

**UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**



**UPLA**  
UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES

**TESIS**

**EVALUACIÓN DE LA PROBABILIDAD DE FALLA  
ESTRUCTURAL DEL TALUD NATURAL EN EL  
SECTOR DE TORRE TORRE - HUANCAYO - 2020**

**Para optar: El Título Profesional  
de Ingeniero Civil**

**Autor:**

**BACH. CHUQUILLANQUI GAVINO, BREYDI BRAYAM**

**Asesor:**

**Ing. Christian Mallaupoma, Reyes**

**Línea de Investigación Institucional:**

**Nuevas tecnologías y procesos**

**Huancayo – Perú**

**2023**

---

Ing. Christian Mallaupoma, Reyes

Asesor

## HOJA DE CONFORMIDAD DE MIEMBROS DEL JURADO

---

Dr. Ruben Dario Tapia Silguera  
Presidente

---

Ing. Nataly Lucía Córdova Zorrilla  
Jurado

---

Mg. Henry Gustavo Pautrat Egoavil  
Jurado

---

Ing. Yina Ninahuanca Zavala  
Jurado

---

Mg. Leonel Untiveros Peñaloza  
Secretario Docente

## **DEDICATORIA**

A mi familia que es fuente de soporte e  
inspiración.

Bach. Chuquillanqui Gavino, Breydi Brayam

## **AGRADECIMIENTO**

A Dios, por su amor y brindarnos su energía positiva cada día.

A nuestros familiares que día a día apostaron por nosotros, brindándonos apoyo de forma incondicional y hasta ahora que logramos ser profesionales de éxito.

A nuestros maestros quienes impartieron en nosotros nuevos conocimientos, de esta manera aplicarlos para el beneficio de la sociedad.

A nuestra universidad alma mater, que nos cobijó durante nuestro crecimiento y desarrollo profesional.

A Dios, por su amor y brindarnos su energía positiva cada día.

Bach. Chuquillanqui Gavino, Breydi Brayam



**UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**DIRECCIÓN DE LA UNIDAD DE INVESTIGACIÓN**

*“Año del Fortalecimiento de la Soberanía Nacional”*

EL DIRECTOR DE LA UNIDAD DE INVESTIGACIÓN DE LA  
FACULTAD DE INGENIERÍA DEJA:

**CONSTANCIA N° 368**

Que, el (la) bachiller: Bachilleres, Bachiller, **BREYDI BRAYAM, CHUQUILLANQUI GAVINO**, de la Escuela Profesional de **INGENIERÍA CIVIL**, presentó la tesis denominada denominado: **“EVALUACIÓN DE LA PROBABILIDAD DE FALLA ESTRUCTURAL DEL TALUD NATURAL EN EL SECTOR DE TORRE TORRE – HUANCAYO-2020”**, la misma que cuenta con **137 Páginas**, ha sido ingresada por el **SOFTWARE – TURNITIN FEEDBACK STUDIO** obteniendo el **29%** de similitud.

Se expide la presente constancia para los fines pertinentes.

Huancayo 29 de Noviembre del 2022



Dr. Santiago Zevallos Salinas  
Director de la Unidad de Investigación

## CONTENIDO

<b>DEDICATORIA</b> .....	<b>iv</b>
<b>AGRADECIMIENTO</b> .....	<b>v</b>
<b>CONTENIDO</b> .....	<b>vi</b>
<b>CONTENIDO DE TABLAS</b> .....	<b>ix</b>
<b>CONTENIDO DE FIGURAS</b> .....	<b>x</b>
<b>RESUMEN</b> .....	<b>xiii</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>xiv</b>
<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>xv</b>
<b>CAPÍTULO I</b> .....	<b>16</b>
<b>PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA</b> .....	<b>16</b>
1.1. Descripción de la realidad problemática.....	16
1.2. Delimitación del problema .....	18
1.2.1. Espacial .....	18
1.2.2. Temporal.....	18
1.2.3. Económica.....	18
1.3. Formulación del problema.....	18
1.3.1. Problema general.....	18
1.3.2. Problemas específicos .....	18
1.4. Justificación.....	19
1.4.1. Justificación práctica o social.....	19
1.4.2. Justificación científica o teórica.....	19
1.4.3. Justificación metodológica.....	19
1.5. Objetivos.....	20
1.5.1. Objetivo general.....	20
1.5.2. Objetivos específicos .....	20
<b>CAPÍTULO II</b> .....	<b>21</b>
<b>MARCO TEÓRICO</b> .....	<b>21</b>
2.1. Antecedentes de la investigación.....	21
2.1.1. Antecedentes nacionales .....	21
2.1.2. Antecedentes internacionales .....	23
2.2. Bases teóricas o científicas .....	26

2.3. Marco conceptual .....	88
<b>CAPÍTULO III .....</b>	<b>89</b>
<b>HIPÓTESIS .....</b>	<b>89</b>
3.1. Hipótesis.....	89
3.1.1. Hipótesis general.....	89
3.1.2. Hipótesis específica.....	89
3.2. Variables.....	89
3.2.1. Definición conceptual de las variables.....	89
3.2.2. Definición operacional de la variable .....	90
3.2.3. Operacionalización de variables .....	91
<b>CAPÍTULO IV .....</b>	<b>93</b>
<b>METODOLOGÍA .....</b>	<b>93</b>
4.1. Método de investigación.....	93
4.2. Tipo de investigación.....	93
4.3. Nivel de la investigación .....	94
4.4. Diseño de la investigación.....	94
4.5. Población y muestra.....	95
4.5.1. Población.....	95
4.5.2. Muestra.....	95
4.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos .....	96
4.7. Técnica de procesamiento y análisis de datos .....	98
4.7.1. Procesamiento de la información .....	98
4.8. Aspectos éticos de la investigación .....	101
<b>CAPÍTULO V .....</b>	<b>102</b>
<b>RESULTADOS.....</b>	<b>102</b>
5.1. Descripción de resultados.....	102
5.1.1. Consideraciones previas para el diseño sísmico .....	102
<b>CAPÍTULO VI .....</b>	<b>122</b>
<b>ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS .....</b>	<b>122</b>
6.1. Discusión de resultados con antecedentes .....	122
<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>125</b>

<b>RECOMENDACIONES.....</b>	<b>126</b>
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>127</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>129</b>
<b>Anexo N°01: Matriz de consistencia .....</b>	<b>130</b>
<b>Anexo N°02: Matriz de operacionalización de variables.....</b>	<b>133</b>
<b>Anexo N°03: Matriz de operacionalización de instrumento.....</b>	<b>135</b>
<b>Anexo N°04: Instrumento de investigación y constancia de su aplicación .....</b>	<b>137</b>
<b>Anexo N°06: Fotografía de la aplicación del instrumento.....</b>	<b>138</b>
<b>Anexo N°07: Planos.....</b>	<b>150</b>

## CONTENIDO DE TABLAS

Tabla 1: Criterios para seleccionar un factor de seguridad para el diseño de taludes.....	29
Tabla 2: Listado de algunos métodos de remediación de las amenazas por deslizamiento ....	31
Tabla 3: Métodos de prevención para la amenaza o el riesgo de deslizamientos.....	32
Tabla 4: Métodos de elusión de amenazas de deslizamiento .....	38
Tabla 5: Construcción de viaductos .....	43
Tabla 6: Métodos de conformación topográfica del talud.....	47
Tabla 7: Pendientes típicas de taludes estables para varios tipos de material.....	49
Tabla 8: Estructuras de contención para la estabilización de los deslizamientos .....	59
Tabla 9. Esquemas de estabilización utilizando pilotes. ....	60
Tabla 10: Medidas de refuerzo en taludes.....	62
Tabla 11: Métodos de drenaje y subdrenaje.....	65
Tabla 12: Métodos para mejorar la resistencia del suelo .....	65
Tabla 13: Unidades Litoestratigráficas .....	79
Tabla 14: Factores de la zona analizada. ....	81
Tabla 15: Sismicidad en Junín .....	83
Tabla 16: Sismicidad histórica en el Perú .....	85
Tabla 17: Intensidad de falla para el Talud .....	86
Tabla 18. Operacionalización de variables. ....	91
Tabla 19: Técnicas auxiliares y normas aplicables .....	97
Tabla 20: Ensayo de laboratorio y normas aplicables.....	98
Tabla 21: Descripción ASTM y NTP.....	98
Tabla 22: Parámetros de diseño sísmico .....	103
Tabla 23: Sismos .....	103
Tabla 24: Resistencia a la compresión .....	105
Tabla 25: clasificación de suelos.....	107

## CONTENIDO DE FIGURAS

Figura 1. Algunas técnicas de remediación de la amenaza y el riesgo de deslizamientos.....	26
Figura 2. Problemas y soluciones de estabilidad de taludes en las carreteras secundarias.....	27
Figura 3. El factor de seguridad debe garantizar un correcto funcionamiento de la obra.....	29
Figura 4. Fases, construcción y monitoreo de la remediación de un deslizamiento .....	32
Figura 5. Los avisos de alerta se usan como método de disuasión a la construcción. ....	34
Figura 6. Elusión de un deslizamiento utilizando un túnel .....	37
Figura 7. Elusión de un deslizamiento utilizando un túnel o un puente.....	38
Figura 8. Cercas metálicas para controlar el paso de caídas de roca hacia una vía .....	39
Figura 9. Malla galvanizada pernada para controlar los caídos de roca.....	41
Figura 10. Malla galvanizada modificada de gaviones Maccaferri .....	41
Figura 11. Muros alcanfía, para el control de caída de bloques a una carretera.....	43
Figura 12. Enrocado para el control de caída de bloques a una carretera .....	44
Figura 13. Gaviones o concreto para el control de caída de bloques a una carretera .....	44
Figura 14. Túnel falso para disminuir el riesgo.....	45
Figura 15. Sistemas de conformación del talud sobre la localización del círculo crítico .....	46
Figura 16. Contrapeso para la estabilización de un deslizamiento activo.....	48
Figura 17. Esquema de un relleno de contrapeso además de una estructura de pilas. ....	48
Figura 18. Alternativa de contrapeso en el relleno.....	50
Figura 19. Alternativa de contrapeso muro de contención.....	50
Figura 20. Esquema de una berma lateral a un terraplén para evitar la falla del pie.....	51
Figura 21. Esquema de estabilización utilizando muro MSE. ....	51
Figura 22. Llaves de cortante para terraplenes.....	53
Figura 23. Efecto estabilización de una llave cortante.....	53
Figura 24. Proceso para deducir el área de una llave cortante para el fondo. ....	55
Figura 25. Estructuras de contención para la estabilización de los deslizamientos .....	58
Figura 26. Esquemas de estabilización utilizando pilotes.....	60
Figura 27. Esquemas de muros anclados. ....	61
Figura 28. Esquema de clavos.....	61
Figura 29. Esquema de micropilotes .....	61
Figura 30. Elementos constructivos prefabricados vigas de concreto armado .....	62
Figura 31. Conformación de talud con pernos, para remediar un deslizamiento de talud.....	63

Figura 32. Estabilización con una pantalla anclada sobre pilas de concreto armado.....	63
Figura 33. Sistemas de subdrenaje .....	64
Figura 34. Esquema de un subdren interceptor y un dren en el afloramiento.....	66
Figura 35. Subdrenes de penetración. ....	67
Figura 36. Inyección de terraplenes para rellenar y cementar grietas internas. ....	68
Figura 37. Sistema de columnas con cal. ....	69
Figura 38. Construcción de columnas de cal.....	70
Figura 39. Comportamiento de las columnas de cal. ....	70
Figura 40. Proceso de magnificación .....	71
Figura 41. Diagrama de procedimientos de congelación del suelo.....	71
Figura 42. Pilotes de compactación.....	75
Figura 43. Esquema general del torpedo de un vibro compactador. ....	75
Figura 44. Mapa geológico del cuadrángulo de Junín. ....	80
Figura 45. Zonificación sísmica .....	81
Figura 46. Sismicidad e intensidad en el Perú .....	84
Figura 47. Mapa de intensidades sísmicas .....	86
Figura 48. Esquema del diseño de la investigación .....	94
Figura 49. Ubicación de la zona analizada.....	95
Figura 50. Vista del pliegue de la zona evaluada.....	96
Figura 51. La zona analizada es un talud natural con presencia de viviendas. ....	96
Figura 52. Delimitación de zona en estudio.....	100
Figura 53. Mapa de ordenadas espectrales.....	104
Figura 54. Plano topográfico de la zona.....	106
Figura 55. Secciones transversales del Talud N°03 - N°04. ....	106
Figura 56. Análisis de los Tramo N°02, talud N°01 .....	108
Figura 57. Factor de Seguridad Estático: $F_s=1.50$ .....	108
Figura 58. Factor de Seguridad pseudoestático: $F_s=1.25$ .....	109
Figura 59. Análisis de los Tramos N°02, talud N°02.....	110
Figura 60. Factor de Seguridad Estático: $F_s=1.50$ .....	110
Figura 61. Factor de Seguridad Pseudoestático: $F_s=1.25$ .....	111
Figura 62. Configuración de características .....	112
Figura 63. Configuración del nivel freático .....	113
Figura 64. Configuración de cargas en talud crítico .....	113

Figura 65. Configuración de carga sísmica.....	114
Figura 66. Configuración de sobrecarga .....	114
Figura 67. Análisis con 5000 planos de falla. ....	115
Figura 68. Propiedades del suelo primer estrato .....	115
Figura 69. Propiedades del suelo segundo estrato.....	116
Figura 70. Propiedades del suelo tercer estrato.....	116
Figura 71. Análisis con más de 5000 planos de falla.....	117
Figura 72. Factor de seguridad método de Fellenius FS=1.12.....	117
Figura 73. Factor de seguridad método de Bishop FS=1.35 .....	118
Figura 74. Factor de seguridad método de Janbu FS=1.20.....	118
Figura 75. Factor de seguridad método de Spencer FS=1.36.....	119
Figura 76. Factor de seguridad método de Morgenstern - price FS=1.36.....	119
Figura 77. Muro de contención concreto armado .....	121

## RESUMEN

En la actual investigación se planteó como problema general: ¿Cuál es la probabilidad de falla estructural de talud natural en el sector de Torre Torre – Huancayo – 2020?, siendo el objetivo general: Calcular la probabilidad de la falla estructural del talud natural en el sector de Torre Torre – Huancayo - 2020, paracumplir con este objetivo se analiza la estabilidad del talud y cuantificar la posible falla a nivel estructural. Y como hipótesis general: El análisis de la probabilidad de falla estructural sería muy alta por el tipo de material en el talud natural en el sector de Torre Torre – Huancayo – 2020.

El tipo de investigación es aplicada de nivel explicativo y diseño No - Experimental, se va a considerar una población y muestra, la población estará definida por los taludes del sector Torre Torre en la ciudad de Huancayo, se realizará un análisis más detallado del comportamiento estructural del talud y sus probabilidades de falla y la desestabilización del talud analizado, por otro lado la muestra representa al Talud ubicada en la zona de inferior del sector de Torre Torre con coordenadas  $12^{\circ}03' .17.48''$  S y  $75^{\circ}11'06.50''$  O.

**PALABRAS CLAVE:** Talud, falla estructural, probabilidad.

## **ABSTRACT**

In the current investigation, the general problem was raised: What is the probability of structural failure of the natural slope in the Torre Torre - Huancayo - 2020 sector? the general objective being: Calculate the probability of structural failure of the natural slope in the Torre Torre sector - Huancayo - 2020, to meet this objective, the stability of the slope is analyzed and the possible failure at the structural level is quantified. And as a general hypothesis: The analysis of the probability of structural failure would be very high due to the type of material in the natural slope in the Torre Torre - Huancayo - 2020 sector.

The type of research is applied at an explanatory level and Non-Experimental design, a population and sample will be considered, the population will be defined by the slopes of the Torre Torre sector in the city of Huancayo, a more detailed analysis of the structural behavior will be carried out of the slope and its probabilities of failure and the destabilization of the analyzed slope, on the other hand the sample represents the slope located in the lower zone of the Torre Torre sector with coordinates  $12^{\circ}03' .17.48''$  S and  $75^{\circ}11'06.50''$  EITHER.

**KEY WORDS:** Slope, structural failure, probability.

## INTRODUCCIÓN

La presente tesis titulada: Evaluación de la probabilidad de falla estructural del talud natural en el sector de Torre Torre - Huancayo - 2020, esta investigación tiene como fin de poder transmitir la zona vulnerable a evaluación técnica y con una comprobación mediante el análisis del software Slupe lo cual permite determinar las posibles fallas estructurales que presenta la zona analizada. Logrando así poder analizar mejor el comportamiento de este talud natural y pueda tomarse medidas correctivas y medidas preventivas.

Para la presente investigación se detalla según el esquema establecido por la Universidad Peruana Los Andes siendo mi alma mater en mi formación académica para lo cual estipula que el desarrollo de la investigación se debería dar en 6 capítulos detallados de la siguiente manera.

**Capítulo I.**-En este capítulo se muestra la descripción, la delimitación del problema, formulación del problema, la justificación y los objetivos de la problemática.

**Capítulo II.**-En este capítulo se muestra el marco teórico de la investigación los antecedentes nacionales e internacionales, y las bases teóricas y científicas que sustentan la investigación.

**Capítulo III.**-Se muestra un análisis de la hipótesis, una definición conceptual y operacional de las variables de la investigación.

**Capítulo IV.**-En este capítulo se muestra la metodología, tipo, nivel y diseño de la investigación, un análisis de la población y muestra, así como las técnicas e instrumentos que apoyan en la investigación.

**Capítulo V.**-Se muestra una descripción del diseño y resultados de la investigación, además se presenta la contrastación de la hipótesis.

**Capítulo VI.** -En esta sección se presenta una discusión de los resultados, recomendaciones, conclusiones, matriz y anexos que sustentan la investigación.

Bach. Chuquillanqui Gavino, Breydi Brayam

## CAPÍTULO I

### PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

#### 1.1. Descripción de la realidad problemática

A nivel mundial se menciona un talud puede definirse como un material de formación natural y compuesto de minerales. Asimismo, se define al talud tipo ladera como el conjunto de una a más matrices representantes en una determinada estructura, este presentara cierto grado de alteración y una serie de discontinuidades, pudiendo o no contener agua, por tanto, se puede decir que la evaluación geotécnica al talud es un método que determina las principales características o cualidades que tenga. Este proporcionara un índice numérico sobre la calidad del material a trabajar, como son la resistencia y deformación, Además, dicha caracterización geotécnica cuenta como una prioridad como son: estabilización de taludes, estudio de canteras, mejoramiento de suelos, cimentaciones, etc. Por consiguiente, en la tesis representa una caracterización geotécnica de la del sector de Torre Torre y permitirá calcular la probabilidad de falla a nivel estructural. Para ello se realizará ensayos en campo y laboratorio con el fin de determinar los distintos parámetros como son: resistencia, RQD, rugosidad, abertura, entre otros. Acuña Borbón (2019)

A nivel nacional en el Perú en las obras de ingeniería el talud se basa en la estructura extensa de las vías terrestres; antes, durante y después de la construcción o realización de las carreteras, y como tal se debe tener cuidado en las áreas donde se trabajará en cuanto a la estabilidad de taludes, pues esta sostiene fundamentalmente por el balance entre la resistencia cortante de la zona y la fuerza deslizante de gravedad de talud, se presentan taludes inestables producto de la calidad de los materiales, geometría de su sección y de las fuertes precipitaciones pluviales, en las que presentan fisuras mayores de los 15 cm, por lo que en algunas situaciones algunas de las fisuras conocidas como grietas de tensión, por lo que este problema nos lleva a proponer alternativas de solución como propuestas económicas y que a su vez se dé una solución adecuada que mejore las condiciones de estabilidad de los taludes luego de haber concluido los trabajos de explanaciones en dicha zona. Mostajo Carbonel (2018)

A nivel local en la zona de Torre Torre en el distrito de Huancayo en el Departamento de Junín, siendo el área analizada de 1570.39 metros de perímetro y una rae de influencia de 176.860.51 metros cuadrados a una altitud promedio de 3350 m.s.n.m. También se recolectará muestras de la cantera para ser llevadas a laboratorio para sus ensayos respectivos, esta descripción geotécnica será previa recopilación de información existente como son planos topográficos de la zona evaluada y bajo los análisis de la calidad de material extraído en campo. Existen estudios que demuestran las ventajas que supone la evaluación geotécnica de la cantera, las cuales se definen como las características del lugar y su relación con el diseño planteados, aproximación de resultados adecuados para un diseño seguro y a menor costo de estabilización de taludes, prevención de posibles efectos fatales en el lugar de trabajo, ocasionando pérdidas considerables y poder obtener información de posibles problemas futuros la nueva zona que se está poblando y construyendo.

## **1.2. Delimitación del problema**

### **1.2.1. Espacial**

La delimitación espacial de la investigación fue la zona de Torre Torre en el distrito de Huancayo en el Departamento de Junín, siendo el área analizada de 1570.39 metros de perímetro y una rae de influencia de 176.860.51 metros cuadrados a una altitud promedio de 3350 m.s.n.m.

### **1.2.2. Temporal**

La delimitación temporal está definida por la obtención de los datos desde el mes de febrero del 2021 hasta noviembre del 2021 haciendo un total de 10 meses en la obtención de datos.

### **1.2.3. Económica**

En forma general la investigación fue costeadada de forma directa por el investigador tanto en el proceso de planeamiento y el desarrollo de la tesis.

## **1.3. Formulación del problema**

### **1.3.1. Problema general**

¿Cuál es la probabilidad de falla estructural del talud natural en el sector de Torre Torre – Huancayo - 2020?

### **1.3.2. Problemas específicos**

- a) ¿Cómo se presenta el tipo falla en la probabilidad de falla estructural del talud natural en el sector de Torre Torre – Huancayo - 2020?
- b) ¿De qué manera varia la estabilidad del talud en la probabilidad de falla estructural del talud natural en el sector de Torre Torre – Huancayo - 2020?
- c) ¿Qué disposición se puede tomar en la probabilidad de falla estructural del talud natural en el sector de Torre Torre – Huancayo – 2020?

## **1.4. Justificación**

### **1.4.1. Justificación práctica o social**

Según Álvarez Risco (2019), “Significa describir de qué manera los efectos de la exploración valdrán para cambiar la realidad del ámbito de estudio, refiere a solucionar los problemas prácticos que esta materia de investigación pueda hallar en el tiempo de la indagación”.

La justificación practica estará definida con brindar una seguridad a través de un cálculo de la probabilidad de falla a nivel estructural del talud el cual en sus alrededores presenta un crecimiento poblacional, lo cual conllevaría a desastres que tendrían muchas pérdidas económicas y humanas, es por ello por lo que el análisis de la probabilidad de falla permitirá tomar medidas preventivas para evitar la falla en el talud.

### **1.4.2. Justificación científica o teórica**

Según Alvarez Risco (2019), una investigación se justifica científicamente donde los resultados de la investigación sirven para cambiar la realidad problemática al resolver los problemas prácticos de esta investigación encontrada en el transcurso de la investigación.

La investigación teórica de la actual investigación se da por la indagación de entendimientos para evaluar la probabilidad de falla estructural del talud natural en el sector torre-torre – Huancayo - 2020.

### **1.4.3. Justificación metodológica**

Según Fernández Bedoya H. (2020), “La justificación metodológica propone realizar una metodología y estrategia que permite la obtención de un conocimiento confiable y valido, al crear un nuevo instrumento con el fin de recolectar y analizar datos que pueden ser empleadas en investigaciones futuras por demás investigadores”.

Con la presente investigación se pretende que nos ayude predecir el comportamiento de la estabilidad del Talud, con relación a su tipo de material el

cual nos permitirá obtener fichas servirán como un antecedente que pueden ser utilizados en futuras construcciones en la zona de nuestra ciudad.

## **1.5. Objetivos**

### **1.5.1. Objetivo general**

Calcular la probabilidad de falla estructural del talud natural en el sector de Torre Torre - Huancayo.

### **1.5.2. Objetivos específicos**

- a) Determinar el tipo de falla en la probabilidad de falla estructural del talud natural en el sector de Torre Torre – Huancayo – 2020.
- b) Analizar la variación de la estabilidad del talud en la probabilidad de falla estructural del talud natural en el sector de Torre Torre – Huancayo – 2020.
- c) Evaluar que disposición se puede tomar en la probabilidad de falla estructural del talud natural en el sector de Torre Torre – Huancayo – 2020.

## CAPÍTULO II

### MARCO TEÓRICO

#### 2.1. Antecedentes de la investigación

##### 2.1.1. Antecedentes nacionales

Ale Véliz (2018), presento la tesis de pregrado **Titulado:** “Influencia de la alteración hidrotermal en la calidad del macizo rocoso en taludes de tajos abiertos”, el cual fija como **objetivo general:** Un estudio del macizo rocoso mineralizado por influencia de procesos hidrotermales y su baja resistencia, empleando la **metodología:** Desde un enfoque cuantitativo con un tipo de investigación Aplicada de nivel Explicativo con un diseño No-experimental, obteniendo como **resultado:** Que los ensayos de laboratorio (compresión uniaxial e índice de carga puntual), se compara la resistencia de la roca intacta en función al grado de alteración del macizo rocoso, y se realiza una correlación de sus valores, para finalmente insertarlo en el análisis de estabilidad de taludes de tajo. Pone importancia a la clasificación geomecánica del macizo rocoso y su influencia a resistencia de este y finalmente **concluyo:** Un macizo rocoso dependerá del tipo de material encontrado en campo.

Tardeo De la Cruz & Zanabria Pari (2018), presento la tesis de pregrado **Titulado:** “Análisis dinámico de estabilidad de taludes por elementos finitos en la zona de Huayllapampa del distrito de Cuenca – Huancavelica”, el cual fija como **objetivo general:** Calcular el factor de seguridad de talud mediante el análisis dinámico por elementos finitos en la zona de Huayllapampa del distrito de Cuenca – Huancavelica en el año 2016, empleando la **metodología:** Desde un enfoque mixto, con un tipo aplicada, nivel descriptivo, método científico y diseño de investigación no experimental - transversal, obteniendo como **resultado:** Que dentro del análisis dinámico, se aplicó el método de elementos finitos, en las cuales presenten relación con los resultados obtenidos en el análisis estático, debido a que el factor de seguridad dinámico en la zona de Huayllapampa en el distrito de Cuenca – Huancavelica y es mínima a 1.25, por lo que es inestable, y finalmente **concluyo:** Que se proponen medidas de mitigación de riesgo, como la construcción de anclajes, por la naturaleza y condiciones que tiene la zona de estudio.

Valeriano Nina (2018), presento la tesis de pregrado **Titulado:** “Caracterización geotécnica y modos de falla estructural en el talud en roca del cerro Espinal Juliaca”, el cual fija como **objetivo general:** Desarrollar una caracterización geomecánica y modos de falla estructural en el talud en roca del Cerro Espinal Juliaca, empleando la **metodología:** Con un diseño metodológico descriptivo no experimental, obteniendo como **resultado:** Que el ángulo de fricción promedio es  $56.23^\circ$  este ángulo es relativamente alto por lo que el talud sigue estable, la resistencia a la compresión simple de la roca intacta tiene como valor promedio de 65.43 MPa y un índice de carga puntual de 2.90 MPa consideramos que la roca es de regular a buena resistencia, además la falla por vuelco directo es de 2.81%, falla por vuelco oblicuo de 31.49% y la falla por vuelco flexural de 5.98%, y finalmente **concluyo:** El análisis de estabilidad por el método de equilibrio límite para un modo de falla por vuelco en condiciones estáticas es igual a un factor de seguridad de 1.199.

Breña Vásquez (2019), presento la tesis de pregrado **Titulado:** “Estabilidad de taludes de la carretera longitudinal de la sierra; tramo Cochabamba – Cutervo –

Chiple, Cajamarca – Perú, el cual fija como **objetivo general:** Evaluar los resultados de los parámetros geotécnicos de la interacción roca – suelo que afecte la estabilidad de los taludes sector de la carretera longitudinal de la sierra tramos Cochabamba – Cutervo, Chiple – Cajamarca – Perú, empleando la **metodología** cuantitativa con un tipo de investigación Aplicada de nivel Explicativo con un diseño No-experimental, obteniendo como **resultado:** Que las obras de arte se hicieron para canalizar las aguas y evitar que se filtren y proporciona los factores de corrección en distintas zonas para conseguirla estabilidad de los taludes, y finalmente **concluyo:** Que la arcilla y la infiltración de agua que favoreció los colapsos, subsidencias, reptaciones seguidas de post – fracturamientos.

Carrión Aguilar (2019), presento la tesis de pregrado **Titulado:** “Análisis 8+000 al 9+000 provincia de Sánchez Carrión, departamento de La Libertad, 2017”, el cual fija como **objetivo general:** Determinar el levantamiento de la zona de estudio del proyecto, con el fin de obtener curvas de nivel para evaluar el área del talud, empleando la **metodología:** Descriptiva, de tipo aplicada, obteniendo como **resultado:** Que los diversos factores que intervienen en la estabilidad de talud, para esto se apoyará de las teorías de mecánica de suelos utilizando métodos no exactos para el estudio de talud, y finalmente **concluyo:** Que se busca la infraestructura segura, correcta y eficiente para mantener la estabilidad del talud ocasionando tráfico fluido y evitando pérdidas materiales.

### 2.1.2. Antecedentes internacionales

Revelo Burgos (2018), presento la tesis de grado **Titulado:** “Modelo para la estabilización de taludes en las carreteras del su trópico del Nor Occidente del Ecuador y a fin de evitar accidentes de tránsito y disminuir los costos de operación y vehicular”, en el cual fijó como **objetivo general:** Realizar un modelo de estabilización de taludes que considere mejorar los perímetros de las carreteras del sub trópico del nor occidente del país y utilizable a regiones con semejantes propiedades geológicas y climatográficas, empleando la **metodología:** Con el tipo de investigación explicativo y descriptivo, obteniendo como **resultados:** Que en su geometría se fue alterando, por lo que se aplicó un talud de corte 1H: 2 V, sin terraza, luego se consideraron terrazas a 10 m de altura sosteniendo la

inclinación 1H: 2V, para detallar la alteración en el factor de seguridad, en la tercera se alteró el ángulo de talud 3H: 4V, considerando terrazas hasta tener en cuenta una parte correcta, en la que el factor de seguridad es 1.1 por lo que es suficiente, y finalmente **concluyo:** Que las inclinaciones de los cortes aplicados en el modelo son 1H: 2V y la 3H: 4V, las áreas probables de falla son de pie y de cuerpo de talud, el programa busca la superficie crítica, la que proporciona el menor factor de seguridad.

