material se sature.
- Desviar el agua alejándola del relleno, en lo posible con zanjas de coronación, que evacuen el agua hacia los taludes del talud sin causar erosión.
- Proteger la superficie del relleno, mediante sistemas de absorción del agua excedente que desequilibre el talud, Ver Anexo Informativo 8.1.
- Colocar drenes interceptores de posibles filtraciones subterráneas, que no aumenten los empujes no previstos en la etapa de diseño.

### 7.2.4 ENTIBACIONES

Se debe emplear entibaciones en toda obra, que requiera excavaciones en materiales deleznable, que ponga en riesgo la vida humana. Este sistema será del tipo temporal durante el proceso constructivo de obras de ingeniería civil. Ver Anexo Informativo 8.10.

## 8 ANEXOS INFORMATIVOS

### 8.1 VEGETACIÓN PARA TALUDES

Tipo	Ventajas	Desventajas
Páscar	Versátiles y baratas, variedades para escoger con diferentes tolerancias, fácil de establecer, buena densidad de cobertura.	Raíces poco profundas y se requiere mantenimiento permanente.
Juncos	Crecen rápidamente y son fáciles de establecer.	Difíciles de obtener y el sistema de plantación no es sencillo.
Hierbas	Raíz relativamente profunda.	Algunas veces con difíciles de establecer y no se consiguen raíces.
Arbustos	Variedades para escoger. Existen especies que se reproducen por estaca. Raíz profunda buena cobertura, bajo mantenimiento.	Algunas veces son difíciles de establecer.
Árboles	Raíces profundas, no requieren mantenimiento.	Es demandado su establecimiento y generalmente son más costosos.
Gel germinador de plantas	Fácil aplicación. Forestación iniciada con semillas según tipo a emplear.	Costo inicial elevado. Riesgo de mantenimiento periódico.

### 8.2 ALTERNATIVAS DE ESTABILIZACIÓN DE SUELOS

MATERIAL	TIPOS DE ESTABILIZACIÓN			
	MECÁNICA	CON CEMENTO	CON CAL	CON EMULSIÓN
Grava	Puede ser necesario la adición de finos para prevenir dependencias.	Probablemente no es necesario, salvo si hay finos gráficlos. Cantidad de 7 a 8%.	No es necesario, salvo que los finos sean plásticos. Cantidad de 7 a 8%.	Apropiada si hay deficiencia de finos. Aproximadamente 2% de acido residual.
Arrea limpia	Adición de gruecos para dar la estabilidad y de finos para prevenir dependencias.	Inadecuado: produce material quebradizo.	Inadecuado: no hay reacción.	Muy adecuado. De 3 a 1% de acido residual.
Arrea arcillosa	Adición de gruecos para mejorar resistencia.	Recomendable 4 - 8%.	Es factible dependiendo del contenido de arcilla.	Se puede emplear de 3 a 4% de acido residual.
Arrea arenosa	Usualmente no es aconsejable.	Recomendable 4 - 12%.	4 a 8% dependiendo del contenido de arcilla.	Se puede emplear pero no es muy aconsejable.
Arilla	Inadecuado.	No es muy aconsejable. La mezcla puede favorecerse con un macizo con 2% de cal y luego entre 8 y 15% de cemento.	Muy adecuado. Entre 4 y 8% dependiendo de la arilla.	Inadecuado.

Nota.- Considere formato como partida para los trabajos de investigación sobre estabilidad.