Sánchez Villafuerte (2018), presento la tesis de pregrado **Titulado:** “Modelo de usos tecnológicos para la protección de taludes desestabilizados por exceso de humedad en el distrito metropolitano de Quito a fin de disminuir la accidentalidad y congestión vehicular”, en el cual fijó como **objetivo general:** Elaborar un modelo de usotecnológicos para el cuidado de taludes desestabilizados en sus coberturas superficiales por exceso de humedad en el Distrito Metropolitano de Quito a fin de disminuir la accidentalidad y congestión vehicular, empleando la **metodología:** De tipo aplicada, con un nivel exploratorio, descriptivo y explicativo, obteniendo como **resultados:** Quede acuerdo a los estudios de suelos analizados los taludes materia de la investigación están constituidos por suelos que tienen una correcta cohesión y son del tipo limoso nombrados en nuestro medio como cangahuas producto de depósitos volcánicos, y finalmente **concluyo:** Que la pérdida de bienes materiales y de la capacidad de servicio parcial o total de la vía de los conquistadores que es una arteria vial estratégica de alivio en las grandes congestiones vehiculares que se dan en la ciudad.

Tumbaco Yalamá (2018), presento la tesis de pregrado **Titulado:** “Caracterización de taludes en la Av. Simón Bolívar”, en el cual fijó como **objetivo general:** Desarrollar una caracterización mecánica de los mecanismos de falla de taludes en un tramo de la avenida Simón Bolívar basada en las propiedades geológicas y mecánicas, empleando la **metodología:** Desde un enfoque cuantitativo de tipo aplicada, obteniendo los **resultados:** Que con la hoja de cálculo desarrollada se llega a obtener nuevos taludes, por lo que es necesario ingresar los datos geométricos, densidad del suelo a desarrollar, también de un ensayo triaxial CU, obtener tanto la cohesión y el ángulo interno de fricción. Y

comprobar si bajo las condiciones antes presentadas el talud puede fallar según el cálculo del factor de seguridad, y finalmente **concluyo:** Que todos los taludes se ajustan al comportamiento observado en el modelo propuesto en base a las dos variables el ángulo de fricción interna y la cohesión.

López López (2019), presento la tesis de pregrado Titulado: “Estudio del comportamiento de concreto lanzado en la estabilización de taludes, para suelos limosos con pendientes mayores a los 60° en el KM 2 + 240 en el paso lateral del cantón Ambato provincia de Tungurahua”, en el cual fijó como objetivo general: Evaluar el comportamiento de concreto lanzado en la estabilización de taludes, para superficies terrestres limosas con pendientes que sobrepasan a los 60° en el km 2+240 en el paso lateral del cantón Ambato provincia de Tungurahua, para superficies terrestres limosas con pendientes que sobrepasan a los 60° en el km 2+240 en el paso lateral del cantón Ambato provincia de Tungurahua, empleando la metodología: Desde un enfoque cuantitativo, de tipo aplicada, con un nivel explicativo, obteniendo como resultados: que el factor de seguridad obtenido en los cálculos de la hoja Excel por el Método de Fellenius arrojó un  $F.S = 0$  siendo este menor a 1.5, es decir que si el F.S evaluará un talud inestable, y finalmente concluyo: Que el concreto proyectado, ha reemplazado los métodos tradicionales de revestimiento de taludes. Como resultado, se ha convertido en una alternativa importante en la estabilización de taludes a nivel local.

Pozo Villacís (2021), presento la tesis de pregrado **Titulado:** “Análisis de estabilidad de taludes de una extensión de 260m en la vía Papallacta Baeza, Sector Cuyuja”, en el cual fijó como **objetivo general:** Evaluar la estabilidad del talud en un tramo 260m, en la vía Papallacta Baeza, en el área Cuyuja para nombrar medidas de mitigación y estabilidad de talud, empleando la **metodología:** Desde el enfoque cuantitativo con un tipo aplicada, obteniendo como **resultados:** Que el modelamiento del FS se desarrolló en el programa GEO5, teniendo en cuenta el método de Bishop simplificado, el cual el mínimo FS que debe cumplir el talud en el estudio es de 1.5 para considerar como un talud estable, en algunas condiciones se desarrolló el muestreo en la zona norte del talud que pertenece a los perfiles 1, 2, 3 que se encuentra en el estado inminente de

falla, debido a que los FS en la zona no son mayores a 1, y finalmente **concluyo:** Que en la construcción de bermas en los perfiles en donde el FS no pasa del 1.5; por lo que se obtuvo resultados positivos, donde el FS es considerable y por consiguiente logra la estabilidad del talud completo.

## 2.2. Bases teóricas o científicas

### 2.2.1. Geología

Según Alonso Valeriano (2018), el objetivo principal de un estudio de estabilidad de taludes o laderas, es diseñar medidas de prevención, control, remediación y lo estabilización para reducir los niveles de amenaza y riesgo. Se han desarrollado gran cantidad de técnicas probadas para el manejo de los taludes inestables o los deslizamientos. Generalmente, los beneficios más significativos desde el punto de vista de reducción de amenazas y riesgos se obtienen con las medidas de prevención.

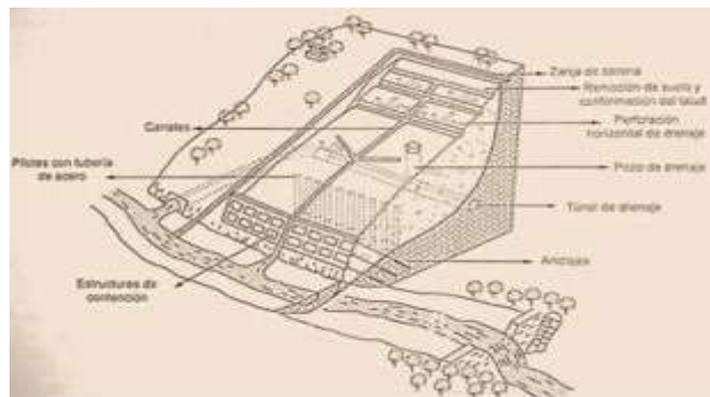


Figura 1. Algunas técnicas de remediación de la amenaza y el riesgo de deslizamientos

Fuente: "Suelos con esteros de suelo cohesivo en vías de comunicación", por By CSIRO, (2020)

Schuster y Kockelman (1996), proponen una serie de principios y metodologías para la reducción de utilizando amenazas de deslizamiento, Sistemas de prevención, los cuales requieren de políticas del Estado, la colaboración y toma de conciencia por parte de las comunidades. Sin embargo, no es posible la eliminación total de los problemas mediante métodos preventivos en todos los casos y se requiere establecer medidas de control o de remediación de los taludes susceptibles a deslizamiento o en los deslizamientos activos.

Según Acuña Borbón (2019), la estabilización de los deslizamientos en la actividad o potencialmente es un trabajo relativamente complejo que requiere de metodologías

especializadas de diseño y construcción. Cada sistema tiene su base teórica y sus procedimientos constructivos. En el presente capítulo se indican algunos de los sistemas de remediación que se han utilizado en el mundo, pero en otros capítulos del libro, se explican con mayor detalle.

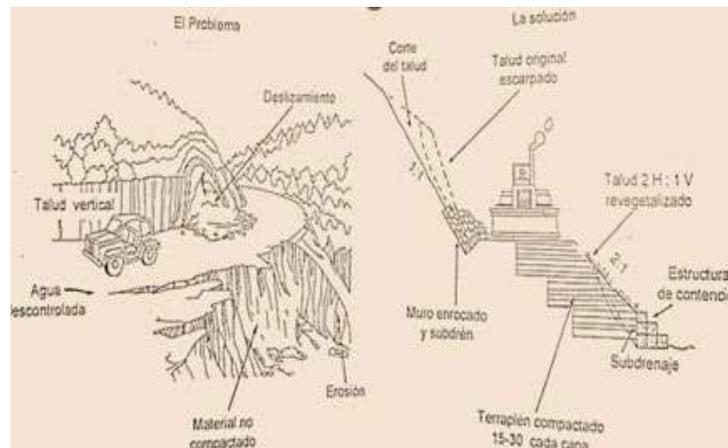


Figura 2. Problemas y soluciones de estabilidad de taludes en las carreteras secundarias

Fuente: Introducción a la geología Física

### 2.2.1.1. Escogencia del factor de seguridad

Según Huaman Grandez (2022), la remediación de un deslizamiento o de un talud inestable, generalmente no es una estabilización total y definitiva, sino relativa y en ciertas condiciones, provisional. Ante esta realidad, es importante determinar hasta donde se debe llegar en el proceso de remediación. Explica que los factores de seguridad razonables y la magnitud de la estabilización deben determinarse teniendo en cuenta los siguientes factores:

El tamaño del deslizamiento. Teniendo en cuenta que es mucho más difícil modelar en forma precisa un deslizamiento pequeño que uno de gran magnitud, el factor de seguridad para remediación de un deslizamiento pequeño, debe ser superior al de un deslizamiento de gran tamaño. Igualmente, el costo para subir el factor de seguridad en un deslizamiento grande, puede ser muy alto, lo cual, en ocasiones, conduce a conclusiones incorrectas acerca de que los deslizamientos. (pág. 14)

- a) **Grandes no se pueden estabilizar:** Lo que ocurre es que, en un deslizamiento grande, es más difícil subir el factor de seguridad y cualquier aumento en el factor de seguridad tiene un efecto importante en la estabilidad. (pág. 14)

- b) Teniendo en el tipo de movimiento:** En los movimientos masivos de masas rígidas, las técnicas de estabilización son más efectivas que en movimientos blandos tipo flujo de lodos, etc. En los movimientos de suelos rígidos se pueden considerar factores de seguridad menores que en movimientos de flujo.
- c) La magnitud de los estudios realizados:** Si la información recolectada en los estudios es muy completa y confiable, se pueden permitir factores de seguridad menores que en los casos en los cuales la información es escasa y la incertidumbre es mayor. (pág. 15)
- d) El potencial de consecuencias:** En los casos en los cuales las consecuencias del deslizamiento involucran un riesgo grande de Vidas humanas o propiedades, se requieren factores de seguridad mayores, por ejemplo, si está involucrado un hospital o una escuela, los factores de seguridad deben ser mayores en el caso de un campo deportivo. (pág. 15)
- e) La experiencia del profesional con los suelos del sitio:** Cuando se tiene experiencia previa confiable del comportamiento real de los suelos, se pueden permitir factores de seguridad menores que cuando se desconoce el comportamiento real de los materiales. (pág. 15)
- f) Posibilidad de ocurrencia de eventos extremos:** Si en el análisis no se tuvieron en cuenta los eventos extremos, se deben incluir factores de seguridad mayores ante la ocurrencia de estos fenómenos. (pág. 15)

Como se explicó en los párrafos anteriores, la escogencia del factor de seguridad debe ser el resultado del buen juicio del ingeniero quien debe tomar una decisión, con base en el análisis de la totalidad de los factores involucrados. Para cierto tipo de obras, los códigos pueden especificar un valor mínimo exigido para, el factor de seguridad. Por ejemplo, para las estructuras de contención, la AASHTO (2001) exige los siguientes factores de seguridad de estabilidad de taludes: (pág. 15)

$FS \geq 1.3$  para cargas estáticas

$FS \leq 1.1$  para carga sísmica con K, de 0.5 A

En algunas ciudades, los códigos geotécnicos especifican factores de seguridad mínimos, los cuales se deben cumplir por ley. Estos factores, generalmente, varían

desde 1.15 a 1.5 y es común especificar factores de seguridad de 1.3 para las cargas estáticas. (pág. 16)

Según usac.edu.gt (2021), a continuación, se presenta la tabla 1 que puede servir como base general para la toma de decisiones sobre factores de seguridad. Con frecuencia, al aumentar el factor de seguridad también aumentan los costos requeridos para la construcción del talud. En ocasiones, la construcción de taludes estables podría resultar no sólo costosa sino poco práctica y se deben asumir los riesgos inherentes a la construcción de un talud relativamente inestable.

Tabla 1: Criterios para seleccionar un factor de seguridad para el diseño de taludes

CASO	FACTOR DE SEGURIDAD DE LAS CARGAS ESTÁTICAS	FACTOR DE SEGURIDAD PARA CARGAS DINÁMICAS $K_h = 0.5$ A
Perdida e vidas humanas al fallar el talud	1.5	1.2
Pérdidas de más del 30% de la inversión de la obra específica o pérdidas consideradas importantes	1.3	1.15
Pérdidas económicas no muy importantes	1.2	1.1
La falla de talud no causa daño	1.1	1.0

Fuente: prevención estabilización y diseño por, usac.edu.gt (2021)



Figura 3. El factor de seguridad debe garantizar un correcto funcionamiento de la obra

Fuente: Introducción a la geología Física

Según usac.edu.gt (2021), en el caso de los deslizamientos, cualquier obra de remediación es una mejora de la situación existente y no es razonable exigir factores

de seguridad extremadamente altos, cuando se parte de factores de seguridad de 1.0, no siempre es posible subir el factor de seguridad en un porcentaje alto.

### **2.2.1.2. Metodología de remediación**

Una vez analizado el talud, definidos los niveles de amenaza y riesgo, el mecanismo de falla y analizados los factores de equilibrio, se puede pasar al objetivo final que es el diseño del sistema de prevención, control y estabilización. Existen varias formas de enfocar y resolver cada problema específico y la metodología que se requiere emplear en cada caso, depende de una serie de factores técnicos, sociales, económicos y políticos, con una gran cantidad de variables en el espacio y en el tiempo. En la tabla 1.2 se muestra un listado general de metodologías que se han utilizado para la mitigación de la amenaza y el riesgo a los deslizamientos. Las técnicas de remediación comprenden las siguientes alternativas generales:

- Prevención para evitar que ocurra la amenaza o el riesgo.
- Elusión de la amenaza para evitar que esta genere riesgos.
- Control de los movimientos para disminuir la vulnerabilidad.
- Estabilización para disminuir la probabilidad de ocurrencia de la amenaza aumentando el factor de seguridad.

Según Villarreal Hinojosa (2019), para la planeación, diseño, construcción y monitoreo de las obras de remediación de un deslizamiento, propuso un programa que incluye una fase de estudios geotécnicos y geomorfológicos para escoger, conceptualmente, el sistema de remediación y una fase de viabilidad para pasar finalmente, al diseño y a la construcción. En el estudio preliminar, propone como un paso obligatorio, analizar si es posible eludir el deslizamiento. Si no es posible eludirlo, se pasa a una segunda etapa, seleccionar y diseñar la mejor alternativa de estabilización. Después de construidas las obras, se requiere, además, la realización de un proceso de monitoreo y actualización.

Tabla 2: Listado de algunos métodos de remediación de las amenazas por deslizamiento

Sistema de remediación	Opciones de algunos métodos específicos
Prevención de la amenaza o el riesgo	Concientización de la comunidad Aviso o alarma Normas y códigos técnicos
Elusión del problema	Recolocación de la obra Remoción de los materiales inestables Instalación de un puente o un túnel Construir variantes
Reducción de las fuerzas actuantes	Cambio de alineamiento para disminuir alturas Conformación de la superficie del terreno Drenaje de la superficie Drenaje internamente Reducción del peso del material
Incremento de las fuerzas resistentes	Colocación de un contrapeso Construcción de estructuras de contención Colocación de llaves cortante en la superficie de falla
Aumento de la resistencia del suelo	Subdrenaje Refuerzo Biotecnología Tratamiento químico (inyecciones) Tratamiento térmico Compactación profunda Columnas de piedra

Fuente: Métodos de manejo y estabilización por, Villarreal Hinojosa (2019)

### a) Prevención

Incluye el manejo de la prevención vulnerabilidad y el control de las causas pueden generar los deslizamientos, para disminuir la probabilidad de que se presente la amenaza o el riesgo. La prevención consiste en un programa del Estado y de la comunidad(en todos sus niveles) mediante una legislación y un sistema de manejo de amenazas que permite reducir las amenazas y los riesgos a deslizamiento, en un área determinada. Schwab y otros (2005), hacen énfasis en que la construcción de obras de ingeniería para mitigar las amenazas a deslizamientos en zonas urbanas, son costosas y no son confiables; por lo tanto, la restricción o prohibición de desarrollo de áreas susceptibles a deslizamientos; son generalmente, la opción más sabia a pesar de la presión de los urbanizadores. (pág. 5)

## b) Estrategias para la prevención

El riesgo a deslizamientos en zonas urbanas puede reducirse utilizando cuatro formas de regulación (Kockelman, 1986; Schuster y Kockelman, 1996): Restricción de la expansión de las áreas urbanas con susceptibilidad a deslizamientos, utilizando un mapa de susceptibilidad. Códigos urbanos que regulen las excavaciones, cortes y demás actividades de construcción. Protección del desarrollo urbano construyendo medidas de mitigación. Desarrollo e instalación de sistemas de monitoreo y alarma. (pág. 5)

Tabla 3: Métodos de prevención para la amenaza o el riesgo de deslizamientos

Método	Ventajas	Desventajas
Disuasión o medidas de restricción	Generalmente son <del>común</del> y rápidas de construir	Se requiere un espacio grande en la mitad de talud
Planeación del uso de la tierra	Sirve al mismo tiempo, para controlar las aguas lluvias	Los cantos pasan encima fácilmente
Códigos técnicos	Controlan los bloques que puedan generar riesgo.	No resisten el impacto con los grandes bloques
Construcción de obras de prevención	Tratan de impedir la caída de los bloques.	Con frecuencia no son suficientemente fuertes para impedir los caídos
Aviso y alarma	Los muros de alcantaría tienen las masas en movimiento.	Se pueden necesitar estructuras algo costosas

Fuente: Métodos de manejo y estabilización por, Villarreal Hinojosa (2019)

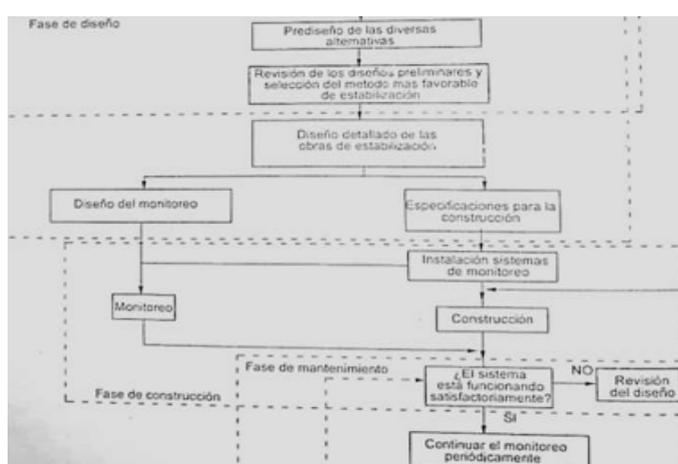


Figura 4. Fases, construcción y monitoreo de la remediación de un deslizamiento

Fuente: Métodos de manejo y estabilización por, Villarreal Hinojosa (2019)

Los métodos de mitigación o prevención de la amenaza pueden reducir de forma significativa la ocurrencia de deslizamientos. La prevención permite el manejo de las áreas relativamente grandes, teniendo en cuenta que los procesos naturales pueden ocurrir en diversos sectores dentro de un área de susceptibilidad similar, de forma repetitiva o múltiple. La mejor estrategia para la reducción de la amenaza de deslizamiento generalmente involucra una mezcla de varias técnicas o sistemas donde se requiere la cooperación de geólogos, ingenieros, planeadores, propietarios de la tierra, Constructores, organizaciones financieras y de seguros y entidades del Estado.

### **c) Elementos para el diseño de la prevención**

Villarreal Hinojosa (2019), tiene en cuenta los siguientes elementos para el diseño de un programa adecuado de prevención:

- Una base técnica completa de las amenazas y riesgos.
- Un grupo técnico capaz de interpretar y manejar la información existente.
- Entidades del Estado Conocedoras y Conscientes de los problemas.

Una Comunidad que comprenda el Valor y los Beneficios de estos Programas se necesitan entonces dos elementos principales: Una base técnica completa y confiable sobre las amenazas y riesgos y un Estado y comunidad conscientes de los problemas y del beneficio de unos programas de prevención.

### **d) Restricciones al desarrollo**

Según Villarreal Hinojosa (2019), Uno de los métodos más efectivos y económicos para reducir las pérdidas por deslizamientos, es la planificación de nuevos desarrollos, definiendo las áreas susceptibles a deslizamientos como áreas abiertas o verdes o de baja intensidad de uso. La mayoría de los países y ciudades tienen una legislación que permite la planificación mediante los códigos de urbanismo (o ambientales) y en algunas ciudades, se han implementado los códigos de laderas. En ocasiones, se requiere la evacuación de áreas ya utilizadas o urbanizadas, mediante la adquisición de la tierra y propiedades por parte del Estado y la relocalización de los habitantes y sus viviendas. Sin embargo, el método más efectivo es evitar el desarrollo urbano en áreas susceptibles, lo cual se puede lograr mediante una legislación específica y un plan de control.



Figura 5. Los avisos de alerta se usan como método de disuasión a la construcción.

Fuente: Métodos de manejo y estabilización por, Villarreal Hinojosa (2019)

#### e) Políticas de disuasión

La disuasión puede lograrse utilizando algunas de las siguientes técnicas:

- Programas de información pública

Es importante que la ciudadanía tenga información sobre las de amenazas deslizamiento, de tal forma que ellos mismo actúen como sistema de control, evitando el desarrollo en estas áreas.

- Manejo de escrituras o certificados de propiedad

En algunas normas regiones existen en el que obligan a las personas a qué en el momento de vender propiedades en áreas con susceptibilidad a deslizamientos o a inundaciones, especifiquen claramente en forma escrita las amenazas geológicas a que están expuestos los potenciales propietarios.

- Negación de los servicios públicos

Los Gobiernos locales pueden prohibir la construcción de servicios públicos, tales como acueducto, alcantarillado, energía eléctrica, vías, etc., en áreas muy susceptibles a deslizamientos. etc.

- Avisos públicos

El Estado puede colocar vallas o avisos que alerten a la población sobre las amenazas por deslizamientos, en una determinada área.

- Adquisición de propiedades por parte del Estado

Las agencias del Estado pueden Comprar las propiedades o áreas amenazadas para su utilización como espacios abiertos o para la construcción de obras de estabilización.

- Negación de créditos

Las entidades financieras pueden establecer políticas para negar los créditos para el desarrollo de las áreas amenazadas.

- Costos de los seguros

Las entidades financieras podrían colocar precios muy altos a los seguros para desanimar la inversión en áreas de riesgo.

- Impuestos

El Estado puede establecer impuestos tan altos que impidan el desarrollo en las áreas amenazadas. (pág. 8)

#### **f) Regulaciones al uso de la tierra**

La regulación al uso de la tierra generalmente es manejada por el Estado, el cual puede delimitar los usos específicos u operaciones que puedan causar fallas en los taludes, tales como la construcción de carreteras, urbanizaciones o edificios, sistemas de irrigación, tanques de acumulación de agua, disposición de desechos, etc.

En Colombia el Código de Recursos Naturales permite a las autoridades ambientales establecer Distritos de Manejo Integrado para la prevención de amenazas naturales y las ciudades tienen Planes de Ordenamiento Territorial (POTs) para regular los nuevos desarrollos. Sin embargo, los intereses particulares dificultan el uso eficiente de esta herramienta jurídica para lo cual se requiere mayor conciencia ciudadana sobre las amenazas riesgos y que éstos sean tenidos en cuenta en la elaboración de las regulaciones de uso de la tierra. (pág. 8)

#### **g) Códigos de laderas**

La prevención de los deslizamientos en zonas urbanas requiere la aplicación de códigos específicos para el manejo de laderas y taludes, de acuerdo con las características geológicas y geotécnicas de cada área en particular. capítulo 12,

se presentan algunos ejemplos de códigos de laderas y la forma de elaborarlos. (pág. 8)

#### **h) Medidas de Aviso y Alarma**

Las áreas susceptibles a deslizamientos pueden instrumentarse para prevenir o alertar acerca de la inminencia de un fenómeno y se pueden establecer programas de información a la comunidad sobre la eventualidad de un determinado deslizamiento. Los sistemas de observación de campo utilizan inclinómetros, piezómetros, extensómetros, Las recientes cercas eléctricas y disyuntores. innovaciones (Schuster y Kockelman, 1996), incluyen instrumentos acústicos, televisión, radar, rayos láser y medidores de vibración, los cuales pueden ser medidos y manejados a control remoto, desde una estación central receptora. En ciudades como Hong Kong existen sistemas de instrumentación de lluvias y niveles freáticos manejados por un computador central que permite dar aviso de la posibilidad de ocurrencia de grandes deslizamientos. Durante las tormentas, la Oficina de Control Geotécnico de Hong Kong opera con un sistema de emergencia que proporciona aviso y toma las medidas de control (Geotechnical Control Office, 1985). Los sistemas de monitoreo y alarma son instalados con el objetivo principal de proteger vidas y propiedades y no de prevenir deslizamientos. Sin embargo, estos Sistemas, en ocasiones, permiten un tiempo suficiente (después del aviso) para adoptar medidas físicas de control que reduzcan la probabilidad o la magnitud de la amenaza. (pág. 9)

#### **i) Zonificación de áreas**

La zonificación de las áreas, permite la planificación de la ciudad y al mismo tiempo, la reducción de los riesgos. La zonificación es una herramienta que designa el uso que debe tener la tierra. Las áreas susceptibles a deslizamientos se deben utilizar para parques, zonas verdes y recreación pasiva, bosques o actividades agrícolas. Las regulaciones deben prohibir su uso para actividades vulnerables como vivienda, almacenamiento de agua, instituciones educativas, etc. igualmente, se debe prohibir la saturación del terreno. Del mismo modo, se debe prohibir la eliminación de la vegetación, irrigación y otras

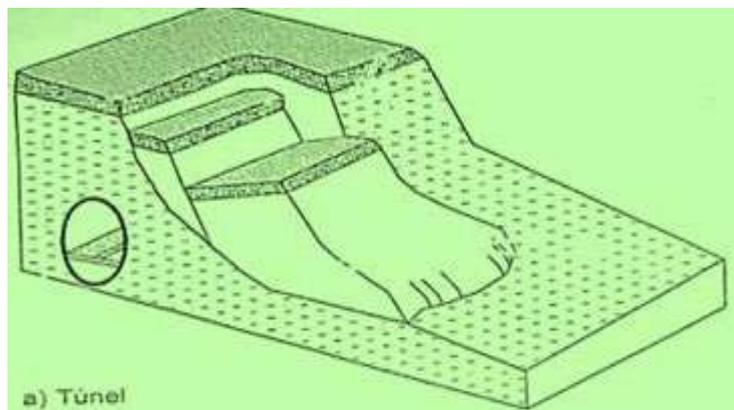
acciones que aumenten los niveles las excavaciones y rellenos que pudieran activar deslizamientos. La zonificación debe realizarse con base en los mapas de susceptibilidad o amenaza por deslizamiento, lo cual permite determinar las áreas con limitaciones. (pág. 9)

#### **j) Elaboración de mapas de amenaza**

Una técnica muy utilizada es la elaboración y aplicación de mapas de amenaza. Estos indican las Zonas vulnerables, las cuales son posteriormente reguladas o zonificadas. Los mapas deben ser precisos para evitar que zonas de alta amenaza Un real sean mapeados como de amenaza baja. Un ejemplo de ese error fue el mapa del County de San Mateo en California, donde el mapa se realizó con base en fotografías aéreas y no permitió base predecir los cientos de flujos de residuos que ocurrieron posteriormente a la aplicación del mapa. (pág. 9)

#### **k) Regulaciones en el manejo de aguas**

En las laderas susceptibles a deslizamientos se deben prohibir las actividades que puedan generar infiltración de agua, como piscinas, pozos sépticos o zonas de infiltración, paso de redes de acueducto y alcantarillado, etc. (pág. 9)



*Figura 6. Elusión de un deslizamiento utilizando un túnel*

Fuente: Taludes (Schuster y Kockelman, 1996)

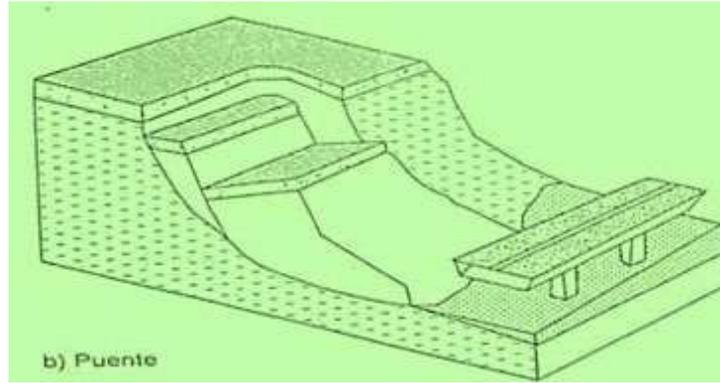


Figura 7. Elusión de un deslizamiento utilizando un túnel o un puente

Fuente: Taludes (Schuster y Kockelman, 1996)

Tabla 4: Métodos de elusión de amenazas de deslizamiento

Método	Aplicaciones	Limitaciones
Variantes o relocalización del proyecto	Se recomienda cuando exista el riesgo de activar grandes deslizamientos difíciles de estabilizar o cuando hay deslizamientos antiguos de gran magnitud. Puede ser el mejor de los métodos si es económico hacerlo	Puede resultar costoso y el nuevo sitio o alineamiento puede estar amenazado por deslizamientos
Remoción total de los deslizamientos	Es atractivo cuando se trata de volúmenes pequeños de excavación	La remoción de los deslizamientos puede producir nuevos movimientos
Remoción parcial de materiales inestables	Se acostumbra a remover los suelos superficiales inestables cuando sus espesores son muy grandes	Cuando el nivel freático se encuentra subsuperficial, se dificulta el proceso de excavación
Modificación del nivel del proyecto o subrasante de una vía	La disminución de la altura de los cortes en un alineamiento de gran longitud pueda resolver la viabilidad técnica en un proyecto	Generalmente al disminuir la altura de los cortes, se desmejoran las características del proyecto
Puentes o viaductos sobre los movimientos	Muy útil en terrenos de pendientes muy altas	Se requiere cimentar los puentes sobre suelo estable y las pilas deben ser capaces de resistir las fuerzas laterales

Fuente: Taludes (Schuster y Kockelman, 1996)

### 2.2.2. Elusión de la amenaza

Según Villarreal Hinojosa (2019), eludir la amenaza consiste en evitar que los elementos en riesgo sean expuestos a la amenaza por deslizamiento. Esto equivale a una disminución de la vulnerabilidad. La amenaza como tal continúa, pero la elusión impide que estas amenazas generen riesgos específicos. La presencia de deslizamientos de gran magnitud, difíciles de estabilizar, es un argumento de gran peso para sustentar un proceso de elusión.

Debe tenerse en cuenta que en ocasiones estos deslizamientos son movimientos antiguos, los cuales han estado disfrazados por procesos nuevos de antiguos, de meteorización, erosión o por vegetación actividades humanas. La no detección de grandes deslizamientos (en la fase de planeación) puede acarrear costos muy altos en el momento de la construcción. En el caso de taludes o coluviones producto de antiguos movimientos, cualquier corte o cambio de las condiciones de precaria estabilidad puede generar nuevos movimientos; y en este caso, la elusión puede eliminar el riesgo en forma definitiva. En algunos casos no sería buena práctica de ingeniería el tratar de eludir los problemas antes de intentar resolverlos. Previamente a la aplicación de un método de elusión, debe estudiarse la posibilidad de aplicación de sistemas de estabilización en los aspectos técnicos y económicos y la viabilidad de eludirlos. (pág. 10)

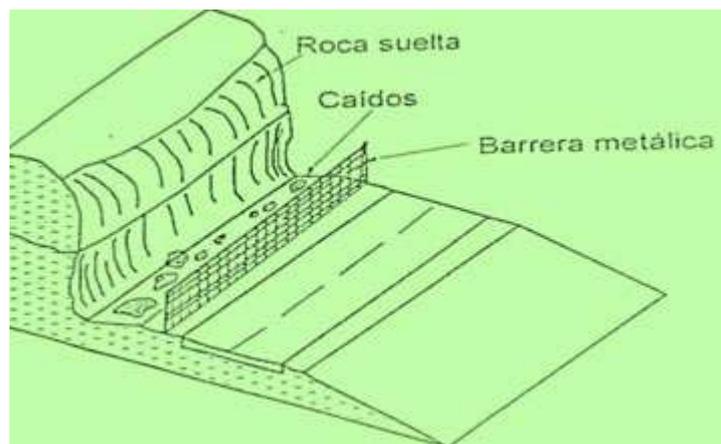


Figura 8. Cercas metálicas para controlar el paso de caídos de roca hacia una vía  
Fuente: Taludes (Schuster y Kockelman, 1996)

**a) Relocalización de la facilidad u obra**

En ocasiones, es posible evitar el deslizamiento potencial o activo, cambiando la localización de la facilidad y construyendo la obra en otro sitio donde la amenaza o el riesgo sean menor. La gran ventaja del método de manejo de riesgo es la confiabilidad hacia el futuro cuando no existe ningún otro método que resuelva totalmente el problema. La principal dificultad es el costo de esta alternativa; igualmente, cuando las obras ya se encuentran contratadas, existen dificultades legales para relocalizar la obra. En obras de infraestructura petrolera como oleoductos o locaciones para torres de conducción eléctrica, la relocalización de la facilidad por lo general alternativa viable. (pág. 11)

**b) Construcción de variantes**

Al reconocer y cuantificar un deslizamiento, puede resultar más ventajoso para un proyecto lineal (carretera, ferrocarril u oleoducto) modificar su alineamiento para evitar la zona problema. Para aplicar este método correctamente, se requiere un conocimiento geológico y geotécnico muy completo de la zona, que permita concluir que no es técnica o económicamente viable la utilización de un sistema de estabilización y que es recomendable la elusión del problema, modificando el proyecto y construyendo una variante. (pág. 11)

Algunas veces, la variante puede construirse arriba de la masa deslizada, pero también ocurre que sea viable y conveniente bajar el alineamiento de la obra lineal a un área de mejor estabilidad por debajo de la masa deslizada. Construirse Es muy importante asegurarse que la variante no esté expuesta a los mismos niveles de amenaza que el proyecto original. En ocasiones, por razones de costos o por falta de estudios detallados, se construyen variantes expuestas a amenazas similares o superiores a las de los proyectos originales.

**c) Remoción de los materiales inestables**

Cuando no es posible la construcción de una variante o la estabilización del movimiento, se puede considerar la remoción total o parcial de los materiales

de los deslizamientos o las masas con riesgo de activación. La remoción de materiales inestables va desde el descapote o remoción de los primeros metros de suelo, hasta la eliminación de todo el material inestable. (pág. 11)

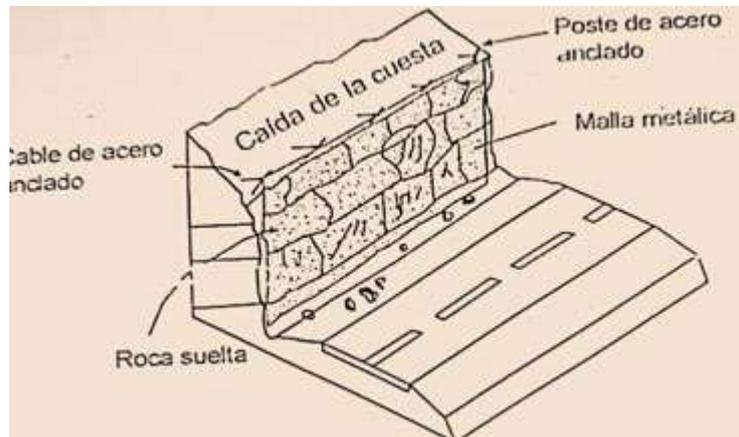


Figura 9. Malla galvanizada pernada para controlar los caídos de roca.

Fuente: Taludes (Schuster y Kockelman, 1996)

En los terraplenes a media ladera, se acostumbra a remover la totalidad de la capa subsuperficial de materiales inestables, previamente a la colocación del terraplén. En los taludes en roca, es muy común la remoción de los bloques inestables de material. Esto puede incluir la remoción de la roca acumulada sobre las gradas, la conformación de la superficie y la remoción de los salientes, utilizando explosivos. La remoción de roca puede ser muy peligrosa para los operarios que hacen el trabajo, así como para las personas en áreas cercanas, vehículos, etc. (pág. 12)

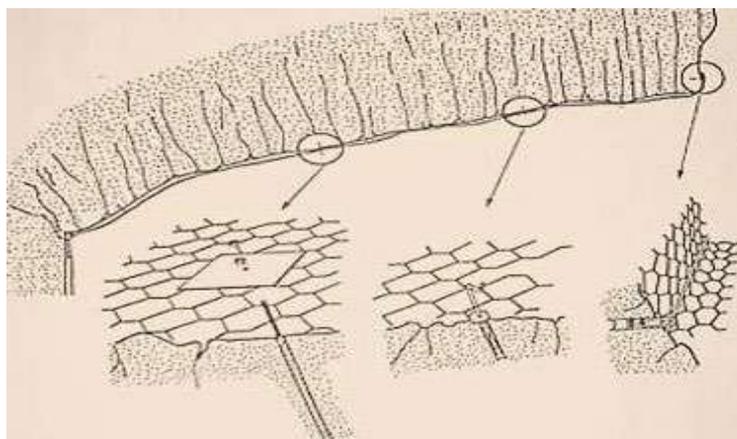


Figura 10. Malla galvanizada modificada de gaviones Maccaferri

Fuente: Taludes (Schuster y Kockelman, 1996)

Generalmente, se requiere suspender el tráfico en las vías a fin de remover los bloques de roca y construir estructuras de protección para las obras existentes en áreas cercanas. Generalmente, hay limitaciones prácticas al emplear este método, por los volúmenes de tierra que se requiere manejar y la falta de espacio para colocar los materiales excavados, teniendo en cuenta sus efectos ambientales. En muchos casos, la presencia de viviendas u otras estructuras arriba del deslizamiento y los límites de propiedad o derecho de vía, impiden o dificultan la utilización de este método de remediación.

**d) Construcción de viaductos o túneles**

Una alternativa (utilizada con alguna frecuencia) es construir puentes o estructuras para pasar por encima de los deslizamientos (Holtz y Schuster 1996). Los puentes y los túneles pueden ser una solución muy atractiva en los terrenos montañosos de alta pendiente donde las excavaciones generarían taludes demasiado altos. Estos puentes por lo general se deben apoyar en pilas profundas sobre roca o suelo competente por debajo de los materiales inestables. Se deben realizar estudios muy completos para estar seguros de que la profundidad y el sistema de cimentación, son suficientes para garantizar la estabilidad del puente. Las pilas se deben diseñar para resistir las cargas laterales, las cuales son complejas de predecir. La principal desventaja de esta alternativa son los costos elevados de los puentes o túneles. Con frecuencia, estas soluciones deben tenerse en cuenta como última opción, cuando no existan otras soluciones confiables y económicas. (pág. 12)

Tabla 5: Construcción de viaductos

Método	Ventajas	Desventajas
Bermas	Generalmente son económicas y fáciles de construir	Se requiere un espacio grande en la mitad de talud
Trincheras	Sirven al mismo tiempo para el control de las aguas lluvias	Los cantos pasan por encima fácilmente
Mallas para retención de bloques	Controlan los bloques que pueden generar riesgo	No resisten el impacto de grandes bloques
Mallas ancladas	Tratan de impedir la caída de bloques	Con frecuencia no son lo suficientemente fuertes para impedir los caídos
Muros alcancía	Los muros alcancía retienen masas en movimiento	Se puede necesitar estructuras algo costosas
Cubiertas de protección	Son uno de los métodos más efectivos para disminuir el riesgo en las carreteras	Son muy costosas

Fuente: Taludes (Schuster y Kockelman, 1996)

**e) Modificación del nivel vertical o corta del proyecto**

En la etapa de diseño, la modificación del nivel de Cota la subrasante de un proyecto Vial podría generar las profundidades muchos menores de cortes, las cuales le darían una mayor estabilidad a los taludes. En estos casos, el ingeniero geotecnista debe trabajar juntamente con el ingeniero del trazado vial para lograr un equilibrio entre la estabilidad y las características del proyecto. (pág. 13)

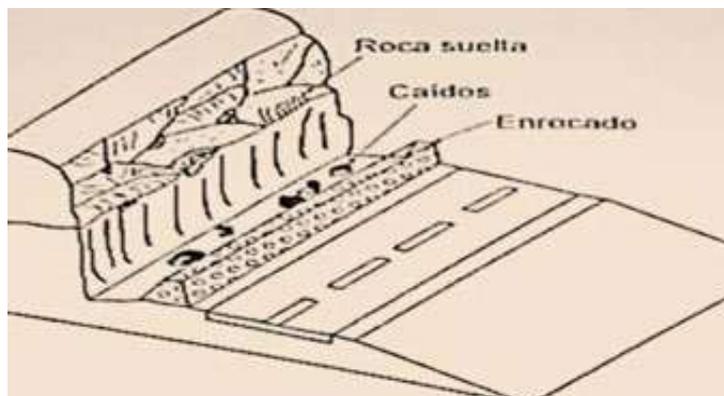


Figura 11. Muros alcancía, para el control de caída de bloques a una carretera

Fuente: Taludes (Schuster y Kockelman, 1996)

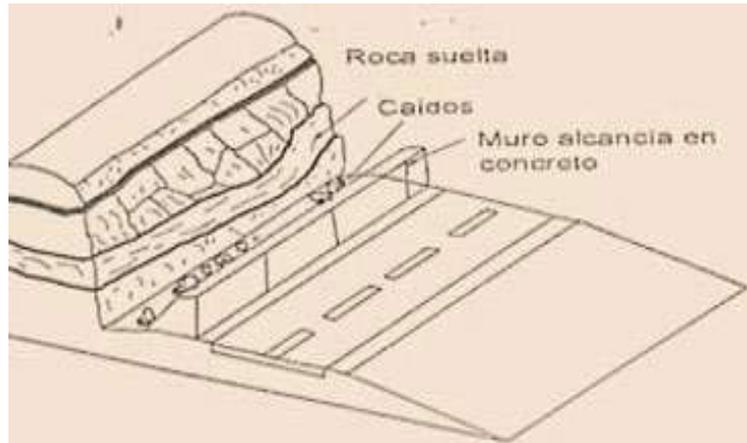


Figura 12. Enrocado para el control de caída de bloques a una carretera

Fuente: Taludes (Schuster y Kockelman, 1996)

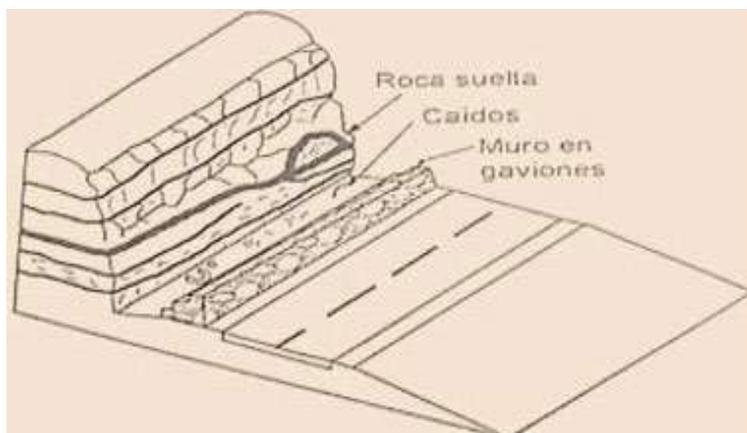


Figura 13. Gaviones o concreto para el control de caída de bloques a una carretera

Fuente: Taludes (Schuster y Kockelman, 1996)

Con mucha frecuencia, es más efectivo y económico, modificar las características del diseño que construir obras de estabilización de deslizamientos. La modificación puede incluir el cambio del Laproyecto en planta, como el cambio del radio, de la localización de una curva o la separación del proyecto del talud. Por ejemplo, en la localización de pozos para la exploración de petróleo (cuando aparecen superficialmente depósitos de materiales coluviales en movimiento), se acostumbra a profundizar la locación para que el contrapozo esté cimentado sobre material sin amenaza de deslizamiento. En las carreteras, se acostumbra a mover el alineamiento hacia el talud superior para que la totalidad de la vía se localice sobre el suelo duro competente. Esto disminuye la altura de los cortes y la magnitud de la amenaza; pero también, puede conducir a modificaciones de las velocidades de diseño y las

características de la vía. Se requiere lograr un equilibrio entre la magnitud de la amenaza aceptable y le Comodidad del proyecto. (pág. 13)

### 2.2.3. Control de la amenaza

El objetivo es controlar la amenaza activa antes de que se produzca el riesgo para personas o propiedades. Generalmente, Consiste en estructuras que retienen la masa en movimiento. Este tipo de obras se construye abajo del deslizamiento para detenerlo después de que se hainiciado. Los métodos de control o protección están dirigidos a la construcción de estructuras para evitar que la amenaza genere riesgos. estructuras de control se utilizan, especialmente, Estas para mitigar los riesgos en los caídos de roca, como se explica en el capítulo 10. El diseño de las estructuras para el control de los caídos de bloques de roca requiere el análisis de la dinámica de rocas para determinar las fuerzas de impacto y la distancia a la cual deben colocarse los muros alcancía o las mallas de retención. Se presentan las diversas tecnologías disponibles para el control de los caídos de roca, así como los métodos de diseño y construcción. (pág. 13)



*Figura 14.* Túnel falso para disminuir el riesgo

Fuente: Universidad politecnica de valencia por, Yepes Piqueras (2018)

#### a) Estabilización

Los métodos de estabilización de taludes generalmente están dirigidos a reducir las fuerzas actuantes, a incrementar las fuerzas resistentes o una combinación de los dos efectos. Es común que existan varios factores que determinen las Tuerzas actuantes y resistentes y se requieran Varios métodos

de estabilización para lograr un efecto combinado. Las fuerzas actuantes pueden reducirse de varias formas: (pág. 14)

- Excavando el material de un sector apropiado del talud.
- Construyendo sistemas de drenaje para reducir las presiones hidrostáticas.
- Las fuerzas resistentes pueden incrementarse de varias formas
- Drenaje para incrementar la resistencia de los materiales.
- Eliminación de estratos débiles o zonas potenciales de falla.
- Estructuras de contención.
- Refuerzo del suelo.
- Tratamiento químico.

#### b) Procedimiento de estabilización

La estabilización de un talud comprende las siguientes etapas:

- Determinación del sistema o combinación de sistemas de estabilización más apropiados, teniendo en cuenta todas las circunstancias del talud estudiado.
- Diseño en detalle, el sistema que se va a emplear, incluyendo planos y especificaciones.
- Construcción de las obras de estabilización.
- instrumentación y control del comportamiento durante y después de la estabilización. (pág. 14)

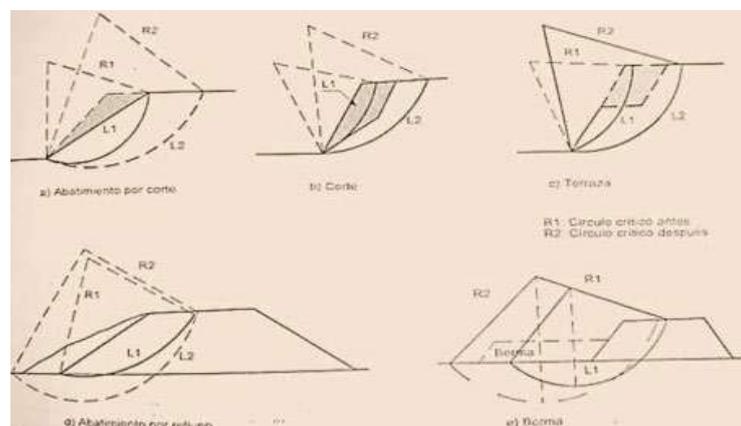


Figura 15. Sistemas de conformación del talud sobre la localización del círculo crítico

Fuente: Taludes (Schuster y Kockelman, 1996)

Tabla 6: Métodos de conformación topográfica del talud.

Método	Ventajas	Desventajas
Remociones de materiales de la cabeza de talud	Muy efectivo en la estabilización de los deslizamientos rotacionales.	En movimientos muy grandes las masas que se van a remover tendrían una gran magnitud
Abatimiento de la pendiente	Efectivo especialmente en los suelos friccionantes.	No es viable económicamente, en los taludes de gran altura
Terraceo de la pendiente	Además de darle estabilidad al deslizamiento, permite construir obras para controlar la erosión.	Cada terraza debe ser estable independientemente
Colocación de bermas o contrapesos	Contrarrestan el momento de las fuerzas actuantes y además actúan como estructura de contención.	Se requiere una cimentación con suficiente capacidad de soporte

Fuente: Deslizamientos (Holtz y Schuster 1996)

Debe tenerse en cuenta que en los taludes nunca existen diseños detallados inmodificables y que las observaciones que se hacen durante el proceso de construcción tienden generalmente a introducir modificaciones al diseño inicial y esto debe preverse en las cláusulas contractuales de construcción. (pág. 16)

### c) Conformación de la superficie

Una de las técnicas más utilizadas para la estabilización de taludes es la conformación o diseño de la morfología del talud. Al modificar la forma de la superficie del talud, se puede lograr un equilibrio de masas, que reduzca las fuerzas que producen el movimiento y que aumente la longitud del círculo crítico de falla. Las pendientes de los taludes resultantes de la conformación deben ser estables. Diversas alternativas para la conformación del terreno. Contrapesos o Contrafuertes ("Buttressing") Los contrapesos son una técnica utilizada para contrarrestar las fuerzas actuantes en un talud y consiste en la colocación de un peso de gran magnitud en la parte baja del talud o del deslizamiento. Al colocarle carga adicional a la base de un

deslizamiento de rotación, se generan fuerzas de fricción y un momento resistente en dirección contraria al movimiento, lo cual produce un aumento en el factor de seguridad. (pág. 16)

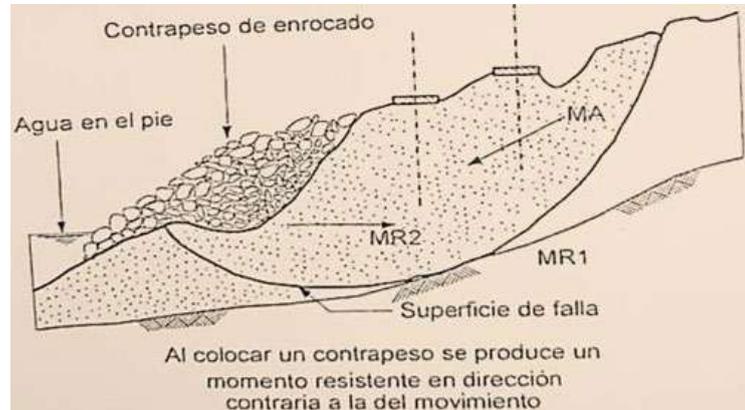


Figura 16. Contrapeso para la estabilización de un deslizamiento activo

Fuente: Deslizamientos (Holtz y Schuster 1996)

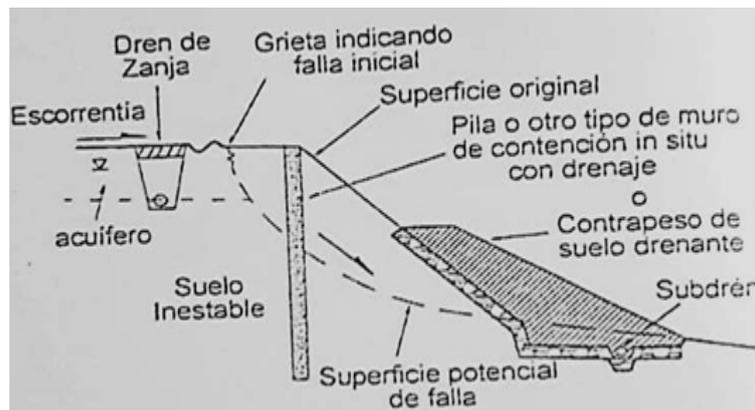


Figura 17. Esquema de un relleno de contrapeso además de una estructura de pilas.

Fuente: Deslizamientos (Holtz y Schuster 1996)

Tabla 7: Pendientes típicas de taludes estables para varios tipos de material.

Materiales	Relación del talud (horizontal: vertical)
La mayoría de las rocas	$\frac{1}{4}:1$ a $\frac{1}{2}:1$
Suelos muy bien cementados	$\frac{1}{4}:1$ a $\frac{1}{2}:1$
Mayoría de los suelos in situ	$\frac{3}{4}:1$ a $1:1$
Roca muy fracturada	$1:1$ a $1\frac{1}{2}:1$
Suelos granulares, gruesos, sueltos	$1\frac{1}{2}:1$
Arcilla plástica	$2:1$ a $3:1$
Mayoría de rellenos	$1\frac{1}{2}:1$ a $2:1$
Rellenos de enrocado	$1\frac{1}{3}:1$

Fuente: Deslizamientos (Holtz y Schuster 1996)

El efecto del sistema de contrapeso es hacer que el círculo crítico en la parte inferior del talud, se haga más largo. Se requiere determinar el peso necesario para lograr un factor de seguridad determinado. La cimentación adecuada de estos contrapesos debe ser requisito para que el Sistema sea exitoso. Para la construcción de los contrapesos se pueden utilizar varios tipos de materiales, entre los cuales, se encuentran el enrocado, las estructuras de suelo reforzado (muros MSE) o los rellenos de materiales comunes. igualmente, los contrapesos pueden complementarse con otros sistemas de estabilización como las estructuras de contención y los sistemas de subdrenaje. (pág. 16)

#### d) Bermas Bajas o Contrabermas

El sistema de contrapesos es muy útil para la estabilización de taludes de terraplenes sobre zonas de suelos blandos, donde las fallas ocurren generalmente por falta de resistencia en el En este manto de cimentación del terraplén. caso, se construye una berma, la cual consiste en un terraplén de menor altura ubicado junto al terraplén principal, que sirve de contrapeso al aumentar la longitud de la superficie de falla. (pág. 17)

Las bermas o contrabermas son usadas para colocar una carga al pie de un terraplén sobre el suelo blando y de esta forma, aumentar la resistencia abajo del pie. La berma se coloca en el área que, de acuerdo con el análisis de estabilidad, se puede levantar al producirse un deslizamiento. La contraberma se debe diseñar de forma que sea efectiva para garantizar la estabilidad del terraplén principal y al mismo tiempo, que sea estable por sí misma. El efecto de la contraberma es el de crear un contrapeso que aumente la longitud y la profundidad del círculo crítico de falla. Se recomienda prestar atención especial al cálculo de la capacidad de soporte o estabilidad del talud profundo del suelo sobre el cual se plantea la colocación de la contraberma. Si no se hace un estudio de estabilidad, hay peligro de que la carga adicional impuesta por la contraberma pueda generar una falla profunda. (pág. 17)



Figura 18. Alternativa de contrapeso en el relleno.

Fuente: Deslizamientos (Holtz y Schuster 1996)

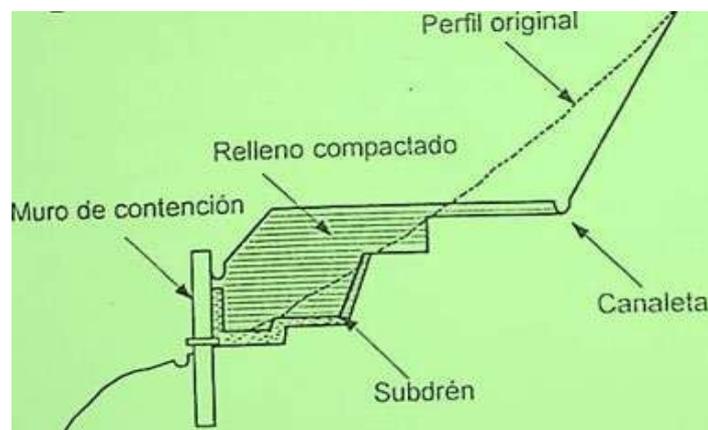


Figura 19. Alternativa de contrapeso muro de contención

Fuente: Deslizamientos (Holtz y Schuster 1996)

### 2.2.3.1. Muros de suelo reforzado (MSE)

Los terraplenes del suelo mecánicamente estabilizado, (MSE) incluyen capas de suelo Compactado con geosintéticos o mallas de refuerzo que forman una masa de gravedad la cual actúa como estructura de contención o contrapeso para estabilización del deslizamiento. (pág. 17)

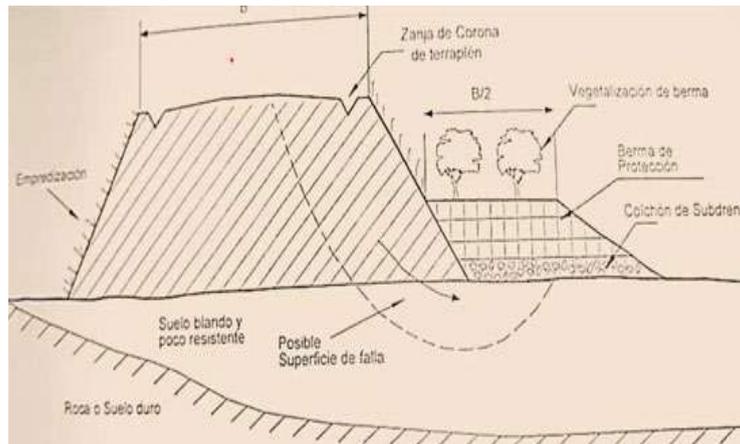


Figura 20. Esquema de una berma lateral a un terraplén para evitar la falla del pie.

Fuente: Deslizamientos (Holtz y Schuster 1996)

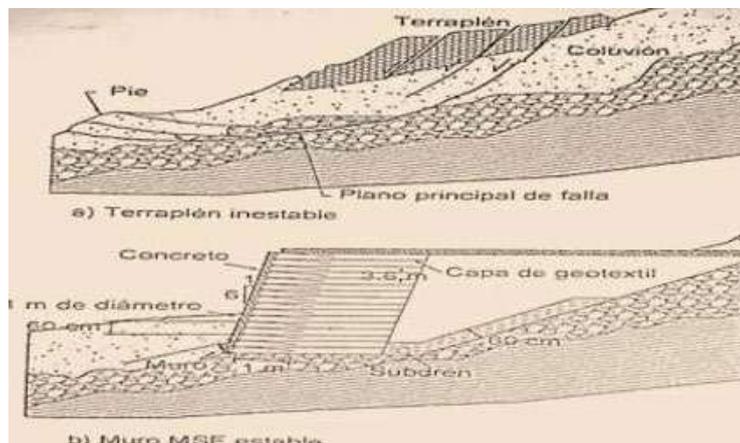


Figura 21. Esquema de estabilización utilizando muro MSE.

Fuente: Deslizamientos (Holtz y Schuster 1996)

La fachada del muro MSE puede ser vertical o inclinada y puede estar recubierta por vegetación o concreto lanzado. Los taludes MSE deben ser diseñados para la estabilidad interna y externa. La estabilidad interna requiere que la estructura de refuerzo sea coherente y autoportante bajo la acción de su propio peso y de las fuerzas externas aplicadas. espaciarse de forma que no fallen a tensión o no puedan ser extraídos de la masa de suelo. Los refuerzos deben diseñarse y Para la estabilidad

externa de los taludes, los muros MSE deben satisfacer los mismos criterios de un muro tradicional, o sea que no sufran inestabilidad por el deslizamiento o volteo o inestabilidad global por incapacidad de soporte o la inestabilidad del talud. Para el diseño de los taludes MSE se recomienda utilizar los criterios los de la AASHTO. Los muros MSE deben incluir un sistema de drenaje eficiente para el control aguas subterráneas e infiltradas y deben estar de las cimentadas sobre fundaciones estables. (pág. 18)

**a) Llaves de cortante**

Una llave de cortante es una Zanja rellena de materiales de alta resistencia, la cual se construye atravesando la superficie de falla en todo el ancho de un deslizamiento. La estabilización se obtiene al utilizar la resistencia más alta del relleno en comparación con el suelo natural y los beneficios adicionales del drenaje. En ocasiones, las llaves de Cortante se utilizan en combinación con contrapesos que aumentan los esfuerzos efectivos en el pie del deslizamiento. Las llaves de cortante son usadas para una resistencia adicional al proporcionar deslizamiento horizontal de la base de terraplenes (bermas) o para profundizar la superficie potencia de la falla de deslizamientos, principal propósito de la llave de cortante es forzar al círculo crítico a profundizarse a una formación más resistente. Este método es muy efectivo cuando aparecen mantos de suelos duros a poca profundidad. La llave de cortante debe contener un sistema de drenaje por gravedad. Comúnmente, se coloca una tubería de drenaje en la parte inferior de la llave de cortante y una conducción que permita el drenaje por gravedad y en algunos casos, se requiere construir subdrenes de penetración para facilitar el drenaje del agua recolectada por el material granular. Las llaves de cortante son más eficientes cuando las superficies de falla son relativamente profundas (de 3 a 10 metros bajo el nivel del terreno) y son poco eficientes para fallas poco profundas (menos de 3 metros) (pág. 18)

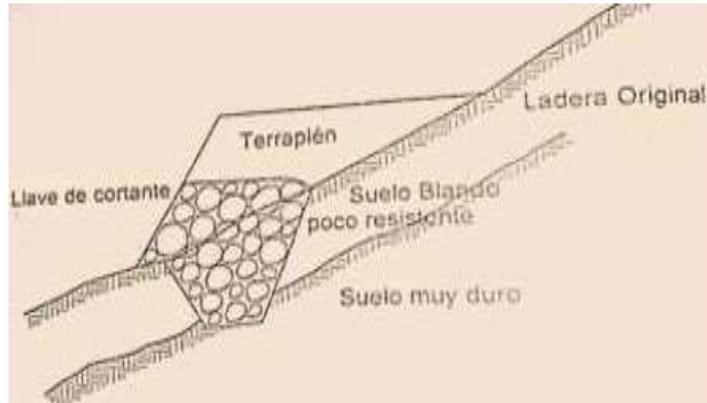


Figura 22. Llaves de cortante para terraplenes

Fuente: Deslizamientos (Holtz y Schuster 1996)

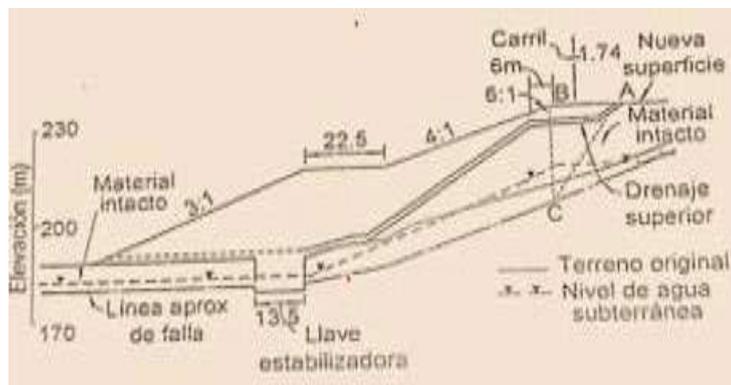


Figura 23. Efecto estabilización de una llave cortante

Fuente: Deslizamientos (Holtz y Schuster 1996)

Las llaves de cortante son especialmente apropiadas para los deslizamientos de arcilla. Los enrocados que poseen ángulos de fricción  $\phi=42^\circ$ , generan resistencias muy Significativas comparadas con la resistencia de la arcilla. Es muy común, la utilización de llaves de cortante en los deslizamientos de traslación como es el caso de los coluviones arcillosos que se deslizan sobre los suelos residuales duros. El material preferido para las llaves de cortante es el enrocado angular de roca dura. Se recomienda colocar sobre el enrocado, un geotextil para prevenir el movimiento de los suelos finos o erosión interna. El ancho de la base de la llave de cortante varía generalmente de 5 a 10 metros y se emplean taludes temporales 1H:1V. El diseño de la llave de cortante se realiza Comúnmente, mediante el análisis de equilibrio límite suponiendo que la llave es un material adicional con sus respectivas propiedades de resistencia. Cuando la base de la llave de cortante se debe excavar en roca, es posible que

sólo se pueda excavar 30 a 50 cms dentro de la roca. Existen algunas fórmulas para calcular el área de la sección de la llave de cortante con el objeto de determinar los volúmenes, los cuales aumentan ampliamente según la profundidad de la llave de cortante. Estas fórmulas se presentan en las ilustraciones. En el diseño es importante determinar los valores de D y L que generen el factor de seguridad deseado. (pág. 19)

#### **b) Tipos de llave de cortante**

Las llaves de cortante pueden diseñarse de la siguiente forma:

- Pedraplén o material granular por debajo de la superficie de falla y sobre esta llave, se coloca un contrapeso que puede ser de material granular o de material común. Este tipo de llave es muy eficiente, debido a que el contrapeso colabora ampliamente en el aumento de la resistencia al cortante en la llave.
- Pedraplén o material granular por debajo de la superficie de falla y reconformación con material común; en este caso, se debe garantizar que el espesor del material granular sea lo suficientemente grande para evitar que se pueda formar una superficie de falla por encima de la llave de cortante. Una práctica común es dejar solamente 50 centímetros (a un metro del suelo) sobre el relleno granular.
- Llave de cortante en Concreto. La técnica consiste en excavar por debajo de la superficie de falla y construir un muro interno en concreto ciclópeo. Adicionalmente, se requiere un sistema de subdrenaje por detrás del muro ciclópeo. Esta metodología se utiliza cuando un deslizamiento de arcilla se mueve sobre un estrato de roca y el muro puede ser anclado dentro de la roca. (pág. 19)

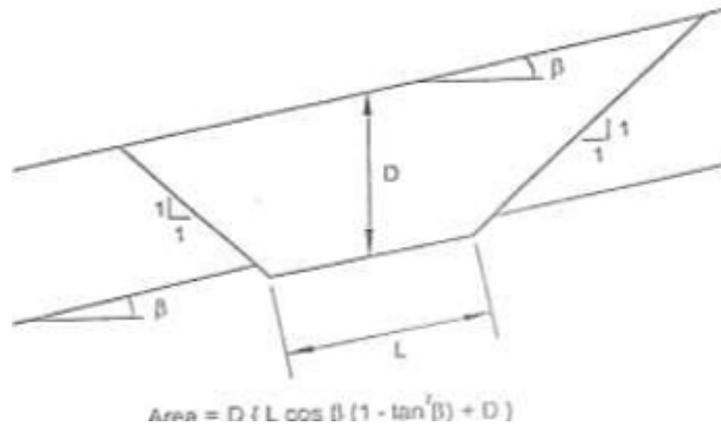


Figura 24. Proceso para deducir el área de una llave cortante para el fondo.

Fuente: Deslizamientos (Holtz y Schuster 1996)

### c) Recomendaciones para la construcción de llaves de cortante

Para la construcción de la llave se realiza una excavación en zanja por debajo del nivel del terraplén y ésta se rellena con roca o materiales compactos muy competentes. En su construcción un debe tenerse cuidado de no producir un no producir deslizamiento con la excavación. La excavación debe realizarse en tramos cortos Es recomendable y con medidas de entibado. la construcción de las llaves de cortante en temporadas secas o en su defecto, abatir los niveles freáticos previamente a la excavación. recomienda el siguiente procedimiento para la construcción de los laves de cortante: (pág. 20)

- Construir vías de acceso a la obra, por ambos lados de la zanjadiseñada.
- Si se especifica, colocar los pozos de bombeo de agua para bajarlos niveles freáticos.
- Remoción de árboles y descapote del suelo orgánico.
- Cortar una excavación de no mayor de 10 metros de longitud y a la profundidad del diseño con taludes temporales 1H:1V, en ambos lados de la excavación.
- Colocar un geotextil de filtro en todo el perímetro de la excavaciónparcia de acuerdo con el diseño.
- Colocar la tubería de drenaje en la parte inferior de la trinchera y construir el sistema de desagüe paralelamente con los cortes.

- Colocar el material granular hasta el nivel de diseño en el área excavada.
- Excavar un nuevo tramo máximo de 10 metros de longitud y proceder de igual forma, al colocar el geotextil, la tubería y el material granular.
- A medida que se coloca el material, se debe ir retirando el suelo excavado. La compactación se debe hacer en capas, máximo de 30centímetros de espesor. Debe hacerse énfasis en que la compactación es un factor muy importante para la resistencia adecuada al cortante del relleno granular en la llave. (pág. 20)

#### **d) Excavación y reemplazo**

Excavar el suelo suelto o removido y reemplazarlo por un material granular resistente, es una técnica de remediación muy sencilla. El sistema consiste en retirar el suelo a una profundidad superior a la de la superficie de falla y reemplazarlo por un material de mejor calidad, similar a una llave de Cortante. (pág. 20)

Esta técnica puede completarse con un sistema de compactación profundo como la vibro compactación y de esta forma, se densificanno solamente los materiales colocados, Sino los que se mantienen en el sitio. (pág. 21)

#### **2.2.4. Estructuras de contención**

Las estructuras de Contención de tierras tienen por objeto la colocación de fuerzas adicionales que resistan el movimiento. El objetivo es colocar fuerzas externas que aumenten las fuerzas resistentes, sin disminuir las actuantes. Las estructuras de contención pueden ser masivas, en las cuales el peso de la estructura es un factor importante o pueden consistir en estructuras ancladas, en las cuales la fuerza se transmite al suelo profundo por medio de un cable o varilla de acero. Cada tipo de estructura tiene un Sistema diferente de trabajo y se deben diseñar de acuerdo con su comportamiento particular. Se explica el comportamiento y el diseño de las estructuras de contención para estabilizar los deslizamientos. Entre los sistemas de contención para la remediación de deslizamientos, se encuentran los siguientes: (pág. 21)

**a) Estructuras de gravedad**

Son muros que trabajan como un peso o contrafuerte en la parte inferior de un movimiento. Entre los tipos de muro de gravedad se encuentran los muros en concreto simple, concreto ciclópeo, gaviones, criba, mampostería, enrocado y muros MSE. El peso es un factor determinante en este tipo de estructura. Los muros de gravedad son rígidos a flexibles de acuerdo con el tipo de material utilizado para su construcción y son muy eficientes, para estabilizar los deslizamientos poco profundos se pueden requerir estructuras de gran magnitud. (pág. 21)

**b) Muros en Voladizo**

Son estructuras en concreto armado, esbeltas, con contrafuertes o estribos, en las cuales adicionalmente al peso del concreto, se coloca un relleno de suelo sobre la cimentación del muro. Esto aumenta el peso del sistema muro-suelo existe, además, la posibilidad de colocar llaves o espolones por debajo de la cimentación para mejorar las condiciones de estabilidad de la estructura. (pág. 21)

**c) Estructuras ancladas**

Estas estructuras consisten en la perforación de inclusiones de acero dentro del suelo, las cuales comúnmente se inyectan para formar bulbos de anclaje (Anclajes postensionados) o se cementan en toda su longitud (Anclajes pasivos). Generalmente, se complementan con una pantalla o muro sobre la superficie del terreno en el cual se apoyan las anclas. (Se detallan los procedimientos de diseño). (pág. 21)

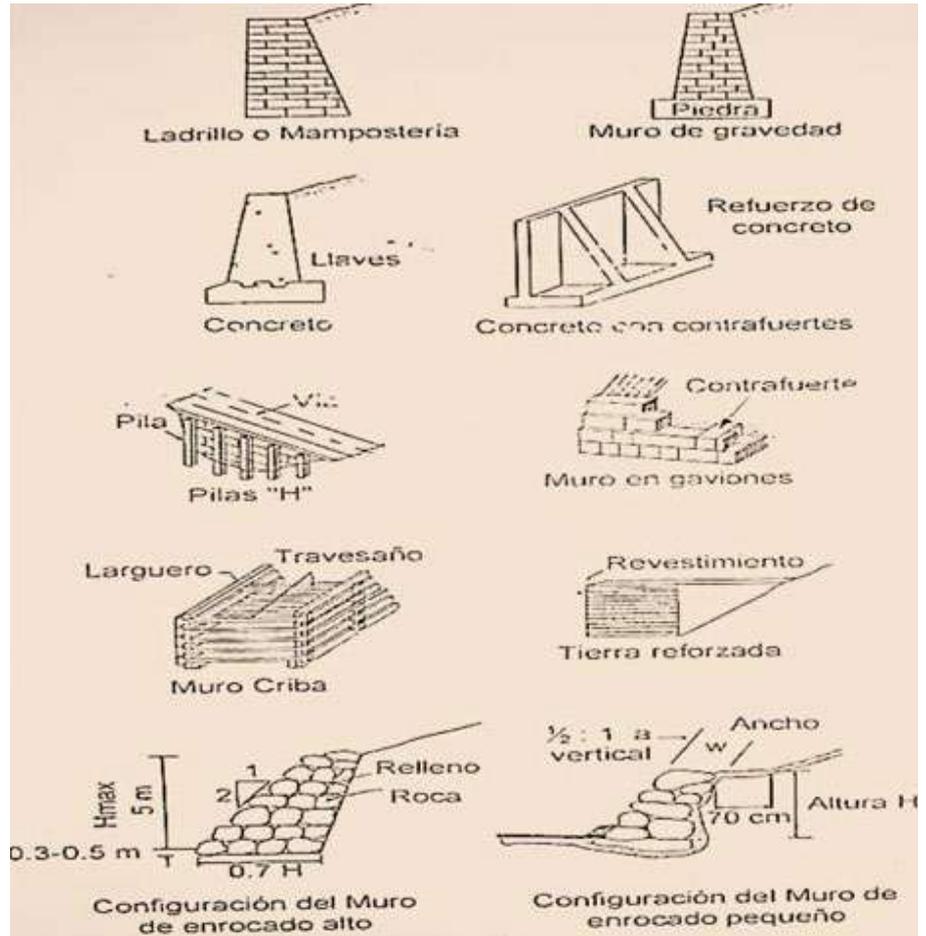


Figura 25. Estructuras de contención para la estabilización de los deslizamientos  
 Fuente: Deslizamientos (Holtz y Schuster 1996)

Tabla 8: Estructuras de contención para la estabilización de los deslizamientos

Muros MSE (tierra con <del>roca</del> )	Utilizan el suelo del sitio. El refuerzo ayuda a la estabilidad eterna.	Son muy vulnerables a los movimientos. requieren un sistema de drenaje.
Muros de concreto	Poseen una buena resistencia interna.	Se necesita una buena calidad de cimentación. Son poco efectivos en taludes de gran altura.
Pilas, pilotes o tablestacas	No requieren gran espacio. Se pueden cimentar a gran profundidad. Son efectivos en movimientos pocos profundos. Su construcciones rápida.	No son efectivos en los deslizamientos profundos o cuando aparece la roca en el suelo muy duro debajo de la superficie falla. Poco efectivo en los deslizamientos rotacionales.
Anclajes o pernos	Efectivos en la roca, especialmente, cuando es estratificada.	Se requieren equipos especiales y que son costosos, por lo general.
Pantallas ancladas o claveteadas	Útiles como estructuras de contención de masas, de tamaño pequeño a mediano. Son muy efectivas cuando hay roca para el drenaje.	Existen algunas incertidumbres sobre la efectividad cuando hay aguas subterráneas. generalmente son costosas.

Fuente: Deslizamientos (Holtz y Schuster 1996)

#### d) Estructuras ancladas

Son estructuras compuestas por tablestacas, pilas o pilotes, las cuales se profundizan por debajo de la superficie de falla. De esta forma, aumentan la resistencia al cortante sobre la superficie del deslizamiento y transmiten cargas a los materiales profundos más competentes. (Se detallan los procedimientos de diseño). La escogencia de la estructura de contención a utilizar para remediar un deslizamiento es una de las decisiones más importantes en el diseño. Después de escogido el tipo de estructura, se requiere diseñar los diversos elementos que la constituyen. (pág. 22)

Las estructuras de contención deben complementarse con sistemas de subdrenaje para disminuir las presiones sobre las paredes y para abatir los niveles de agua en el suelo detrás de los muros. Para escoger el tipo de estructura se deben tener en cuenta, entre otros, los siguientes factores: (pág. 22)

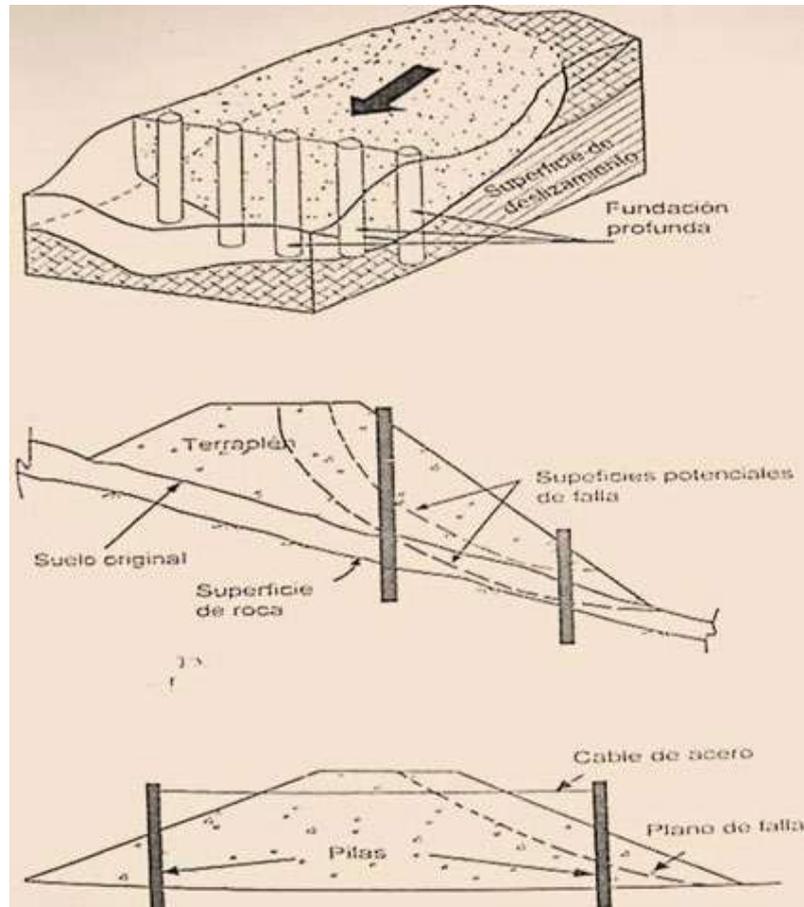


Figura 26. Esquemas de estabilización utilizando pilotes.

Fuente: Deslizamientos (Holtz y Schuster 1996)

#### e) Estructuras de anclaje o refuerzo

Las estructuras de anclaje o refuerzo incluyen Las cables o varillas que se colocan dentro del suelo para reforzarlo o para transmitir cargas a los suelos o rocas a profundidad. En este tipo de estructura están incluidos los pernos, los muros anclados, los nails y los micropilotes. Las estructuras de anclaje pueden ser postensionadas ("tiebacks") o pasivas (clavos o "nails"). De acuerdo con las características del talud y las necesidades de Comportamiento, se escoge el tipo de anclaje más eficiente para el caso específico. (pág. 23)

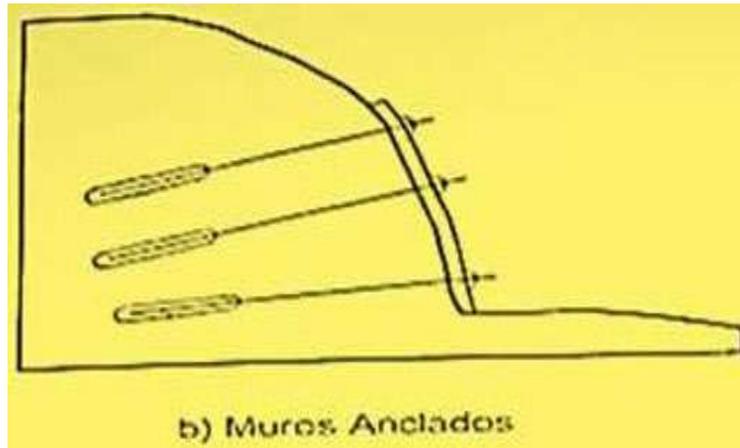


Figura 27. Esquemas de muros anclados.

Fuente: Métodos de manejo y estabilización por, Villarreal Hinojosa (2019)

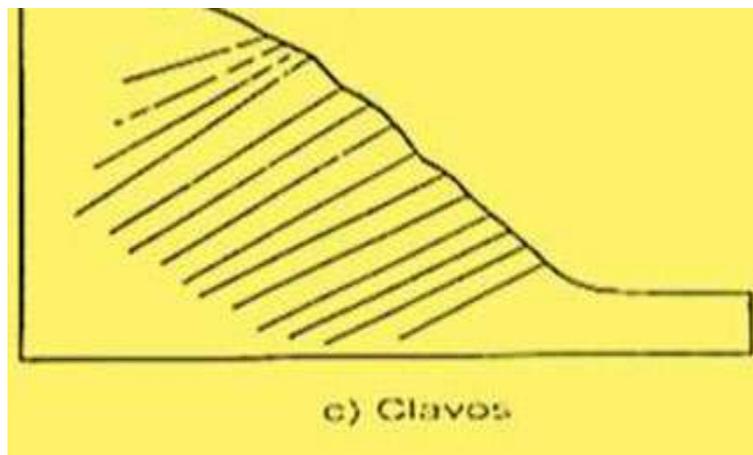


Figura 28. Esquema de clavos

Fuente: Métodos de manejo y estabilización por, Villarreal Hinojosa (2019)

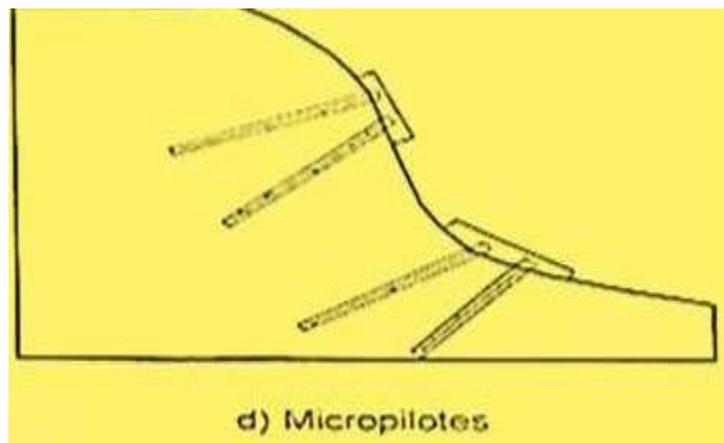


Figura 29. Esquema de micropilotes

Fuente: Métodos de manejo y estabilización por, Villarreal Hinojosa (2019)

Tabla 9: Medidas de refuerzo en taludes

Estructura	Ventajas	Desventajas
Anclajes y pernos individuales	Refuerzos que sostienen los bloques de la roca. Permiten la estabilización de los bloques individuales o puntos específicos dentro de un macizo de roca.	Pueden sufrir corrosión. Se requiere rigidez del macizo rocoso
Muros anclados	Estructuras de concreto ancladas al talud se puede construir en forma progresiva de arriba hacia abajo, a medida que se avanza con el proceso de excavación. Permiten excavar junto	Los elementos de refuerzo pueden sufrir corrosión en ambientes ácidos. Se puede necesitar un mantenimiento Permanente (tensionamiento). Con frecuencia, se roban las tuercas y los elementos de anclaje. Para su construcción, se puede requerir el permiso del vecino. Su construcción muy costosa
Clavos (nails)	Inclusiones o refuerzos cementados en toda su longitud. Muy eficientes como elemento de refuerzo en los materiales fracturados o sueltos	Generalmente hay que emplear una gran cantidad de nails para estabilizar un talud específico, lo cual los hace costosos
micropilotes	Inclusiones de refuerzo inyectadas con lechada a presión	Su efecto específico es difícil de predecir. No son muy eficientes en suelos arcillosos

Fuente: Métodos de manejo y estabilización por, Villarreal Hinojosa (2019)

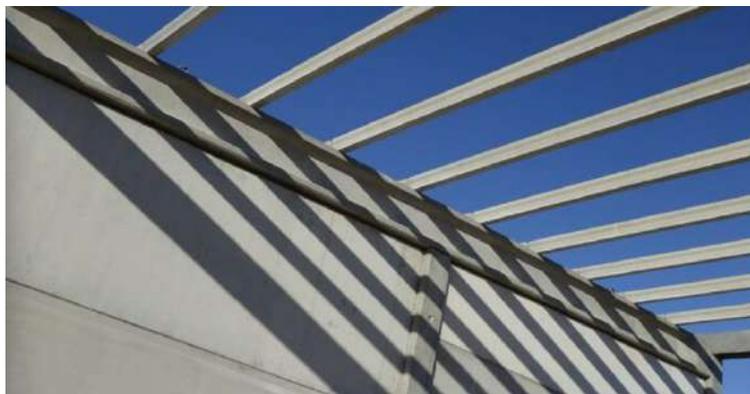


Figura 30. Elementos constructivos prefabricados vigas de concreto armado

Fuente: Elementos constructivos prefabricados vigas de concreto armado por, ACH, Paneles (2021)

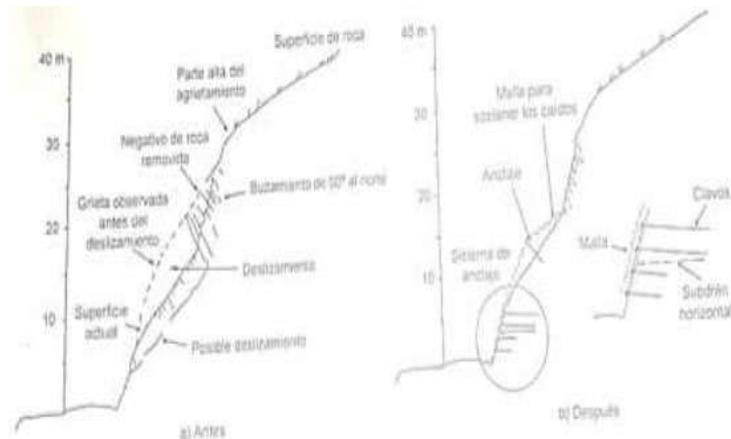


Figura 31. Conformación de talud con pernos, para remediar un deslizamiento de talud

Fuente: Métodos de manejo y estabilización por, Villarreal Hinojosa (2019)

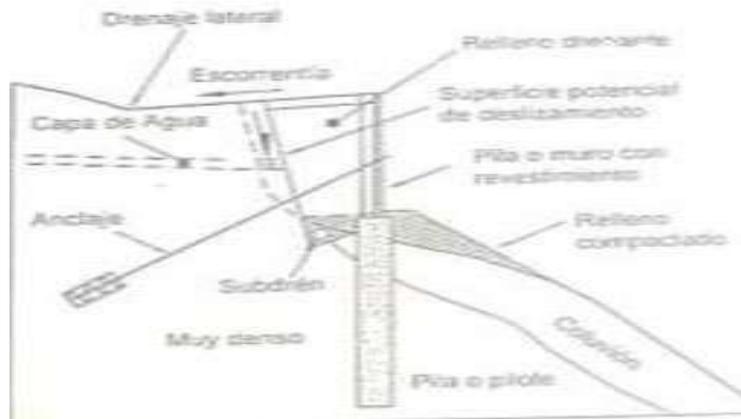


Figura 32. Estabilización con una pantalla anclada sobre pilas de concreto armado

Fuente: Métodos de manejo y estabilización por, Villarreal Hinojosa (2019)

### 2.2.5. Drenaje y subdrenaje

Unas de las técnicas más efectivas para la estabilización de laderas y taludes es el control de las aguas superficiales y subterráneas. Su objetivo es controlar el agua y sus efectos, disminuyendo las fuerzas que producen el movimiento y lo aumentando las fuerzas resistentes. El drenaje y el subdrenaje generalmente son poco costosos y muy efectivos Como medidas de prevención de los movimientos. Las obras de drenaje son un buen complemento Su diseño de otros sistemas de estabilización. y construcción son sencillos. En el capítulo 2, se explican en detalle, las tecnologías de drenaje y subdrenaje, aplicadas a la estabilización de los deslizamientos de tierra. (pág. 26)

### a) Mejoramiento de la resistencia del suelo

Las técnicas de mejoramiento de la resistencia del suelo incluyen procesos físicos químicos que aumentan la cohesión y la fricción del suelo modificado o de la mezcla suelo-producto estabilizante. (pág. 26)

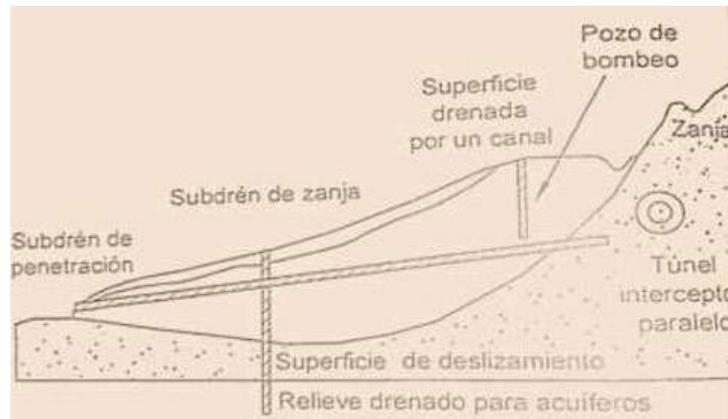


Figura 33. Sistemas de subdrenaje

Fuente: Estabilización de taludes naturales (Cornforth 2005)

Las obras pueden ser definitivas o pueden ser temporales de acuerdo al método utilizado.

### b) Inyecciones

Se han intentado varios esquemas de inyección de diversos productos para el mejoramiento de la calidad del suelo en deslizamientos. Las inyecciones de diversos productos químicos tienen por objetivo mejorar la resistencia o reducir la permeabilidad de macizos rocosos y en ocasiones de suelos permeables. (pág. 26)

Tabla 10: Métodos de drenaje y subdrenaje

<b>Método</b>	<b>Ventajas</b>	<b>Desventajas</b>
Canales superficiales para el control de escorrentía	Se recomienda construirlos como obra complementaria en la mayoría de los casos. Generalmente, las zanjas se construyen arriba de la corona de talud.	Se deben construir estructuras para la entrega de las aguas y la disipación de la energía.
Subdrenes de zanja	Muy efectivos para estabilizar deslizamientos pocos profundos.	Poco efectivos para estabilizar los deslizamientos profundos o los deslizamientos con nivel freático profundo.
Subdrenes horizontales de penetración	Muy efectivos para interceptar y controlar las aguas subterráneas relativamente profundas.	Se requieren equipos especiales de perforación y su costo puede ser alto.
Galerías o túneles de subdrenaje	Efectivos para estabilizar los deslizamientos profundos en las formaciones con permeabilidad significativa y aguas subterráneas.	Muy costosos y complejos de construir.
Pozos profundos de subdrenaje	Útiles en los deslizamientos profundos con aguas subterráneas. Efectivos con las excavaciones no permanentes.	Se uso es limitado debido a la necesidad de operación y mantenimiento.

Fuente: Estabilización de taludes naturales (Cornforth 2005).

Tabla 11: Métodos para mejorar la resistencia del suelo

<b>Método</b>	<b>Ventajas</b>	<b>Desventajas</b>
Inyecciones de cemento, cal o químico	Endurecen el suelo y se pueden cementar la superficie de falla	La disminución de permeabilidad puede ser un efecto negativo.
Magnificación	Convierte el suelo en roca al utilizar rayos especiales desarrollados por la industria espacial	Su utilización en la actualidad es solamente para uso experimental
Congelación	Endurece el suelo al congelarlo	Efectos no permanentes
Electro-ósmosis	Reduce el contenido de agua	Utilización para estabilización no permanente
Explosivos	Fragmentan la superficie de falla	Su efecto es limitado y puede tener efectos negativos
Compactación profunda o columnas de piedra	Se puede mejorar el suelo en la zona y la superficie	Los equipos de compactación profunda son costosos. En el proceso se pueden generar presiones de poros.

Fuente: Métodos de manejo y estabilización por, Villarreal Hinojosa (2019)

Las inyecciones pueden ser de materiales cementantes, tales como el cemento y la cal o de productos químicos tales como silicatos, ligninos, Generalmente, resinas, acrilamidas y uretanos. las inyecciones de cemento o de cal se utilizan en los suelos gruesos o en fisuras abiertas y los productos químicos, en materiales menos permeables. (pág. 27)

### c) Inyectabilidad de los materiales

Antes de decidir sobre la utilización de una de inyección, debe investigarse que el material realmente pueda penetrar dentro de los vacíos o fisuras. La penetrabilidad de las inyecciones químicas depende de su viscosidad, presión de inyección y periodo de inyección, así como la permeabilidad del suelo inyectado. La relación de inyectabilidad se ha definido Como: (pág. 27)

$$N = \frac{D_{15(suelo)}}{85(inyección)}$$

Esta relación debe ser mayor de 25 para garantizar que la inyección penetre la formación exitosamente. Si la relación de inyectabilidad es menor de 11, no es posible realizar el trabajo de inyección. Generalmente, los suelos con materiales de más del 20% de finos, no son inyectables incluso por productos químicos. (pág. 27)

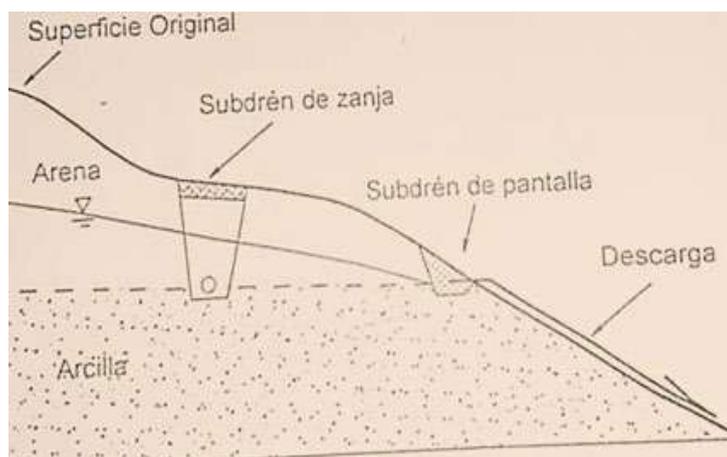


Figura 34. Esquema de un subdren interceptor y un dren en el afloramiento

Fuente: Taludes naturales (Bodocsi y Bourers, 1991).

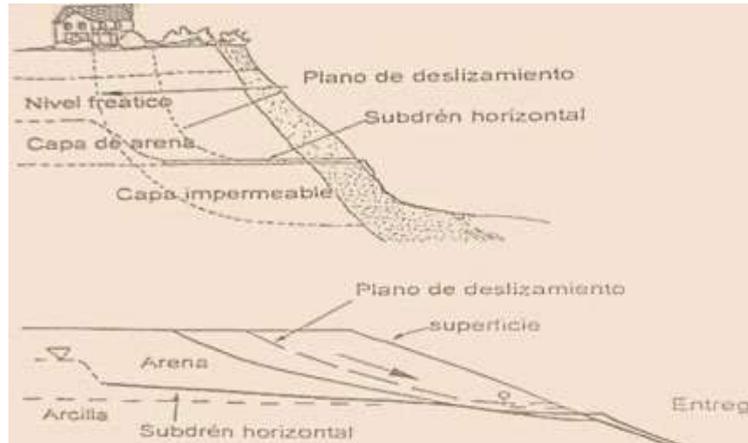


Figura 35. Subdrenes de penetración.

Fuente: Taludes naturales (Bodocsi y Bourers, 1991).

#### d) Las inyecciones de cemento

Las inyecciones más utilizadas son las de cemento, ya sea en forma de inyección o colocándolo en las perforaciones sobre la superficie de falla. El efecto de la inyección es desplazar el agua de los poros y fisuras y de esta forma, producir una disminución de la humedad, así como cementar los poros de fisuras. Lo que produce el cemento es un proceso de cementación y relleno de los vacíos del suelo o roca y de las discontinuidades de mayor abertura, con lo cual aumenta la resistencia del conjunto y se controlan los flujos internos de agua. (pág. 28)

El mortero de inyección se endurece y crea un esqueleto alrededor de los elementos del suelo o roca. Los procesos de inyecciones se realizan en varias etapas, iniciando por una inyección de la zona general y terminando con el relleno de sitios específicos. La presión de la inyección debe ser mayor que el producido por el sobrepeso del suelo y del agua, para permitir la penetración dentro de las fisuras y a lo largo de una superficie de falla activa. (pág. 28)

Se hacen una hilera de perforaciones hasta más abajo de la superficie de falla, las cuales se utilizan como ductos para la inyección. El espaciamiento entre los huecos de inyección varía de 3 a 5 metros. La operación de inyección debe iniciarse en la hilera inferior, con el objeto de mejorar el apoyo en el pie de la falla y de esta forma, evitar movimientos durante el proceso de inyección. (pág. 28)

Se debe tener en cuenta que la presión de poros puede aumentar por efecto del proceso de inyección, lo cual puede agravar los problemas de movimiento en los taludes. La presión de poros aumenta cuando se bloquean los caminos de corriente de agua y se debe tener especial cuidado al diseñar el sistema de inyección, de colocarse un sistema de subdrenaje como complemento del proceso de un (Subdrenes de penetración). Se han utilizado relaciones agua- cemento desde 0.5:1 hasta 10:1, dependiendo del tamaño de los vacíos. Sin embargo, el rango usual varía de 0.8: a 5:1. El tiempo de fraguado de la inyección de cemento aumenta con la relación agua- cemento, a 5:1 generalmente los tiempos varían entre 4 y 15 horas y para relaciones agua-cemento, mayores de 10. A veces nunca se produce el fraguado. agua-cemento, mayores produce el fraguado. (pág. 28)

Con frecuencia, se le agregan otros productos al cemento para mejorar el resultado de la inyección, tales como aceleradores, retardadores, coloides para minimizar la segregación, materiales expansores, tomas reductoras de agua, etc. En ocasiones, el cemento se mezcla con arena, arcilla o ceniza como llenantes, con el objetivo de disminuir el costo de la inyección. En los suelos residuales, ha tenido éxito. La inyección de cemento de zonas permeables en el límite inferior del perfil de meteorización. De Chummar reporta la estabilización de un deslizamiento en suelo residual de areniscas en la India, empleando inyecciones de lechada de cemento en perforaciones de 3 a 4 centímetros de diámetro con espaciamientos de 10 metros. (pág. 29)

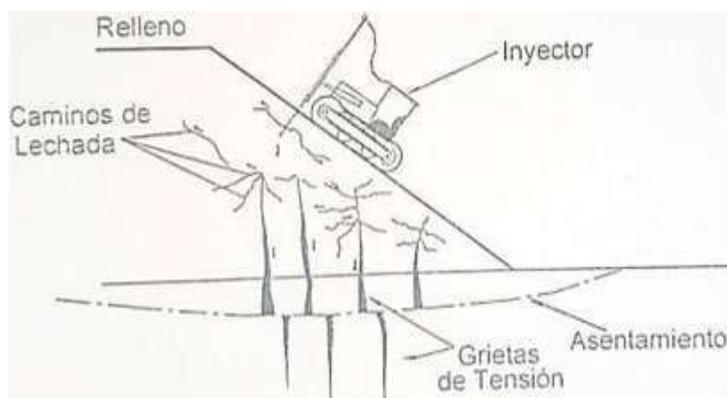


Figura 36. Inyección de terraplenes para rellenar y cementar grietas internas.

Fuente: Taludes naturales (Bodocsi y Bourers, 1991).

### e) Las inyecciones de cal

En años recientes, se han usado técnicas de técnicas de inyección de lechada de cal dentro del suelo. La lechada de las zonas fracturadas o juntas y otras superficies de debilidad, fue inyectada utilizando tubos de 4 centímetros de diámetro con puntas perforadas (Rogers, 1991). La inyección es colocada al rechazo, con intervalos entre 30 y 45 centímetros, y con presiones típicas entre 350 y 1300 Kpa. Así, se pueden tratar profundidades de más de 40 metros. Algunas veces, se ha utilizado la inyección de cal mezclada con ceniza. Capas de Cal Existe el método de estabilizar terraplenes de arcilla con capas de cal viva (CaO). El proceso de esta mezcla consiste en hacer reaccionar la cal con la arcilla, para producir Silicato de Calcio, el cual es un compuesto muy duro y resistente. Otro sistema es el de colocar columnas de cal, previa construcción de una perforación vertical. Otro El efecto de las columnas de cal es un aumento en la cohesión promedio a lo largo de una superficie de falla activa o potencial. (pág. 29)

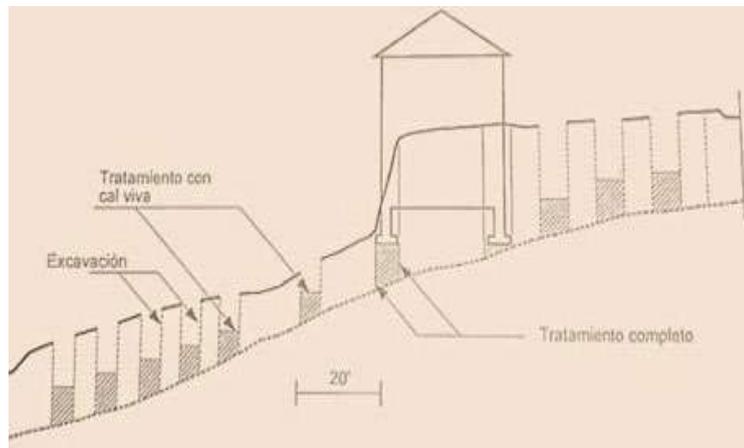


Figura 37. Sistema de columnas con cal.

Fuente: Taludes naturales (Bodocsi y Bourers, 1991).

Donde:

C = Cohesión.

$$a_r = \pi D^2 / 4S^2$$

D = Diámetro de la columna.

S = Separación entre columnas.

Broms (1991) recomienda utilizar factores de seguridad mayores a 1.3 siempre que se diseñen columnas de cal.

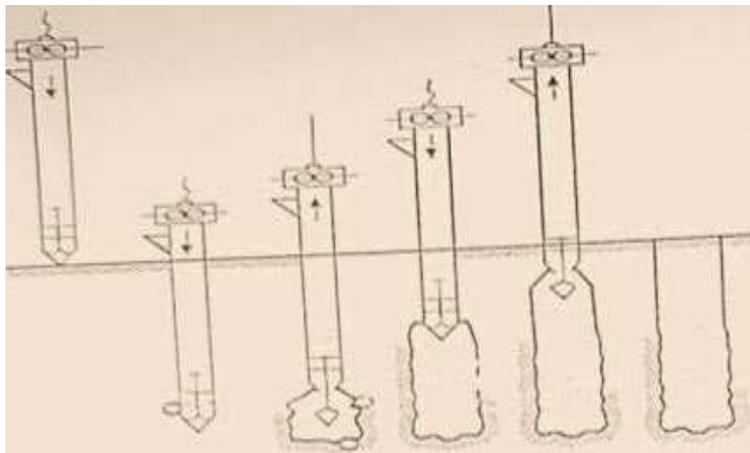


Figura 38. Construcción de columnas de cal.

Fuente: Taludes naturales (Bodocsi y Bourers, 1991).

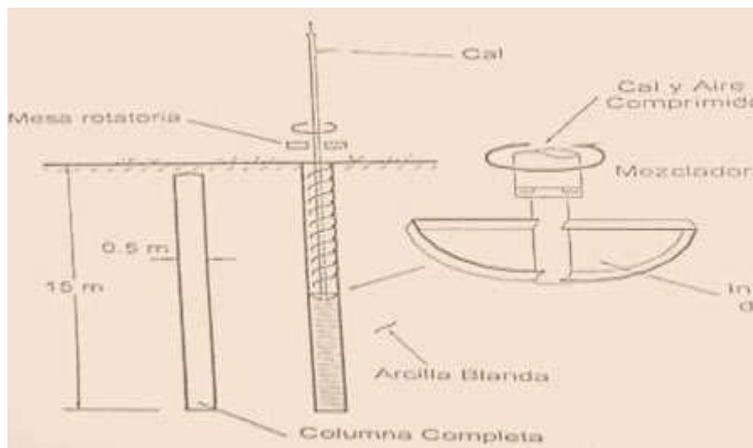


Figura 39. Comportamiento de las columnas de cal.

Fuente: Taludes naturales (Bodocsi y Bourers, 1991).

Una limitación al uso de la cal es que la estabilización con cal no es efectiva en los suelos granulares. Otra desventaja es que deben dejarse al menos 80 días, antes de que se consideren estabilizadas las columnas de cal. (pág. 30)

#### f) **Calcinación o tratamiento térmico**

Consiste en tratamientos, con altas temperaturas, que calcinan el suelo. Básicamente, la estabilización térmica consiste en pasar gases a temperaturas cercanas a los 1000 °C por ductos o huecos dentro del suelo, el cual se endurece, debido a que ocurren cambios en la estructura cristalina de los minerales de

arcilla, especialmente la pérdida de elementos OH, cuando se dan temperaturas superiores a los 400 °C. Estos cambios son irreversibles y producen modificaciones sustanciales en las propiedades físicas de los suelos. Debe tenerse en cuenta que la temperatura no sube por encima de 100°C hasta que se ha evaporado totalmente el agua dentro del suelo. Por la anterior razón, no es económico estabilizar suelos saturados utilizando el sistema de calcinación. Una de las propiedades que más se afecta es el índice plástico, el cual disminuye drásticamente. De igual modo, disminuye la capacidad de absorción de agua, la expansividad y la compresibilidad. (pág. 30)

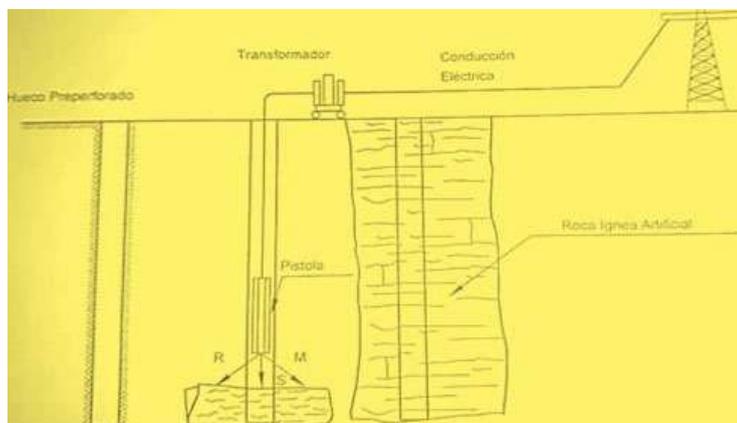


Figura 40. Proceso de magnificación

Fuente: Taludes naturales (Bodocsi y Bourers, 1991).

Se han realizado tratamientos de este tipo a profundidades hasta de 20 metros. La distribución de temperatura depende de la porosidad del suelo, el contenido de agua, la presión de poros y la temperatura de los gases inyectados. (pág. 31)



Figura 41. Diagrama de procedimientos de congelación del suelo.

Fuente: Taludes naturales (Bodocsi y Bourers, 1991).

### **g) Magnificación**

El proceso de magnificación consiste en fundir el suelo a temperaturas de cristalización de más de 5.000 C, de forma que se produce un magma artificial el cual se enfría y cristaliza posteriormente, para convertirse en roca. Este procedimiento ha sido desarrollado por la NASA. El proceso incluye dos etapas así: (pág. 31)

- Perforación de huecos verticales de varias pulgadas de diámetro en el suelo.
- Introducción y retiro de la perforación, de un cilindro o pistola magnificadora accionada por corriente eléctrica, la cual convierte en magma el suelo en un radio de un metro de distancia del hueco, aproximadamente.

La pistola magnificadora utiliza tres rayos similares a los rayos láser, entrelazarse, producen las suficientes para convertir el suelo en magma. Al enfriarse, se forma una serie de columnas de roca que estabilizan el talud. (pág. 31)

### **h) Congelación del suelo**

La congelación del suelo consiste en disminuir la temperatura del terreno de modo que el agua se convierte en hielo, lo cual equivale a que se aumenta la resistencia del material. Generalmente, la congelación se emplea en excavaciones en suelos blandos saturados. El suelo congelado conforma una especie de pared provisional que permite la excavación. La congelación depende de las características geológicas e hidrológicas del sitio, así como los tipos de suelo presentes, sus propiedades térmicas y contenido de aguas. de taludes empleando La estabilización la congelación, comúnmente, consiste en la perforación de huecos a distancia de 1.0 a 1.5 metros entre centros, donde se insertan tubos concéntricos y se bombea un refrigerante. Sistema Un puede consistir en el bombeo de un enfriador similar al utilizado en los equipos domésticos de congeladores, dentro del sistema de tuberías en contacto con el suelo. Generalmente, toma de seis semanas a cuatro meses la fase activa o de congelación. Un segundo sistema consiste en inyectar nitrógeno líquido. La

congelación comprende dos etapas: la fase activa en la cual el suelo se congela y la fase pasiva en la cual se requiere mantener el suelo en su estado congelado. Puede presentarse un aumento de la permeabilidad y un aumento de las presiones de poros arriba del área congelada. (pág. 32)

**i) Batido y mezclado profundo**

Consiste en la mezcla del suelo con cemento o con cal para aumentar la resistencia al cortante de una arcilla. Mediante esta técnica se pueden obtener resistencias a la compresión confinada de hasta 200 PSI. Se requiere especificar la cantidad de cemento de acuerdo con las necesidades de resistencia en la superficie de falla del deslizamiento. La técnica, aunque ha sido poco empleada se considera efectiva. El principio inconveniente es el tamaño de los equipos, los costos de movilización y la poca movilidad en la obra. Las columnas de cal combinadas con cemento pueden mejorar en forma significativa la resistencia. (pág. 32)

**j) Inyecciones de compactación**

En las inyecciones de compactación, la inyección a presión genera un bulbo que desplaza y densifica el suelo alrededor. La perforación varía de 2 a 4 pulgadas de diámetro y los espaciamientos entre 2 y 4 metros, también varían dependiendo de los resultados que se obtengan. Generalmente, se realizan inyecciones de suelo-cemento, que incluyen arena limosa de un 25 a 30% en peso y agua, para generar un slump de las 2 pulgadas. A veces, la mezcla incluye grava, cenizas, bentonita y otros materiales. Las inyecciones se realizan en etapas de abajo hacia arriba (desde el fondo de la perforación) con intervalos de un metro, aproximadamente. Las presiones de inyección típicas varían de 650 a 750 PSI. Se hace el registro de los datos de las presiones de inyección, en volumen de toma y en ocasión el número de golpes de la bomba de inyección, el levantamiento del terreno y otras medidas. Generalmente, la inyección se deja a una determinada profundidad cuando hay rechazo a la toma. El volumen de toma depende especialmente, del tipo de suelo. (pág. 33)

Las ventajas de las inyecciones de compactación están relacionadas con la rapidez para realizar la estabilización, las profundidades que se pueden alcanzar

y que el trabajo es relativamente limpio. La densificación típica varía entre 5 y 15%.

### **2.2.6. Preconsolidación**

Una técnica de estabilización de taludes es incrementar la resistencia de los suelos arcillosos acelerando la consolidación, empleando un relleno de sobrecarga, algunas veces combinado con columnas de arena. Los suelos blandos se pueden consolidar con una precarga con el objeto de impedir la inestabilidad cuando se construya el relleno sobre él. Esta técnica es muy conocida y existe muy buena experiencia. El diseño de la precarga se realiza utilizando los criterios fundamentales de la teoría de consolidación. En la ilustración, se muestra un caso en el cual se colocaron subdrenes verticales, prefabricados en un material aluvial compresible y luego, una precarga de gran ancho para, finalmente, colocar el terraplén diseñado. (pág. 33)

#### **a. Compactación profunda**

La compactación o incrementación de la densidad del suelo, se puede lograr a grandes profundidades, utilizando alguno de los siguientes procedimientos: (pág. 34)

#### **b. Pilotes de compactación**

La compactación se obtiene por el desplazamiento del suelo al hincarse un pilote, retirarlo y al mismo tiempo, rellenar el espacio desplazado con material de suelo. La separación entre pilotes depende de las condiciones de granulometría y densidad del suelo. Para el hincado se pueden emplear procedimientos de percusión o de vibración. (pág. 34)

#### **c. Vibro compactación profunda**

La vibro compactación (conocida antiguamente como vibro flotación) utiliza un equipo conocido con el nombre de vibroflotador, el cual se suspende de una grúa, penetra el suelo por su propio peso, un sistema de vibración y la inyección de agua, por su punta inferior. Al penetrar, el equipo vibra con amplitudes grandes, produciendo desplazamiento horizontal de los materiales. El

espacio vacío generado por la vibración, se va rellenando con arena o grava.  
(pág. 34)

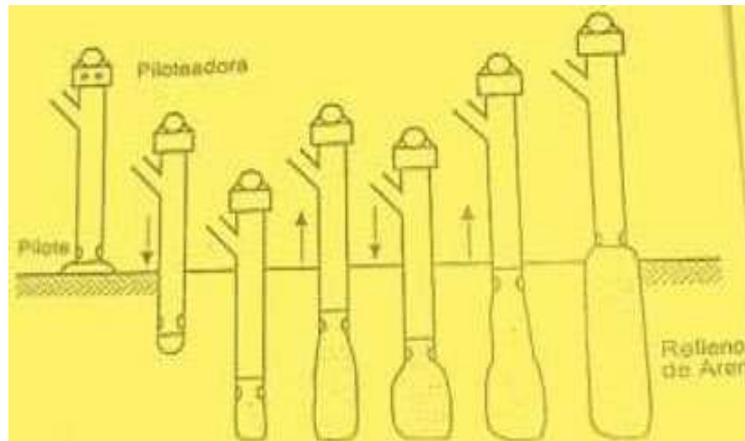


Figura 42. Pilotes de compactación

Fuente: Taludes naturales (Bodocsi y Bourers, 1991).

El espaciamiento entre puntos de densificación depende de las características que se deseen del producto final de la compactación. La vibro flotación es muy efectiva en arenas y limos granulares. La efectividad se reduce de manera substancial, si los materiales tienen más de 10% de pasantes del tamiz No. ASTM 200. El torpedo vibro compactador tiene un tubo hueco con un peso excéntrico dentro, que gira y produce fuerzas vibratorias y de impactolaterales.  
(pág. 34)

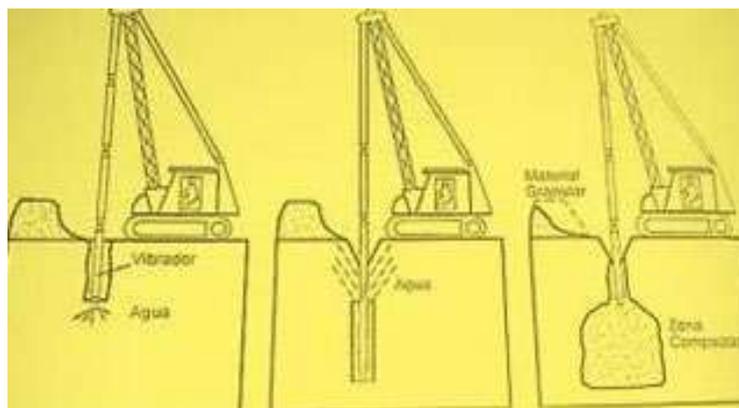


Figura 43. Esquema general del torpedo de un vibro compactador.

Fuente: Taludes naturales (Bodocsi y Bourers, 1991).

El espaciamiento entre huecos de vibro flotación varía de 1.5 a 15 metros, de acuerdo con el tipo de suelo, la fuerza del equipo y el procedimiento utilizado.

La zona estabilizada se extiende entre 1.5 y 10 metros desde el vibrador, dependiendo también del equipo, el suelo y el procedimiento. La mayor preocupación con el uso de estos equipos se refiere a los danos por vibraciones en las estructuras cercanas. Los efectos pueden ser de consideración, especialmente, cuando se encuentran equipos electrónicos delicados, cerca de la obra. Columnas de piedra o grava Las columnas de piedra o de gravase valen de un Sistema similar al de pilotes o vibro compactación profunda, para hacer penetrar en el suelo cantos o partículas gruesasde grava, como se indica. Las columnas de piedra se pueden utilizar para estabilizar o prevenir deslizamientos, debido a que las columnas actúan en dos frentes así: Aumentan la resistenciadel suelo y mejoran el drenaje de aguas subterráneas. (pág. 35)

La construcción de las columnas de piedra consiste en lo siguiente:

- Construir una excavación utilizando un vibro desplazador.
- Colocar piedra dentro de la excavación.
- Compactar la piedra por un sistema de re-penetración de abajo hacia arriba, con el equipo vibroflotador.

Las columnas se penetran por debajo de la superficie de falla, por lo menos dos metros y en algunos casos, se recomiendan hasta cinco metros.

### **2.2.7. Unidades geológicas**

La descripción geológica desarrollada en el presente informe fue realizada fundamentalmente con la información proporcionada por el INGEMMET en la hoja 1847, mediante el cuadrángulo 25-m (Cuadrángulo de Jauja) de la carta Geológica Nacional. Las unidades litológicas locales aflorantes en el área de estudio, son las siguientes unidades geológicas:

### **2.2.8. Unidades geológicas**

#### **a) Grupo Tacaza**

Según Ruiz Huamán (2018), el término “Volcánico Tacaza” fue sugerido por Jenks W. (1946) y Newell (1949), posteriores estudios de Marocco R. y Del Pino M. (1966) lo elevan a la categoría de Grupo. Terminología empleada en el sur

del Perú para una secuencia volcánica-sedimentaria, que sobreyace en discordancia angular a la secuencia de capas rojas Cretáceo-Terciario siendo cubierto en igual relación por los volcánicos Sencca. Litológicamente consta de lavas grises a andesítica y riolíticas, intercaladas con sedimentos tobáceos. Por lo tanto, al Grupo Tacaza se le considera del Mioceno inferior a medio, teniendo correspondencia con la unidad homónima del centro del Perú. Se le correlaciona con la Formación Castrovirreyna del centro del Perú.

#### **b) Formación Paucartambo**

La Formación Paucartambo de la cordillera occidental peruana en el sector sur del departamento de Junín está considerada clásicamente como una unidad volcánica de edad pliocena. Sin embargo, sus afloramientos están representados por secuencias clásticas dispuestas en arreglos grano decrecientes que indican una naturaleza más bien volcanogénica asociada al volcanismo episódico del Mioceno medio-superior (Evento Sillapaca). De forma que su sedimentación responde a procesos intercontinentales que ocurrieron desde al menos el Mioceno medio. A continuación, se presentan los argumentos que explican el origen de dicha unidad desde el punto de vista sedimentológico el cual es coherente con la geodinámica y/o tectónica transpresiva andina del Cenozoico.

Los afloramientos de la Formación Paucartambo en los alrededores de su localidad tipo (poblado de San Genaro) se localizan en la intramontaña pasqueña arriba de los 4000 msnm hacia el noreste de la ciudad de Bellavista. Aquí, se observan niveles clásticos que yacen en discordancia encima del basamento sedimentario y volcánico plegado del Eoceno – Oligoceno.

Y que infrayacen a los productos volcánicos de los eventos Barroso inferior y superior del Mioceno-Plioceno. El espesor de esta unidad se ha estimado sólo hasta los 300 m ya que en muchos sitios se le aprecia parcialmente cubierta. De acuerdo a los primeros 280 m medidos en la Catarata Paucartambo, ubicada a 2 km al sur del poblado mencionado. Se diferencian dos secuencias grano decrecientes en base a las variaciones granulométricas y al cambio de los ambientes de depósito.

**c) Formación anizo**

Según Ruiz Huamán (2018), reportan esta unidad estratigráfica, de naturaleza sedimentario-volcánica. La formación Aniso está constituida por intercalaciones de areniscas tobáceas grises a verdosas, con areniscas reportan esta unidad estratigráfica, de naturaleza sedimentario-volcánica. La Formación Aniso se le considera del Mioceno medio a superior. Esta unidad se le correlaciona con la Formación Junín del centro del Perú y con el Grupo Madre del sur del Perú siendo equivalente con parte del Grupo Pisco de la costa de Ica.

**d) Depósitos aluviales**

Estos depósitos se encuentran cubriendo el piso de los valles, profundamente erosionados por los ríos. Litológicamente los depósitos aluviales están constituidos por arcillas, limos, arenas, clastos de formas subredondeadas y representan conglomerados semi consolidados con lentes de arenas o arcillas.

**e) Tonalita pacapausa**

Se denomina tonalita Paucartambo al plutón que aflora al sur de Paucartambo. Petrográficamente se le clasifica como tonalita gris clara, composicionalmente varía de tonalita a granodiorita, presenta textura holocristalina equigranular. Este plutón corta al Grupo Tacaza y es cubierto en discordancia por la Formación Paucartambo que se considera del Mioceno medio, razón por la cual se le considera entre el Mioceno inferior y el Mioceno medio.

**f) Complejo granítico de querobamba**

Litológicamente corresponden predominantemente a un sienogranito, tiene un color gris con tono rosado, textura fanerítica. Según la posición estratigráfica de este intrusivo, se halla infrayaciendo al Grupo Mitu. Estas conclusiones hacen pensar que ha sido emplazado con la tectónica Hercínica en su fase tardihercínica, es decir en el Permiano inferior a medio.

**g) Dioritas**

Se presentan a manera de “stocks” aflorando al sureste del pueblo de Bellavista como intrusión menor. La roca es de color gris en fractura fresca y gris parduzco por meteorización; tiene textura holocristalina.

**h) Tonalita – granodioritas**

Se presentan incluyendo a rocas sedimentarias y volcánicas del Mesozoico y a la diorita. Las tonalitas son holocristalinas, tienen grano medio, color gris claro, con abundante cantidad de plagioclasas blancas. Las granodioritas son de dos tipos: uno de color gris claro, con ortosa de color blanco y otra de color rosado son rocas de textura holocristalina. Están bien expuestas en cerro Bellavista.

**i) Riolitas**

Petrográficamente se les clasifica como riolitas blanco amarillenta con textura porfirítica, Estos cuerpos intrusivos cortan los sedimentos de la formación Aniso y el techo se encuentra descubierto, razón por la cual a estos cuerpos se le considera posterior a la formación Aniso asignándole una edad mínima del Mioceno superior, aunque pueden estar asociados a dicha unidad por lo menos la etapa final y quizá tenga relación con la mineralización del área, o tal vez puede formar parte del volcanismo Sencca.

Tabla 12: Unidades Litoestratigráficas

ERATEMA	SISTEMA	SERIE	UNIDADES LITOESTRATIGRAFICAS	SIMBOLOGÍA
PALEOZOICA	Paleógeno	Paleocena	Grupo Paucartambo	PN-ta

Fuente: Modifican la norma técnica E.030 diseño sismorresistente del reglamento nacional de edificaciones por, Diario oficial del bicentenario (2018)



Figura 44. Mapa geológico del cuadrángulo de Junín.

### 2.2.9. Geodinámica interna

La geodinámica interna intra-placa está asociada a eventos sísmicos y al levantamiento actual generalizado de los Andes, asimismo la íntima relación con los fallamientos cuaternarios activos, hace que la frecuencia sísmica sea relativamente alta. Existe una preocupación permanente por la problemática ocasionada por los procesos geodinámicas naturales cuyo desenlace violento involucra la seguridad física de la población. El crecimiento acelerado de las ciudades hace que los pocos espacios habitables no sean correctamente utilizados, muchas veces por la falta de una correcta planificación y control por parte de las autoridades, como el consiguiente incremento de los impactos en el medio físico natural.

#### a) Riolitas

Según Diario oficial del bicentenario (2018), el territorio nacional se considera dividido en cuatro zonas. La zonificación propuesta se basa en la distribución espacial de la sismicidad observada, las características generales de los movimientos sísmicos y la atenuación de éstos con la distancia epicentral, así como en la información neotectónica.



Figura 45. Zonificación sísmica

A cada zona se asigna un factor  $Z$  según se indica en la Tabla. Este factor se interpreta como la aceleración máxima horizontal en suelo rígido con una probabilidad de 10 % de ser excedida en 50 años. El factor  $Z$  se expresa como una fracción de la aceleración de la gravedad. (pág. 5)

Tabla 13: Factores de la zona analizada.

FACTORES DE ZONA “Z”	
ZONA	Z
4	0.45
3	0.35
2	0.25
1	0.10

Fuente: Modifican la norma técnica E.030 diseño sismorresistente del reglamento nacional de edificaciones por, Diario oficial del bicentenario (2018)

#### b) Sismicidad de Junín

Según Diario oficial del bicentenario (2018), Los sismos que ocurren en la ciudad de Huancayo son debido a las siguientes fuentes:

- A los mecanismos de subducción y otros procesos tectónicos que caracterizan al Perú como un país de alta sismicidad, con eventos sísmicos

en la zona de subducción de la Costa, sismos superficiales asociados a fallas poco profundas en la zona andina y los sismos a gran profundidad que ocurren en la región oriental.

- Los sismos en su mayoría son Tectónicos. Según la Carta Sísmica (Atlas Histórico Geográfico y de Paisajes Peruanos), en HUANCAYO en 50 años de sismos (1913 a 1963), de 18 sismos ocurridos, nueve fueron de profundidad menor a 60 Km. y nueve de profundidad mayor a 60 Km.

### c) **Historia sísmica**

Según Diario oficial del bicentenario (2018), Para efectos de analizar la historia sísmica del área de Junín es necesario subdividirla en dos periodos claramente marcados por la Magnitud e Intensidad de los sismos ocurridos: Un primer periodo entre 1586 a 1980 y un segundo a partir de 1980. Muchos de los sismos ocurridos en el primer Periodo se han generado lejos del área de estudio, pero por su naturaleza de ser destructores, con magnitudes hasta de 8.4 (Ms), sus ondas han llegado a la ciudad de Junín, alcanzando en esta una Intensidad de IV MM. A continuación, se detallan los grandes eventos sísmicos que se han producido en el territorio peruano y que han afectado al área de estudio entre 1586 a 1980:

- 28-01-1687: Terremoto de Magnitud 8.2, que sacudió la villa de Huancavelica y gran parte de la comarca. Las provincias de Huanta y Angaraes quedaron assoladas.
- 17-06-1719: Sacudimiento de tierra que en Huamanga tuvo el carácter de destructor.
- 08-02-1916: Sismo de foco cordillerano que fue sentido en un área de 120,000 Km<sup>2</sup> y afectó varios pueblos de la provincia del Departamento de Junín. El pueblo de Julcamarca sufrió averías en sus construcciones.
- 24-08-1942: Terremoto en la región limítrofe de los departamentos de Ica y Arequipa, su intensidad máxima fue de IX MM. Sentido con una intensidad III – IV MM, en un área elíptica de 408,000 Km<sup>2</sup> en la que se encuentra al Norte Huaraz, al Nor Este de Cerro de Pasco y Oxapampa, Este de Cuzco y al Sur Moquegua; en Ayacucho alcanzó la intensidad de

IV MM.

- 01-11-1947: Terremoto en la Zona Central del Perú, el movimiento tuvo un área de percepción aproximada de 1'300,000 Km<sup>2</sup> abarcando casi todo el territorio peruano. En la zona de Ayacucho alcanzó la intensidad de V MM.
- 24-12-1959: Sismo destructor en el departamento de Ayacucho, hubo destrucción de viviendas en los poblados de Mayobamba, Pomabamba Huahuapuquio y otros caseríos ubicados en las escarpadas laderas del río Pampas. Sismo sentido en la ciudad de Ayacucho y pueblos vecinos.

Hasta mayo de 1980 la zona entre Huancayo y Cuzco tuvo una baja actividad sísmica, que fue alterada primero por el sismo del 3 de junio de 1980, cuyo epicentro fue ubicado cerca de las localidades de Mollepata y Limatambo, en el departamento de Cuzco. El sismo tuvo una magnitud de 4.9 Mb, alcanzando una intensidad máxima en el epicentro de 6 MSK. El 16 de agosto de 1980, ocurrió el primer sismo sensible en el área de estudio que posteriormente fue afectada por una serie continuada y persistente de sismos cuyo detalle es el siguiente:

Tabla 14: Sismicidad en Junín

Fecha Hora	Epicentro	Profund.	Magnit. Local	Lugar	Prov. Distr.	Intensidad MSK
16-08-80 14h 22'26"	13.0°S 73.7°W	33.0 Km	5.0	A 70 km. W de la ciudad de Huancayo	Huancayo o Junín	V
10-11-80 17h 21'06"	13.0°S 73.8°W	33.0 Km	5.3	A 50 km. E de la ciudad de Huancayo	Huancayo o Junín	V - VII
19-11-80 18h 33'58"	13.0°S 73.8°W	33.0 Km	5.3	A 30 km. NE de la ciudad de Huancayo	Huancayo o Junín	IV
12-11-80 01h 58'05"	13.0°S 74.0°W	33.0 Km	5.7	A 30 km. NE de la ciudad de Huancayo	Huancayo o Junín	VI - VII
12-11-80 06h 15'31"	13.0°S 74.0°W	33.0 Km	5.7	Muy cerca de la ciudad de Huancayo	Huancayo o Junín	VI - VII
12-11-80 11h 09'28"	13.1°S 74.0°W	33.0 Km	4.5	A 50 km. de Junín en Concepción	Huancayo o Junín	III
12-11-80 16h 04'40"	12.9°S 74.2°W	33.0 Km	4.6	A 40 km. NE de Jauja	Huancayo o Junín	III

Fuente: Modifican la norma técnica E.030 diseño sismorresistente del reglamento nacional de edificaciones por, Diario oficial del bicentenario (2018)

Según Diario oficial del bicentenario (2018), a partir del 16 de Agosto de 1980, fecha cuando se produce el sismo de magnitud 5.1 (Mb), las áreas de los distritos de San José de Ticllas, San Pedro de Cachi, Vinchos y Santo Tomás de Pata, han sufrido una continua y alta actividad sísmica; estos fenómenos son el producto de la fuerte deformación tectónica existente, tal como lo demuestran las estructuras geológicas presentes, como son presencia de fallas y plegamientos de varios kilómetros de longitud que principalmente tienen una alineación SE-NW. La mayoría de los sismos que se produjeron en el área son superficiales (Profundidad menor a 30 Km.) y abarca un área de 1,200 Km<sup>2</sup>; siendo la máxima intensidad observada de VI a VII MM. Regionalmente en los departamentos de Pasco y Junín, han ocurrido sismos que van de superficiales (Profundidad menor a 70 Km.), hasta intermedios (Profundidad entre 70 a 300 Km.); hasta una Magnitud mayor a 6.00 (mb).

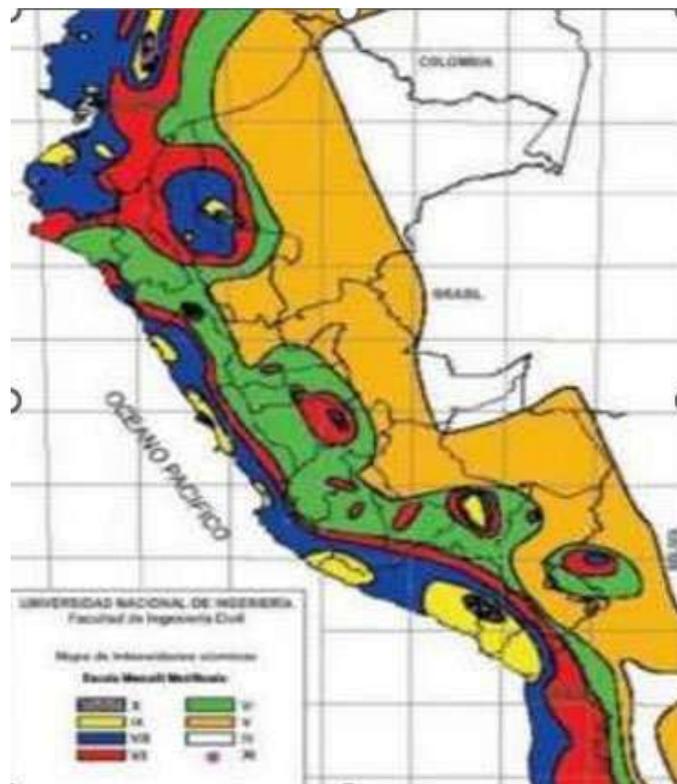


Figura 46. Sismicidad e intensidad en el Perú

Fuente: Modifican la norma técnica E.030 diseño sismorresistente del reglamento nacional de edificaciones por, Diario oficial del bicentenario (2018)

#### d) Peligro sísmico

Según Diario oficial del bicentenario (2018), los sismos destructores ocurridos en el Perú en el período comprendido entre los años 1900 a 1980, han influenciado poco en el área de estudio, a pesar de que todos han tenido una magnitud mayor a 7.5 (Ms); la máxima intensidad registrada en el área por la atenuación de las ondas ha sido de V en la escala de Mercalli – Modificada (MM) como se observa en el cuadro siguiente:

Tabla 15: Sismicidad histórica en el Perú

FECHA LUGAR	MS	INTENSIDAD EN EL EPICENTRO (MM)	PROFUNDIDAD D DE FOCO (KM)	INTENSIDAD EN EL ÁREA DE ESTUDIO (MM)
24-05-1940 Lima	8.4	IX	-----	IV
24-08-1942 Nazca	8.2	VI II	42	IV
01-11-1947 Satipo	7.5	VI II	60	V
17-10-1966 Lima	7.5	VI II	38	III
31-05-1970 Huaraz	7.7	VI II	43	II
31-05-1970	7.5	VI II	13	IV

Fuente: INGEMMET

Analizando los movimientos sísmicos ocurridos a partir del 16 de agosto de 1980 hasta el mes de abril de 1981, se tiene que se han producido 8 sismos con magnitudes iguales o mayores a 5.0 (magnitud local  $M_l$ ), dichos eventos en el área de estudio han ocasionado destrucción en varios pueblos aledaños y caseríos, donde las máximas intensidades han sido de VI a VII MKS (Escala Internacional de Intensidades). En el área de estudio no existen registros de acelerógrafos de larga duración, por lo que se ha efectuado una estimación de las aceleraciones registradas en el área de estudio a partir de la fórmula siguiente propuesta por Donovan.

$$\text{Log. } 10 a = 2052 + 2731 \text{ MM}$$

De los cálculos respectivos resulta:

Tabla 16: Intensidad de falla para el Talud

INTENSIDAD (MM)	ACELERACIÓN (cm/s <sup>2</sup> )
V	0.372
VI	0.698
VII	1.309

Fuente: Modifican la norma técnica E.030 diseño sismorresistente del reglamento nacional de edificaciones por, Diario oficial del bicentenario (2018)

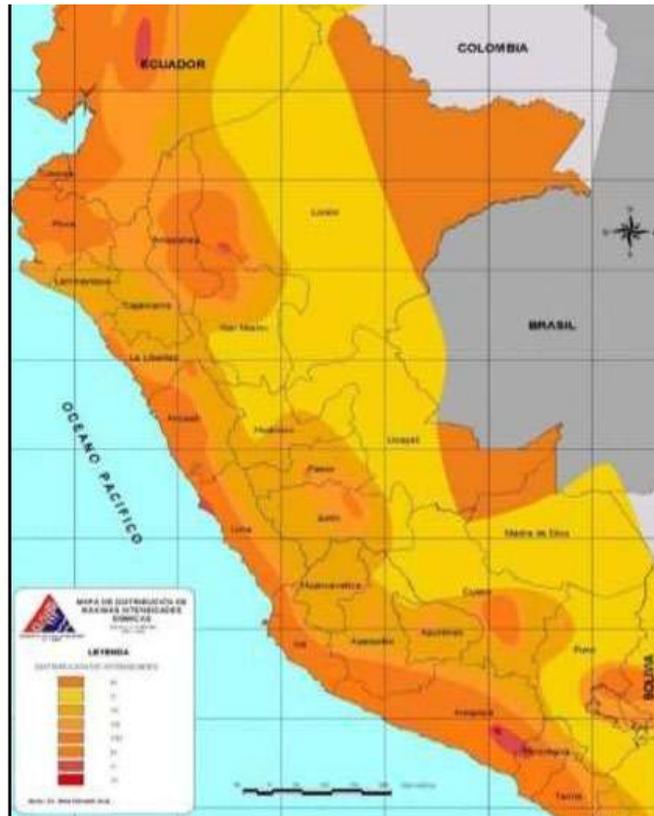


Figura 47. Mapa de intensidades sísmicas

Fuente: Modifican la norma técnica E.030 diseño sismorresistente del reglamento nacional de edificaciones por, Diario oficial del bicentenario (2018)

Según el Mapa de Distribución de Máximas Intensidades Sísmicas observadas en el Perú, en el área de estudio se pueden presentar sismos con intensidad hasta de VI en la Escala de Mercalli Modificada (MM). Según el Mapa de Isoaceleraciones para un 10% de excedencia durante una vida útil de 100 años para el Perú en el área de estudio se pueden presentar sismos con aceleraciones máximas hasta de 0.35 cm/s<sup>2</sup>. Según el Mapa de Zonificación Sísmica del Perú (Fuente: Norma E030 Diseño Sismorresistente) el área de estudio se encuentra

en la Zona II, de actividad sísmica media y con probabilidad de ocurrencia de sismos de leves a moderados (VI a VII en la Escala de Mercalli Modificada o MSK). La información instrumental existente muestra que la actividad sísmica que ocurrió en el área hasta 1980, no alertó significativamente la zona ya que las generaciones carecían de tradición sísmica y por ende, de experiencias mentales en este aspecto, muy por el contrario circulaba la idea de que Junín, era una zona sísmica, estable. Efectivamente, en los decenios posteriores a los años veinte fuera de algunos temblores que pasaron desapercibidos (1959), no se registró eventos de mayor gravedad. El área de estudio y que puede ser afectada con sismos de VI a VII MM se encuentra ubicada en un área de laderas, valles y altiplanicies de la Cordillera de los Andes. El tipo predominante de construcción desde antaño es de adobe y piedra, de 1 a 2 pisos, que se encuentran generalmente en un regular a pésimo estado de conservación, dado principalmente por la antigüedad. A este factor principal se debe, que la zona ante sismos que, si bien no tienen las características de ser muy destructores, han ocasionado, en la mayor parte de las edificaciones, efectos que van desde grietas pequeñas en los muros, hasta colapso de casas; en particular en aquellas emplazadas en las laderas del cerro en donde las condiciones propias del terreno y suelo de cimentación determinan la mayor amplificación sísmica local que se puede registrar en el área de estudio.

Por el análisis de los daños durante los sismos ocurridos entre los años 1980 a 1981 se determina que la zona más afectada fue el área de laderas empinadas en donde afloran depósitos conglomeráticos de naturaleza granular e inestables en pendientes fuertes y aún más durante la ocurrencia de sismos.

### 2.3. Marco conceptual

- a) **Altura:** Es la distancia que se presenta entre el pie del talud a la cabeza desde la forma vertical. Enciso Saldaña & Nuñez Alvaro (2019)
- b) **Cabeza o escarpe:** Es el cambio de la pendiente hacia la parte inferior presentando ese cambio de manera brusca. Enciso Saldaña & Nuñez Alvaro (2019)
- c) **Pie del talud:** Es el cambio de la pendiente desde la parte inferior del talud. Espíritu Diestra (2020)
- d) **Pendiente:** Es la inclinación de la medida del talud. Aponte Cervantes & Sulca Torres (2018)
- e) **Suelos No cohesivos:** Los suelos granulares o también llamadas arenas presentan a la superficie de falla plana ya que los taludes construidos sobre los macizos no cohesivos siendo el ángulo de inclinación del talud en el ángulo de fricción interna del material. Camones Salvador (2018)
- f) **Suelos cohesivos:** Es una superficie de falla de forma curva o circular. Aponte Cervantes & Sulca Torres (2018)
- g) **Suelos cohesivos inclinados:** El ángulo de inclinación de un talud que presenta un ángulo de fricción interna sobre la superficie. Espíritu Diestra (2020)
- h) **Talud:** Un talud es una superficie inclinada que con respecto a la horizontal este permite adoptar estructuras de la tierra que constituye analizar el comportamiento de la misma. Enciso Saldaña & Nuñez Alvaro (2019)

## **CAPÍTULO III**

### **HIPÓTESIS**

#### **3.1. Hipótesis**

##### **3.1.1. Hipótesis general**

El análisis de la probabilidad de falla estructural será muy alto por el tipo de material en el talud natural en el sector de Torre Torre - Huancayo.

##### **3.1.2. Hipótesis específica**

- a) El tipo de falla aumenta en la probabilidad de falla estructural del talud natural en el sector de Torre Torre – Huancayo – 2020.
- b) La estabilidad del talud varía de manera óptima en la probabilidad de falla estructural del talud natural en el sector de Torre Torre – Huancayo – 2020.
- c) La disposición se puede tomar en la probabilidad de falla estructural del talud natural en el sector de Torre Torre – Huancayo – 2020.

#### **3.2. Variables**

##### **3.2.1. Definición conceptual de las variables**

**a) Variable independiente (X)**

**Probabilidad de falla estructural**

Según Boiero (2020), menciona que está basada principalmente a la probabilidad, llegando a que el soporte conceptual que considere que llega a la estimación de Índice de Confiabilidad y Probabilidad de Falla, por lo que frecuentemente se generan por procesos que, o bien aumentan los esfuerzos cortantes actuantes sobre la superficie potencial de falla, o bien afectan de manera significativa la resistencia al corte de la masa de suelo o rocas.

**b) Variable dependiente (Y)**

**Talud natural**

Según Valiente Sanz, Sobrecases Marti, & Díaz Orrego (2015), menciona que el talud se aborda en fenómenos de estado último o de rotura de masas de suelo, donde los agentes externos responsables de la inestabilidad son una fuerza de masa, el peso y eventualmente los efectos de filtración a los cuales añade otros factores como las sobrecargas estáticas y dinámicas.

**3.2.2. Definición operacional de la variable**

**a) Variable independiente (X)**

**Probabilidad de falla estructural**

La variable VI 1: Una falla es la fractura en la corteza terrestre a lo largo del cual se producen movimientos de los bloques que van a producir una falla estructural en el talud natural, siendo este una posibilidad ante eventos sísmicos.

**b) Variable Dependiente (Y)**

**Talud natural**

La variable VD 2: Los taludes son formados por la naturaleza a lo largo de la historia geológica. No requieren de la intervención humana para formarse, se pueden establecer como consecuencia de procesos erosivos, y los cuales a través del tiempo presentaran una inestabilidad por la erosión del material.

### **3.2.3. Operacionalización de variables**

Tabla 17. Operacionalización de variables.

VARIABLES	DEFINICION CONCEPTUAL	DEFINICION OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	INSTRUMENTO	ESCALA				
						1	2	3	4	5
<b>1: Variable Independiente</b>  Probabilidad de falla estructural	Según Boiero (2020), menciona que está basada principalmente a la probabilidad, llegando a que el soporte conceptual que considere que llega a la estimación de Índice de Confiabilidad y Probabilidad de Falla, por lo que frecuentemente se generan por procesos que, o bien aumentan los esfuerzos cortantes actuantes sobre la superficie potencial de falla, o bien afectan de manera significativa la resistencia al corte de la masa de suelo o rocas.	La variable VI 1: Una falla es la fractura en la corteza terrestre a lo largo del cual se producen movimientos de los bloques que van a producir una falla estructural en el talud natural, siendo este una posibilidad ante eventos sísmicos.	Modo de falla	Geotecnia del material	Angulo de dirección		X			
			Factor de seguridad	Grado de seguridad	Relación altura – pie de talud		X			
			Porcentaje de falla	Perdida de estabilidad	Modelamiento slide		X			
			Longitud de talud	Falla por volteo	Levantamiento topográfico		X			
<b>2: Variable Dependiente</b>  Talud Natural	Según Valiente Sanz, Sobrecases Marti, & Díaz Orrego (2015), menciona que el talud se aborda en fenómenos de estado último o de rotura de masas de suelo, donde los agentes externos responsables de la inestabilidad son una fuerza de masa, el peso y eventualmente los efectos de filtración a los cuales añade otros factores como las sobrecargas estáticas y dinámicas.	La variable VD 2: Los taludes son formados por la naturaleza a lo largo de la historia geológica. No requieren de la intervención humana para formarse, se pueden establecer como consecuencia de procesos erosivos, y los cuales a través del tiempo presentaran una inestabilidad por la erosión del material.	Tipo de falla	Dirección de la base del talud	Levantamiento topográfico		X			
			Estabilidad del talud	Factores de seguridad	Grado de consolidación granular		X			
			Disposición del talud	Medidas preventivas	Guía de instrumentación de taludes		X			

## **CAPÍTULO IV**

### **METODOLOGÍA**

#### **4.1. Método de investigación**

Según García Gonzalez & Paola (2020), es el procedimiento o conjunto de procedimientos que se utilizan para obtener conocimiento científico, se denomina metodología y abarca la justificación y la discusión de su lógica interior, el análisis de los diversos procedimientos concretos que se emplean en las investigaciones y la discusión acerca de sus diferentes características. (p.19)

La presente tesis busca calcular la probabilidad de falla estructural del talud natural en el sector de Torre Torre – Huancayo – 2020

Según estas consideraciones en la presente investigación se aplicó el *métodocientífico*.

#### **4.2. Tipo de investigación**

Según Méndez Álvarez (2020), es un conjunto de métodos que se usan para recolectar y analizar las variables que resultan de un trabajo de investigación, el marco para poder encontrar las respuestas de las preguntas. (Pag.3)

En la presente tesis, previamente debe realizar una investigación básica para mejorar el cálculo de la probabilidad de falla estructural del talud natural en el sector de Torre Torre – Huancayo – 2020.

De acuerdo los párrafos anteriores en la tesis son de *tipo aplicada*.

#### 4.3. Nivel de la investigación

Según Héctor Zacarías (2020) Como su nombre indica, tiene como objetivo ampliar el conocimiento ya que existente sobre algo de lo que ya sabemos poco o nada, de esta forma se centra las ideas, permitiéndonos conocer más a fondo nuestro tema. (Pag.42)

En la investigación se pretende conocer la evaluación de la probabilidad de falla estructural del talud natural en el sector de Torre Torre – Huancayo – 2020.

De acuerdo con el análisis realizado en la investigación se empleó una investigación de *nivel de explicativo*.

#### 4.4. Diseño de la investigación

Según Dzul Escamilla (2016) es aquel que se realiza sin manipular deliberadamente variables. Se basa fundamentalmente en la observación de fenómenos tal y como se dan en su contexto natural para después analizarlos (Pag.2)

Según el análisis, el diseño que se empleó en la presente investigación fue de un *diseño no experimental*.



Figura 48. Esquema del diseño de la investigación

Fuente: (Ezequiel, 1984)

## 4.5. Población y muestra

### 4.5.1. Población

Según Hernández Sampieri (2014), define que: “Una población es el conjunto de todos los casos que concuerdan con una serie de especificaciones”.

La población estará definida por los taludes del sector Torre Torre en la ciudad de Huancayo.

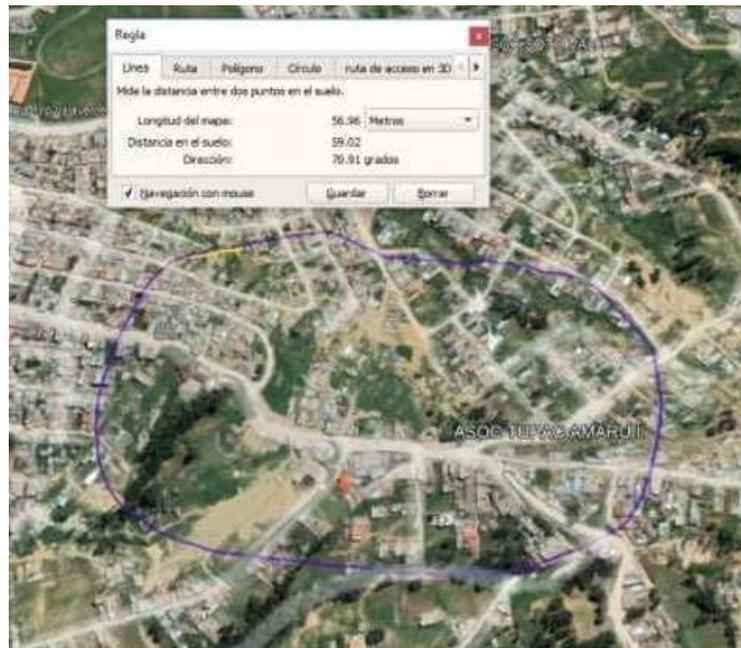


Figura 49. Ubicación de la zona analizada

### 4.5.2. Muestra

Según Hernández Sampieri, Fernández Collado, & Baptista Lucio (2014) mencionan: “La muestra es un subgrupo de la población o también denominado un subconjunto de todos los elementos utilizados con características similares al que se ha denominado población”.

La muestra representa al Talud ubicada en la zona de inferior del sector de Torre Torre con coordenadas  $12^{\circ}03'.17.48''$  S y  $75^{\circ}11'06.50''$  O, asimismo el área detallada de 1570.39 metros de perímetro y una rae de atribución de 176.860.51 metros cuadrados a una altitud promedio de 3350 m.s.n.m.



*Figura 50.* Vista del pliegue de la zona evaluada.



*Figura 51.* La zona analizada es un talud natural con presencia de viviendas.

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

Se llama las técnicas de recolección de datos a los diversos métodos utilizados para la recolección de datos por el investigador, para el desarrollo de la investigación. Se empleará una recolección de datos para las diferentes muestras pertenecientes a la zona evaluada y los criterios establecidos requeridos en el diseño.

Para entender el comportamiento del talud natural se ha realizado inspección diaria. Para esto he realizado lo siguiente:

- a. Reconocimiento litológico-estructural de superficie.

- b. Mapeo georreferencial en los taludes y excavaciones subterráneas.
- c. Ensayos de campo (resistencia a la compresión uniaxial con picota de geólogo.
- d. Recopilación de información proporcionada por colegas especialistas en el campo (planos topográficos, geológicos) para propósitos del informe.

Los instrumentos utilizados en la presente investigación fueron la investigación exploratoria y muestreo (ensayos de mecánica de suelos) y el levantamiento topográfico.

- a) Investigación exploratoria y muestreo
- b) Topografía del terreno

#### 4.6.1. Investigación exploratoria y muestreo

Los trabajos de campo siguieron el siguiente procedimiento:

##### a) Prospecciones

Se realizaron excavaciones con pozos a cielo abierto (01 sondeos) hasta los 4.00m. de profundidad en el talud.

##### b) Muestreo.

Debido al tipo de suelo encontrado (granular y fino), se tomaron muestras alteradas por estrato identificado Mab.

Tabla 18: Técnicas auxiliares y normas aplicables

TÉCNICAS AUXILIARES	NORMAS APLICABLES
Pozos o calicatas y Trincheras	ASTM D 420, UNE 7-371:1975
Técnicas de muestreo	ASTM D 420
Descripción visual de suelos y rocas	ASTM D 2487 – ISRM
Standard practice for soil investigation and sampling by auger borings	ASTM D1452-80(2000)

##### c) Ensayos de laboratorio

Para determinar los parámetros de caracterización del terreno en cuanto a sus propiedades índices y estructurales, se realizaron los siguientes ensayos normalizados.

Tabla 19: Ensayo de laboratorio y normas aplicables

<b>ENSAYO LABORATORIO</b>	<b>DE</b>	<b>NORMAS APLICABLES</b>
Preparación de Muestras		ASTM D 420, UNE 103-100 : 95
Peso Específico de los Sólidos		ASTM D 854
Contenido de Humedad		ASTM D 4643, UNE 103 -300 - 93
Granulometría e Identificación		ASTM 422, ASTM D 2487/00
Límites de Consistencia		ASTM D – 4318
Compresión Uniaxial		ASTM D - 582

#### d) Ensayos especiales

Tabla 20: Descripción ASTM y NTP

<b>DESCRIPCION</b>	<b>ASTM</b>	<b>NTP</b>
Corte Directo	D - 3080	339.171
Compresión no confinada en suelos cohesivos (Compresión simple)	D – 2166	339.167
Densidad mínima en suelos granulares	D – 4254	339.138
Densidad máxima en suelos granulares	D – 4253	339.137

#### 4.6.2. Fichas de campo

Se ha escogido información como:

- a. Plano topográfico
- b. Área afectada
- c. Densidad poblacional
- d. Brújula
- e. Wincha
- f. Picota
- g. Libreta de campo
- h. Lupa
- i. Costales para recolección de muestras.
- j. Parafina

#### 4.7 Técnica de procesamiento y análisis de datos

##### 4.7.1. Procesamiento de la información

El procedimiento de recolección de datos se realizó bajo el siguiente método de trabajo, según las etapas de intervención que se exponen a continuación.

#### **4.7.1.1. Método de trabajo**

El método de trabajo utilizado, para realizar la Identificación de Peligros Naturales de la zona de emplazamiento del estudio, distrito de Huancayo - Junín; fue la de intervención en campo; cuyas actividades se detallan: o Mapeo geodinámico en campo. o Prospección Geomecánica de la zona. o Toma de muestras y ensayos “in situ”. o Evaluación Geodinámica. o Ensayos de laboratorio. o Determinación del perfil estratigráfico. o Análisis de la estabilidad del talud en corte. o Conclusiones y recomendaciones.

#### **4.7.1.2. Etapas de intervención**

Las etapas de intervención, para realizar el trabajo de Identificación de Peligros Naturales en la zona de emplazamiento del lugar de investigación, distrito de Huancayo- Junín, fueron tres: o Primera etapa: gabinete. o Segunda etapa: campo. o Tercera etapa: gabinete.

##### **a) Primera etapa: Gabinete**

Se realizó la investigación previa sobre la existencia de los diferentes tipos de peligros existentes en la zona de emplazamiento del estudio, distrito de Huancayo - Junín, y la elaboración material de trabajo; tal como se detalla a continuación:

- Investigación Bibliográfica, Cartográfica y Digital sobre los tipos de peligros existentes.
- Preparación de material de trabajo.

##### **b) Segunda etapa: Gabinete**

Se realizó el trabajo de campo, donde se hicieron las siguientes actividades:

- Reconocimiento del terreno
- Mapeo geodinámico.
- Mapeo geológico.
- Investigación exploratorio y muestreo (ensayos de suelo).

##### **c) Tercera etapa: Gabinete**

Se realizaron las siguientes actividades:

- Sistematización de información recolectada en campo.
- Elaboración de mapas temáticos, de ubicación, geomorfología, geológico, geodinámica y de peligros.
- Elaboración del informe final de Identificación de Peligros.

#### **4.7.1.3. Datos generales del terreno**

##### **a) Ubicación**

Se encuentra ubicado Geográficamente en:

- Región: Junín
- Provincia: Huancayo
- Distrito: Huancayo
- Zona: Torre

##### **b) Accesibilidad**

La zona de emplazamiento del lugar de estudio, distrito de Huancayo

- Junín, es una vía Pavimentada y luego trocha carrozable.

##### **c) Clima**

El clima de Junín es frío, moderadamente lluvioso y con amplitud térmica moderada; en los valles interandinos el clima es frío boreal seco.

En la capital, la temperatura promedio es de 18.2°C.



*Figura 52. Delimitación de zona en estudio.*

#### **4.8. Aspectos éticos de la investigación**

Según lo mencionado por Espinoza (2020), “aquellas investigaciones de enfoque cuantitativo deben mostrar aspectos éticos que garanticen el bienestar de las personas, animales y objetos que se encuentran en estudio o estén dentro del rango de afección este proceso se realiza al cumplir los protocolos de una investigación ética”.

En la presente tesis con respecto a los aspectos éticos buscan salvaguardar la seguridad de los trabajadores de forma apropiada sin realizar sin ninguna modificación en el área de estudio, no se causarán consecuencias ambientales de ninguna forma no se transgredió la propiedad de los derechos en los autores mencionados en la investigación para lo que en un contexto de prioridad intelectual este criterio propiamente puesto en derechos de propiedad de los autores.

Desde otro punto para la reserva de la información al tratarse de una información que respecta al accionar y organización del repositorio académico se hará el uso correcto de las citas.

## **CAPÍTULO V**

### **RESULTADOS**

#### **5.1. Descripción de resultados**

El peligro es la probabilidad de ocurrencia de un fenómeno que afecte a la seguridad de una comunidad y está referido a un grado específico de dicho fenómeno. Existen varios tipos de peligros de carácter natural, así como los ocasionados por la actividad del hombre; los cuales constituyen una amenaza potencial para la sociedad, que pueden ocasionar algún tipo de Desastre.

Es así que en la elaboración del presente trabajo se tomó en cuenta el aporte de la Geología, La ingeniería Civil y la Cartografía en sus componentes de Estratigrafía, Geología Estructural, Geodinámica, Mecánica de Suelos, Mecánica de Rocas, y Sistemas de Información Geográfica.

##### **5.1.1. Consideraciones previas para el diseño sísmico**

Los suelos que existen en la ciudad de Huancayo sector de Torre Torre y en áreas de expansión urbana, tienen de moderadas a buenas condiciones físico- mecánicas, las cuales, amplifican muy poco las ondas sísmicas, aspecto que favorece a que las viviendas que se construyan sobre ellas no sufran mayores daños. En consecuencia, la ocurrencia de sismos de gran magnitud en la ciudad de Huancayo ya que es bastante improbable, pero no se puede descartar el riesgo y se deben tomar las precauciones del caso.

La Provincia de Huancayo se encuentra geográficamente en una zona de sismicidad media. Según el Reglamento Nacional de Construcciones, con fines de diseño estructural, se considera en forma general los siguientes parámetros sísmicos de diseño para suelos de la zona de estudio.

Tabla 21: Parámetros de diseño sísmico

PARÁMETRO	MAGNITUD	DESCRIPCIÓN
Zona	3	Mapa de Zonificación Sísmica
Factor de Zona	0.35 seg	Tabla de sismicidad
Perfil de suelo	Tipo S2	Suelos Intermedios
Parámetros del suelo	$T_p = 0.60$ seg $T_L = 2.0$ seg. $S = 1.15$	Período Predominante Factor de Amplificación del Suelo

**a) Aceleraciones Sísmicas Normalizadas**

En el mapa de aceleraciones máximas normalizadas publicado por la Pontificia Universidad Católica del Perú, que se adjunta en el presente informe el mapa en la que se observa que a la zona del proyecto le corresponde:

**Aceleración máxima: 0.35g**

**b) Peligrosidad sísmica en el Sur del Perú**

La información más reciente referida a peligrosidad sísmica para la zona se encuentra en la ponencia al “Peligrosidad Sísmica en el Sur del Perú” en la que se realiza un análisis de la distribución espacial de la sismicidad tanto en planta como en profundidad, así como un análisis estadístico que establece gráficas y ecuaciones de períodos de retorno para trabajos de predicción sísmica. Para el área estudiada, dicha evaluación establece:

Sismos de foco superficial (Profundidad hasta 60 Km): Total: 408 sismos.

**c) El periodo de retorno**

Tabla 22: Sismos

Sismos Superficiales		Sismos Intermedios	
mb = 6.4	100 años	mb = 6.6	100 años
mb = 6.9	400 años		

#### d) Probabilidad de ocurrencia

La probabilidad de ocurrencia de un sismo de  $m_b \geq 6.5$  dentro de un período de 100 años llega a ser del 80%.

#### e) Curvas de intensidades máximas

Distribución de ordenadas espectrales para el Perú correspondientes a un periodo estructural normal y periodo de retorno de 475 años.

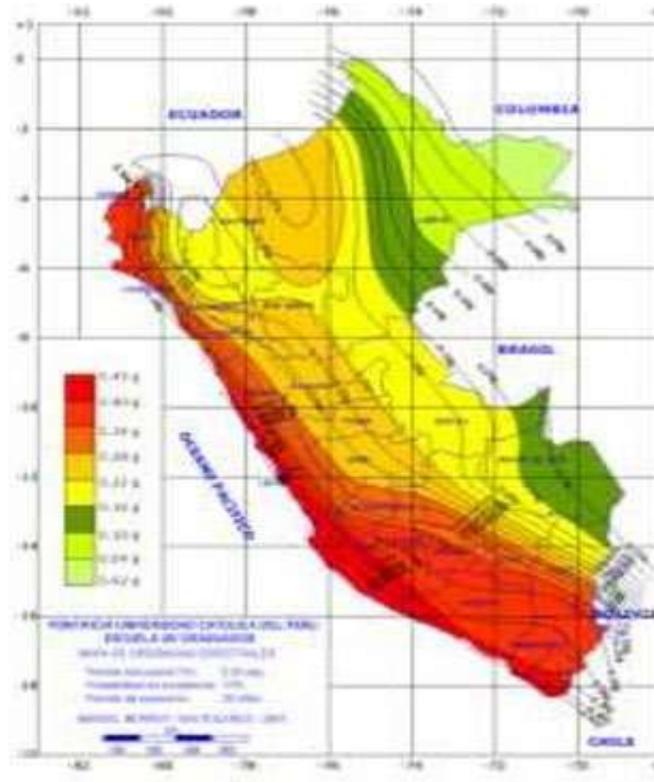


Figura 53. Mapa de ordenadas espectrales.

De acuerdo a esta información al área del proyecto le corresponde una ordenada espectral de 0.36 para un periodo de retorno de 475 años con una probabilidad de excedencia de 10% en un periodo de exposición de 50 años.

#### 5.1.2. Análisis de la falla estructural del talud

El análisis de la estabilidad del talud se realizó bajo las siguientes consideraciones:

**Análisis bidimensional: Sección crítica.**

- a) Criterio de falla : Mohr – Coulomb.
- b) Superficie de falla : circular
- c) Propiedades Mecánicas del suelo : Ensayos
- d) Método de análisis : Análisis planar
- e) Consideración de falla : Accidental

Tabla 23: Resistencia a la compresión

Resistencia a la compresión de roca. $\sigma_{ci} = [MPa]$	Parámetro de fuerza de la roca después de Hoek. $m_i[-]$	GSI [-]	Cohesión de la roca. $c[kPa]$	Ángulo de fricción interna de la roca. $\varphi[^\circ]$
150	25	75	7000-13000	46-68
80	12	50	3000-4000	30-65
50	16	75	2000-4000	40-60
30	15	65	1000-2000	40-60
20	8	30	400-600	20-44
15	10	24	300-500	24-38
5	10	20	90-100	23-28

**5.1.3. Proceso de falla estructural**

Se determina la identificación de la zona para el análisis mencionado ya que al determinar el comportamiento del talud en la zona analizada podemos corroborar que se va a presentar fallas en la zona y se pueden presentar las fallas para ello analizaremos los taludes más críticos y tomaremos como referencia el talud más crítica siendo así el proceso de falla que puede suceder a través de los parámetros establecidos para ello identificamos los puntos más críticos con los siguientes cortes transversales:

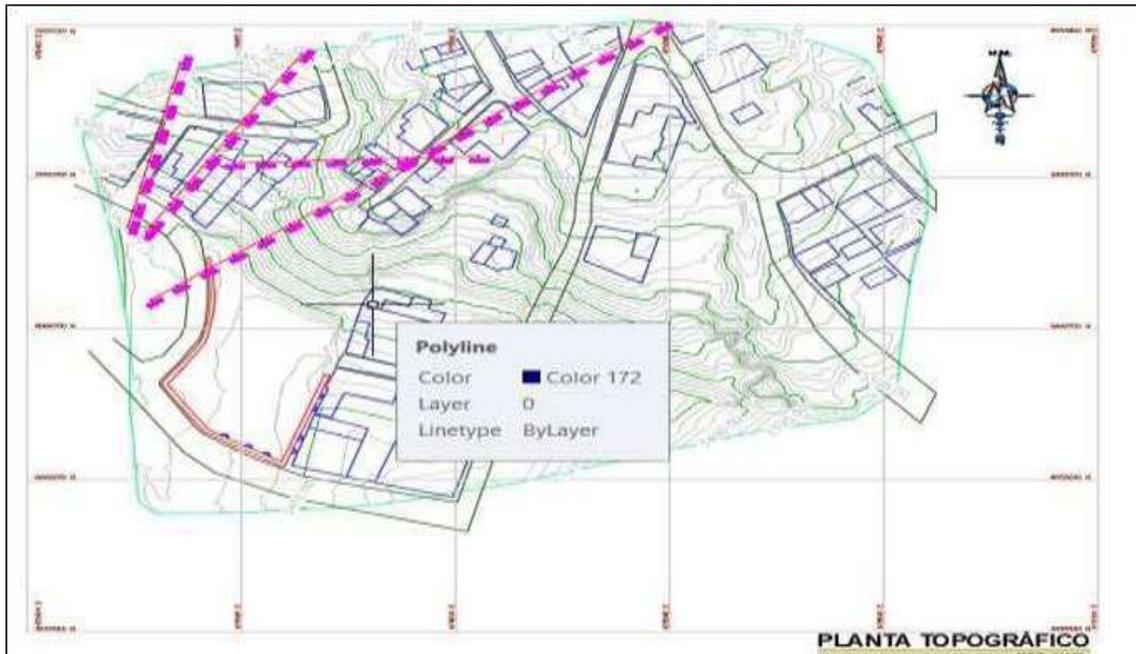


Figura 54. Plano topográfico de la zona.

**a) Secciones transversales analizadas**

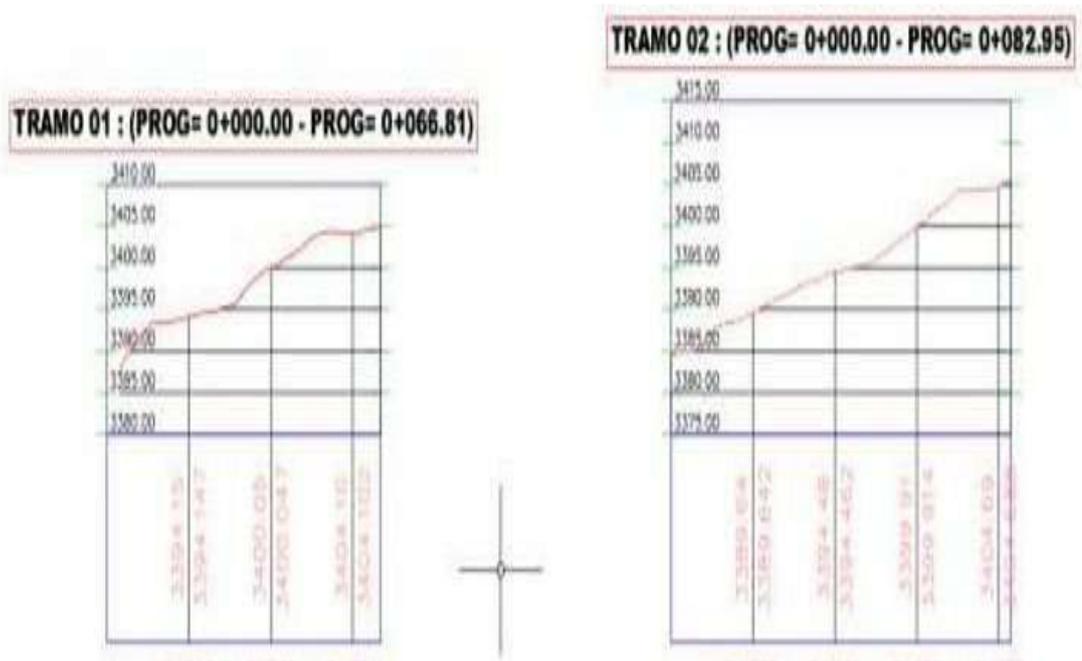


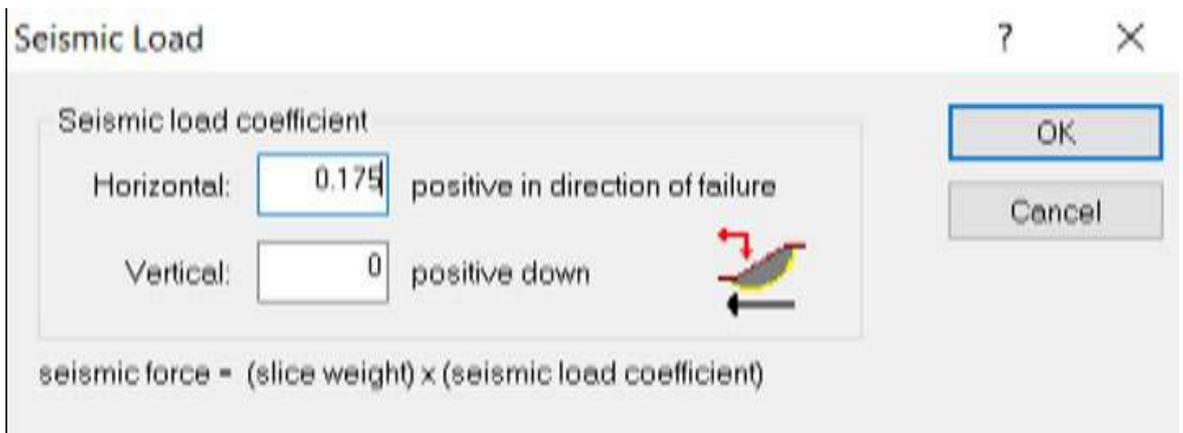
Figura 55. Secciones transversales del Talud N°03 - N°04.

Tabla 24: clasificación de suelos

PROFUNDIDAD	CLASIFICACION		CONTENIDO DE HUMEDAD	DENSIDAD SECA	DESCRIPCION Y CLASIFICACION DEL MATERIAL COLOR HUMEDAD NATURAL PLASTICIDAD ESTADO NATURAL DE COMPACTADO FORMA DE LAS PARTICULAS TAMAÑO MAXIMO DE PIEDRAS PRESENCIA DE MATERIAL ORGANICO,ETC
	SIMBOLOS	GRAFICOS			
0.40	O				Material orgánico color marrón oscuro con poca cementación y baja consistencia, alta presencia de raíces.
2.80	SC				Material Arcilla arenoso color rojizo con poca cementación, consistencia media y presencia mínima de raíces.
4.90	GC				Material Arcilla-Gravosa color mostaza con poca cementación, consistencia media y presencia mínima de raíces.
6.50	GC				Material Grava-arcilloso color mostaza con poca cementación, consistencia media y presencia mínima de raíces.

#### 4. Hynes, Griffin y Franklin (1984).

- $K_h = 0.5 a_{max}/g$  (En función del análisis peligrosas deformaciones)



## b) Análisis de los tramos N°02, talud N°01

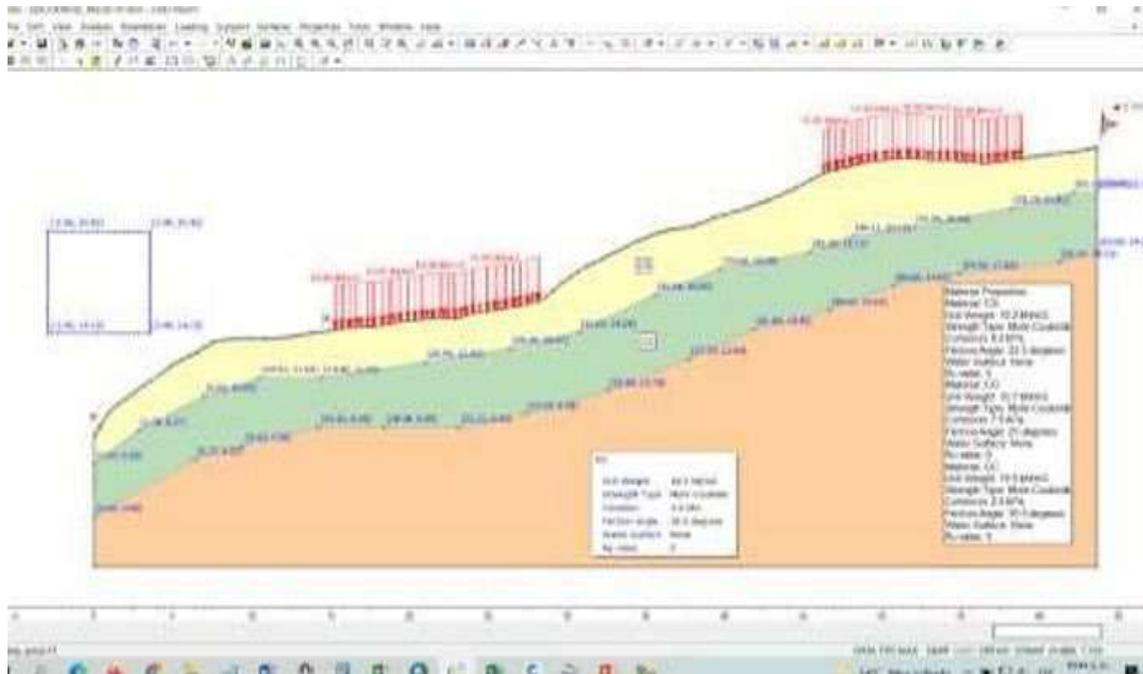


Figura 56. Análisis de los Tramo N°02, talud N°01

En la figura 56, se aprecia el análisis de las secciones de del talud n°1 en el tramo N°2, para lo cual se evaluará en función al Factor de seguridad que es (FS) 1.5.

## c) Factor de seguridad estático: $F_s=1.50$

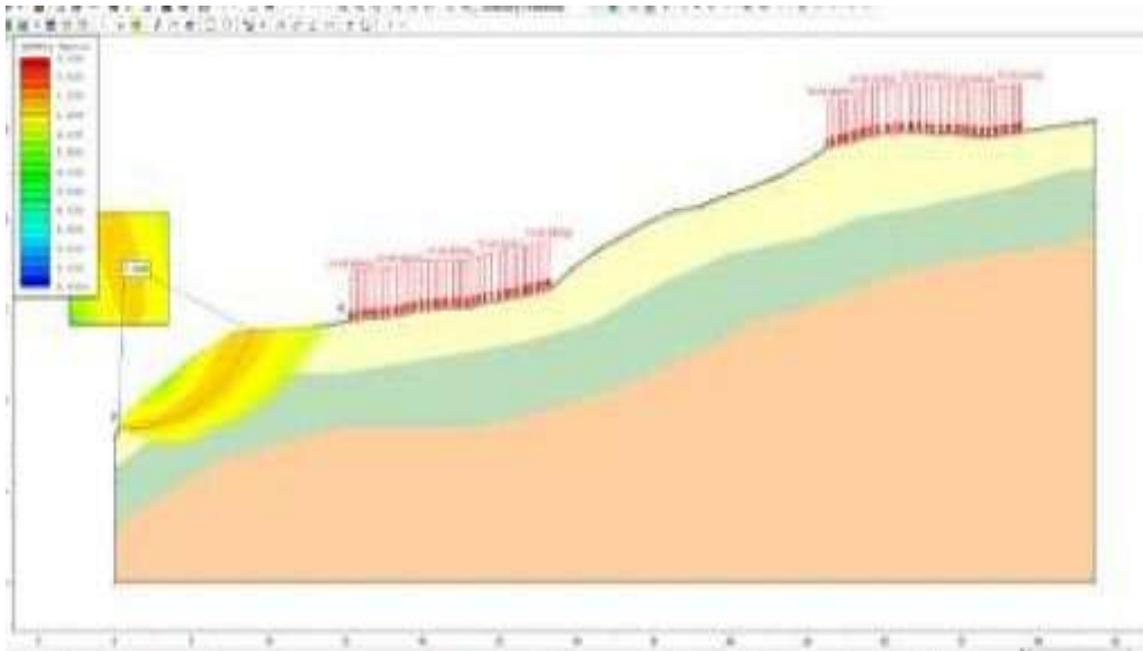


Figura 57. Factor de Seguridad Estático:  $F_s=1.50$

En la figura 57, se aprecia en el análisis de talud como factor de seguridad estático nos dio 1.50 por lo que se considera, que el talud está en riesgo de deslizamiento.

**d) Factor de seguridad pseudoestático:  $F_s=1.25$**

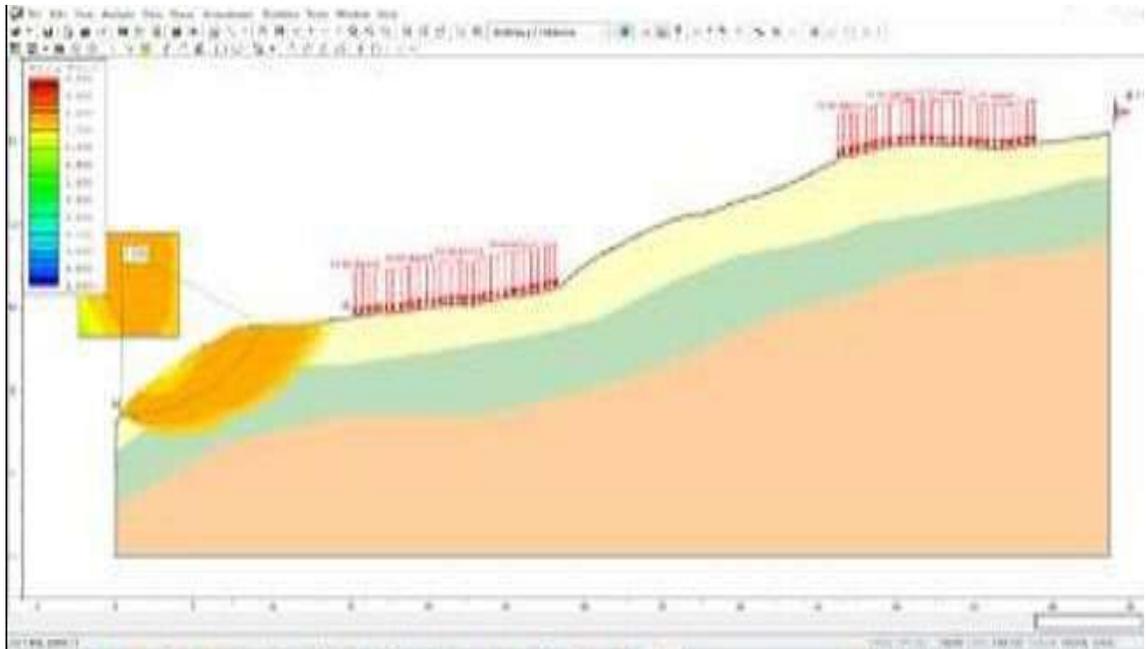


Figura 58. Factor de Seguridad pseudoestático:  $F_s=1.25$

En la figura 58, se aprecia en el análisis de talud como factor de seguridad nos dio 1.25 por lo que se considera, que el talud está en riesgo de sufrir un deslizamiento, debido a que se encuentra por debajo del 1.5 parámetro establecido.

Tabla 25: Comparativo de factor de seguridad estático y pseudoestático

TRAMO N°2	FACTOR DE SEGURIDAD
Factor de seguridad estático	1.50
Factor de seguridad pseudoestático	1.25

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 25, se aprecia en el tramo 2 en el talud 1 por el método estático nos dio 1.50 mientras que por el método pseudoestático de 1.25.

**e) Análisis de los tramos N°02, talud N°02**

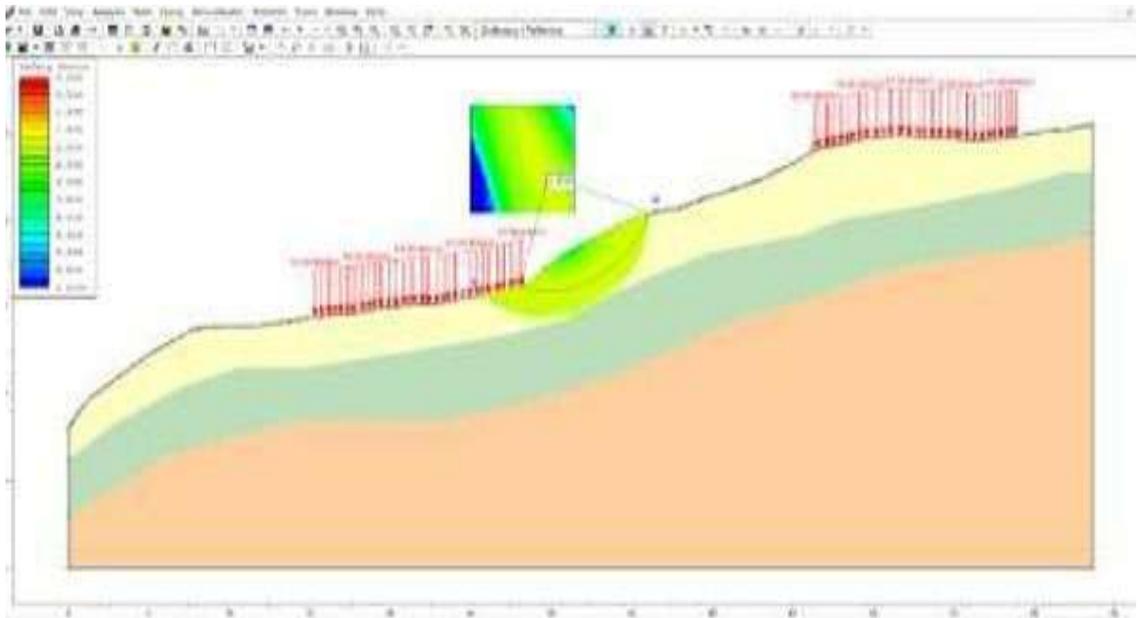


Figura 59. Análisis de los Tramos N°02, talud N°02

La figura 59, representa las secciones en el tramo N°2 del talud N°2 para luego poder evaluar el factor de seguridad estático y pseudoestático de taludes.

**f) Factor de seguridad estático:  $F_s=1.50$**

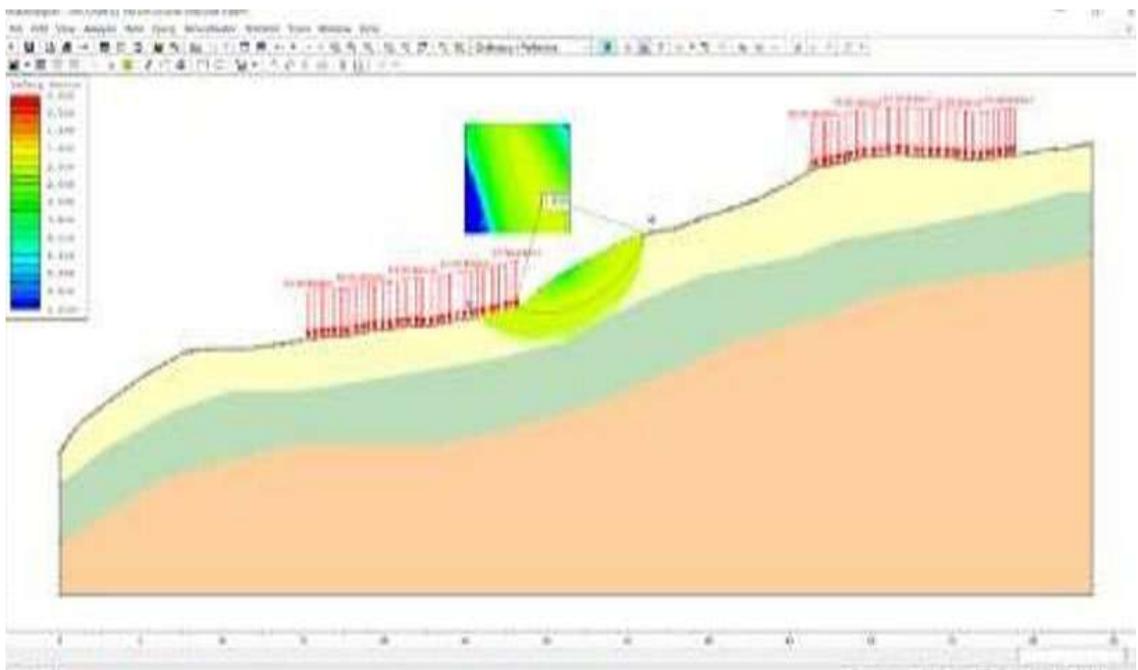


Figura 60. Factor de Seguridad Estático:  $F_s=1.50$

En la figura 60 se aprecia en el talud N°2, por el método estático el factor de seguridad nos dio 1.50 por lo que se encuentra dentro del parámetro de rango aceptable.

**g) Factor de seguridad pseudoestático:  $F_s=1.25$**

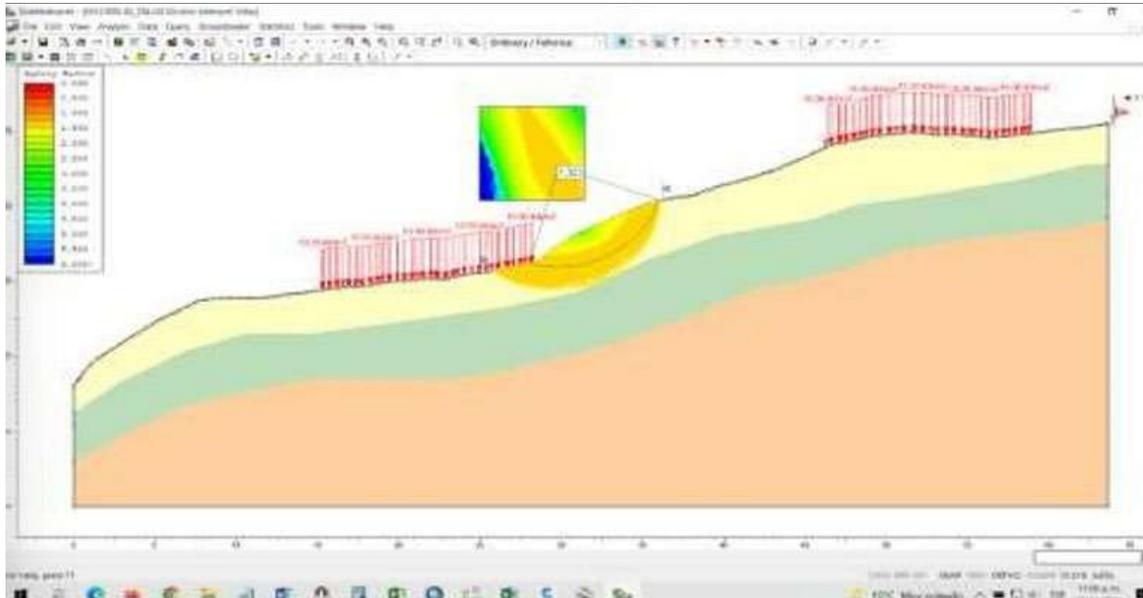


Figura 61. Factor de Seguridad Pseudoestático:  $F_s=1.25$

En la ilustración 61, se aprecia en el talud N°3, por el método estático el factor de seguridad nos dio 1.25 por lo que se encuentra fuera del parámetro de rango aceptable.

Tabla 26: Comparativo de factor de seguridad estático y pseudoestático

TRAMO N°2 - TALUD N°2	FACTOR DE SEGURIDAD
Factor de seguridad estático	1.50
Factor de seguridad pseudoestático	1.25

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 26, se aprecia en el tramo 2 en el talud 2 por el método estático nos dio 1.50 mientras que por el método pseudoestático de 1.25.

#### 5.1.4. Análisis de la estabilidad del talud

Análisis del talud crítico calculando la estabilidad y la posible falla que se pueda dar en la parte crítica para lo cual se analizará en un plano de 500 fallas para establecer el comportamiento del talud analizado.

##### a) Configuración de características

El análisis de estabilidad de talud se evaluará por 3 métodos que es el método bishop, Janbu y Spencer.

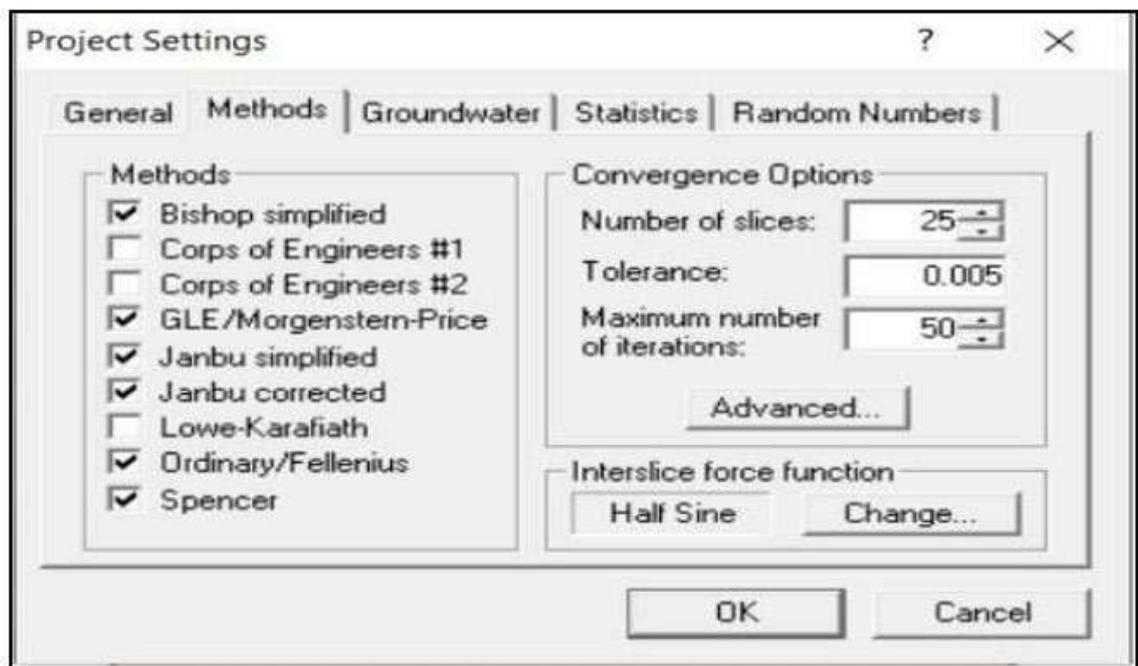


Figura 62. Configuración de características

##### b) Configuración del nivel freático



Figura 63. Configuración del nivel freático

### c) Configuración de cargas en talud crítico

En las siguientes imágenes se especifica las cargas en talud crítico, configuración de carga sísmica, configuración de sobrecarga.

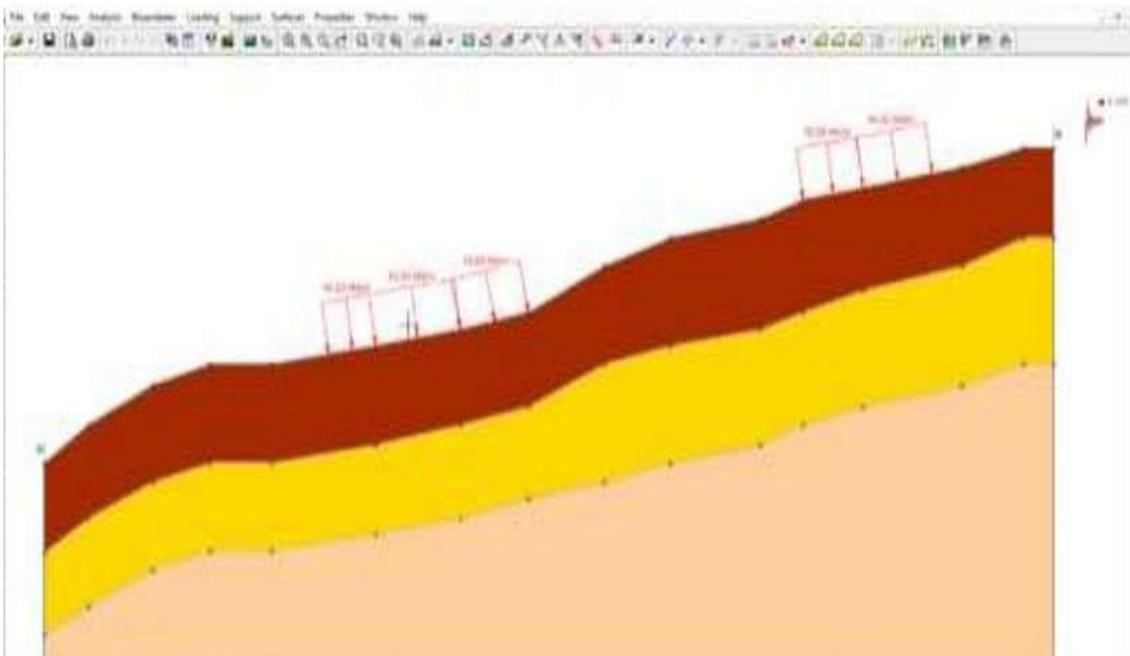


Figura 64. Configuración de cargas en talud crítico

En la figura 64, se especifica las cargas del talud en la sección crítica establecida a través de análisis estático y pseudoestático.

**d) Configuración de carga sísmica**

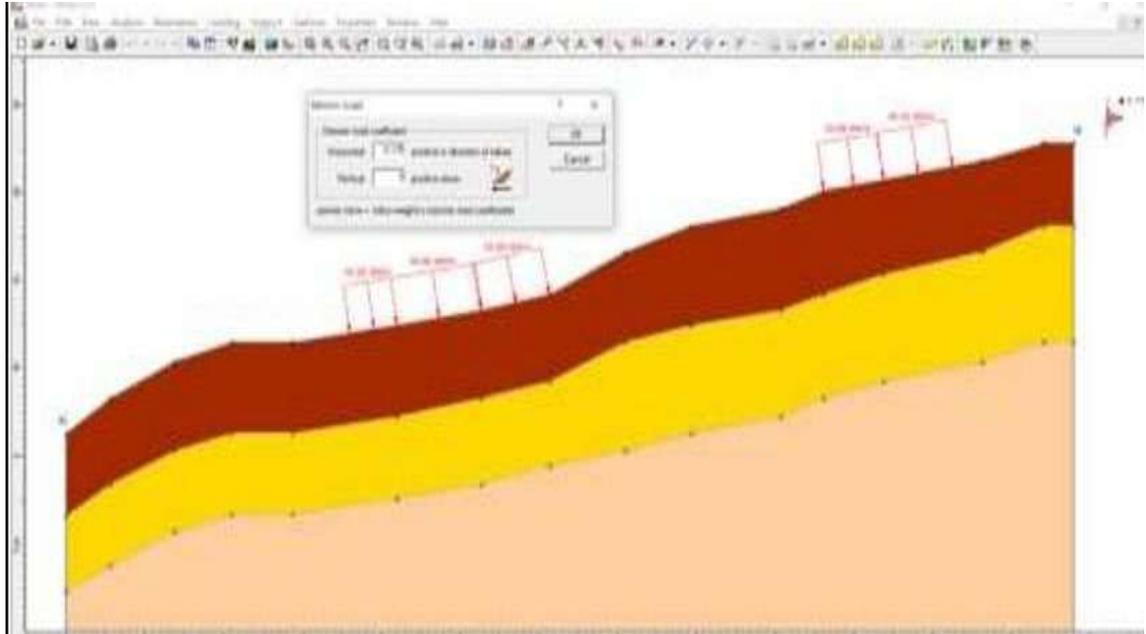


Figura 65. Configuración de carga sísmica

**e) Configuración de sobrecarga**

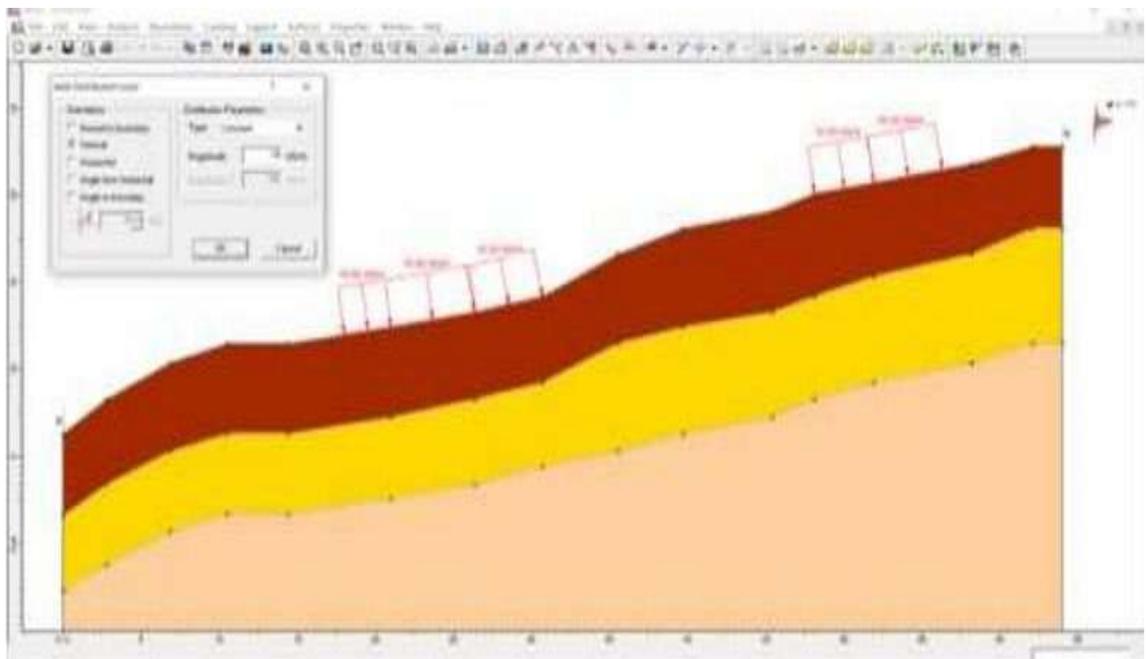


Figura 66. Configuración de sobrecarga

**f) Análisis con 5000 planos de fallas**

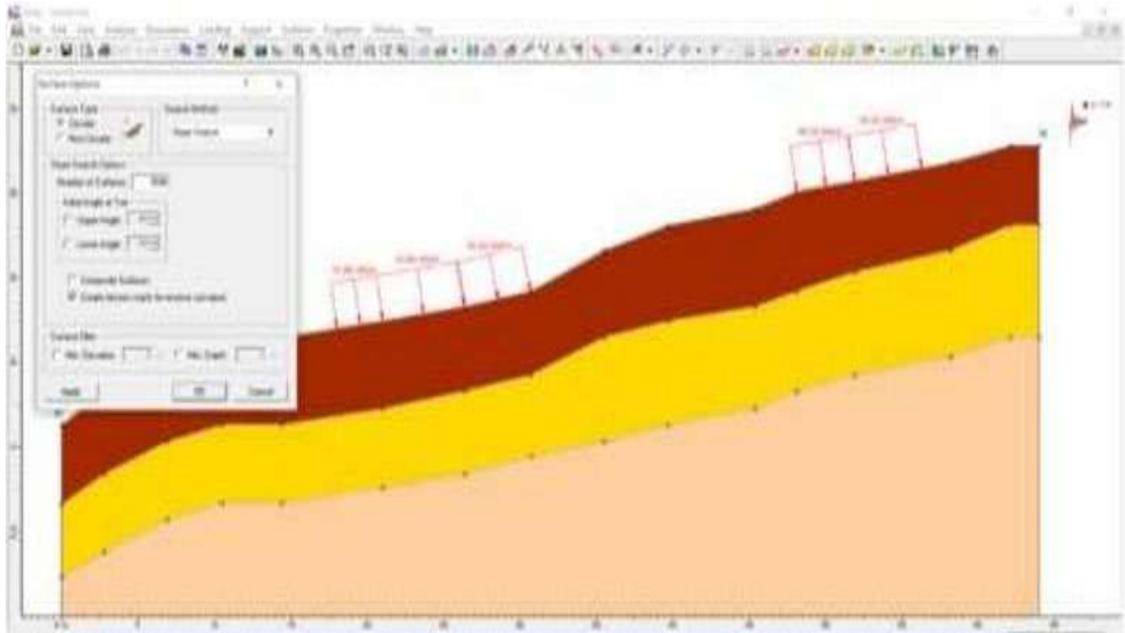


Figura 67. Análisis con 5000 planos de falla.

**g) Propiedades del suelo primer estrato**

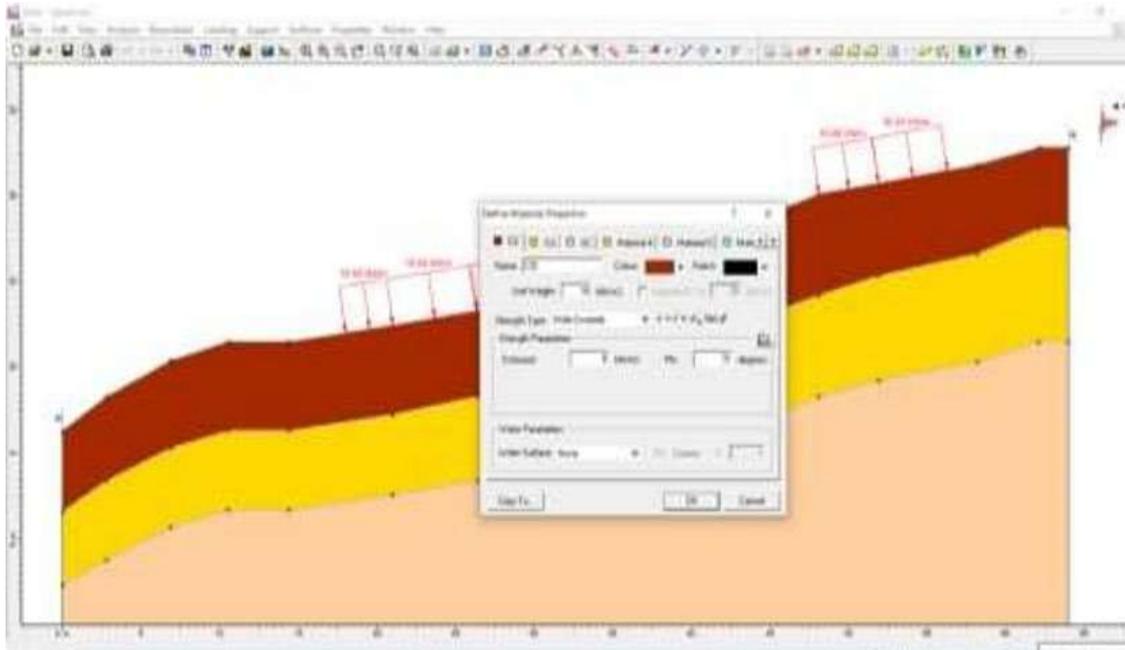
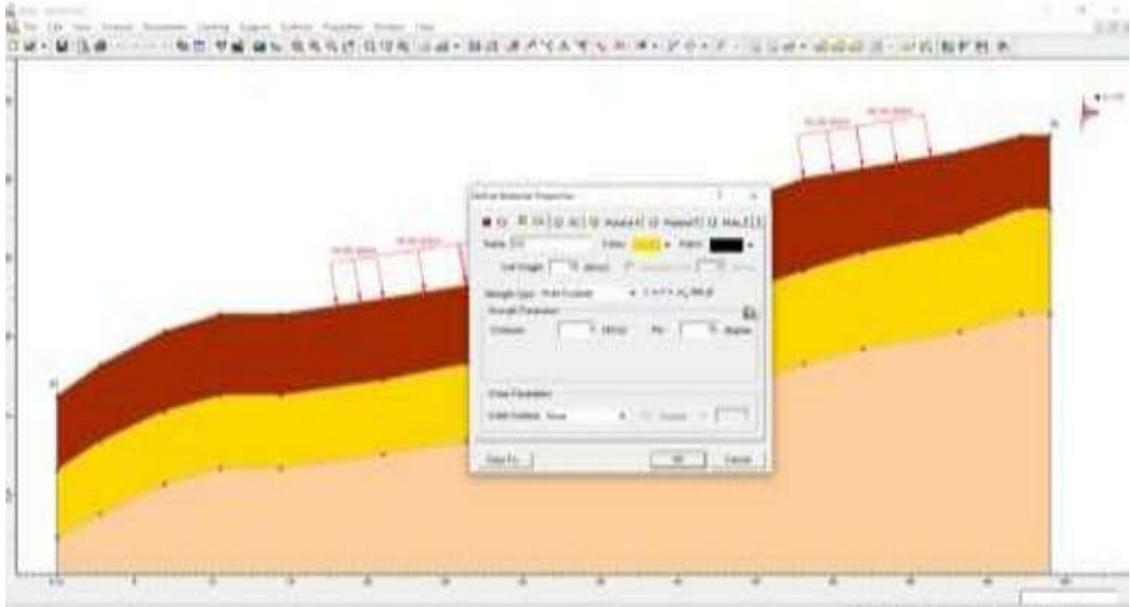


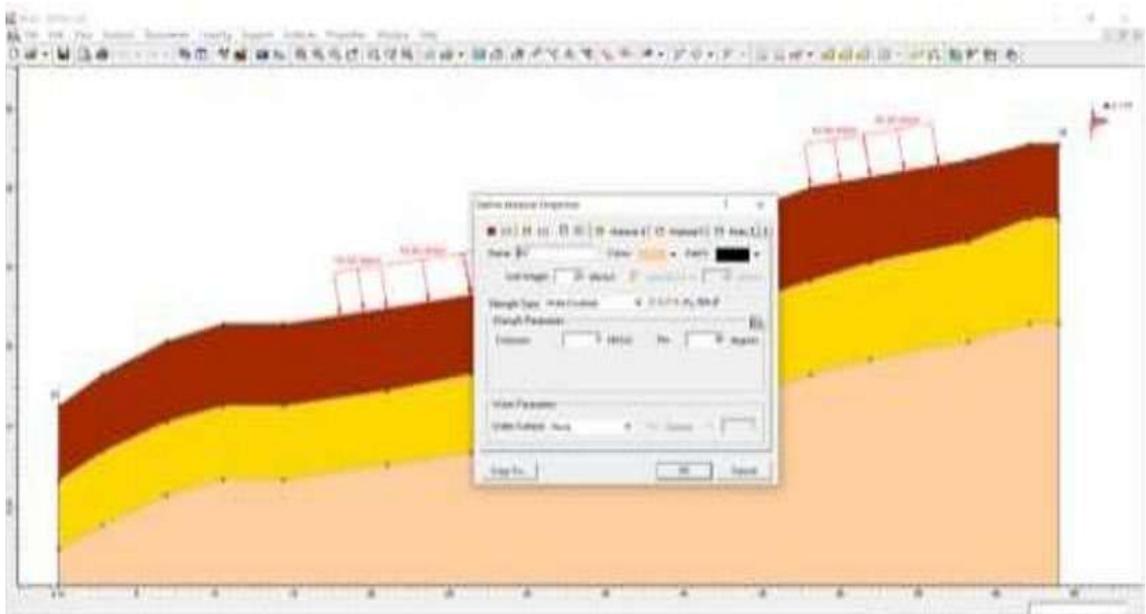
Figura 68. Propiedades del suelo primer estrato

**h) Propiedades del suelo segundo estrato**



*Figura 69.* Propiedades del suelo segundo estrato.

**i) Propiedades del suelo tercer estrato**



*Figura 70.* Propiedades del suelo tercer estrato.

**j) Análisis con más de 5000 planos de falla**

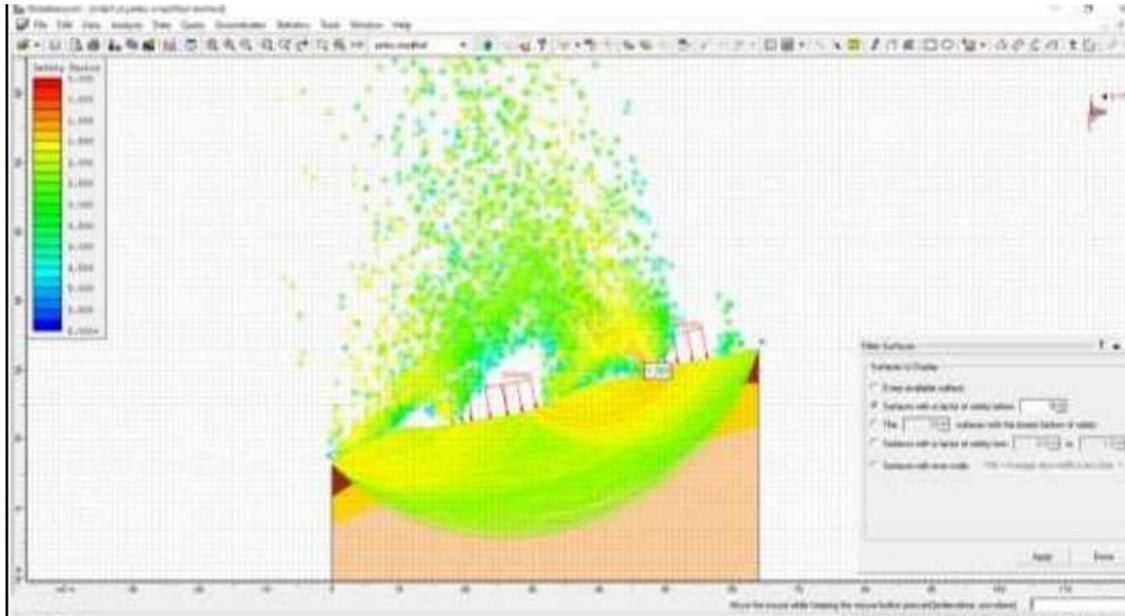


Figura 71. Análisis con más de 5000 planos de falla

**k) Factor de seguridad método de fellenius FS=1.12**

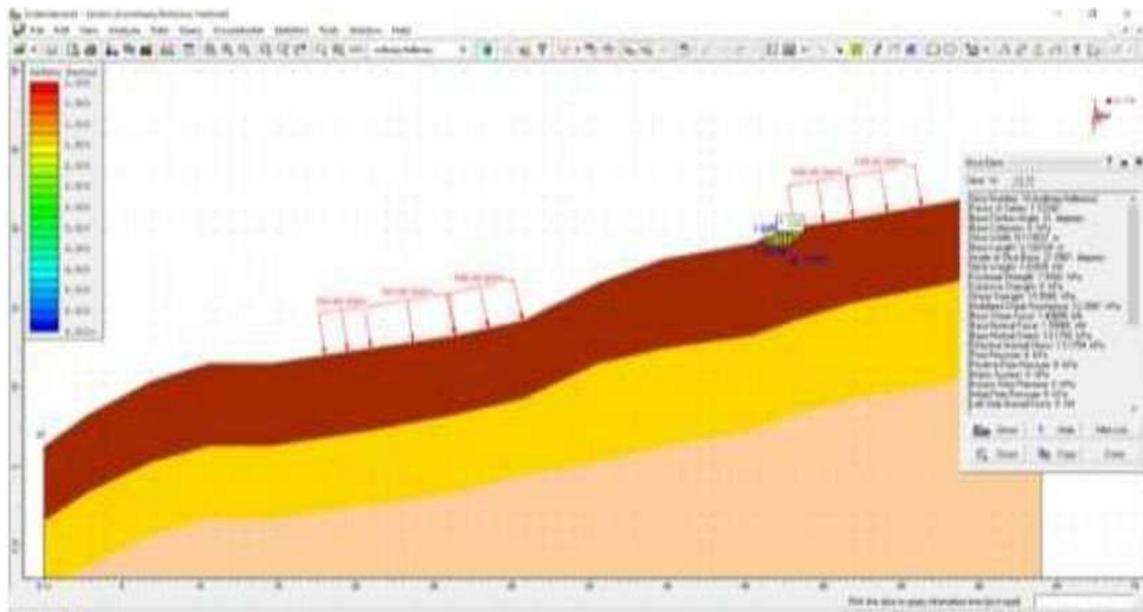


Figura 72. Factor de seguridad método de Fellenius FS=1.12

En la figura 72, se aprecia los resultados del factor de seguridad por el método de Fellenius cuyo valor nos dio FS=1.12 por lo que se encuentra por debajo del parámetro aceptable.

**l) Factor de seguridad método de bishop FS=1.35**

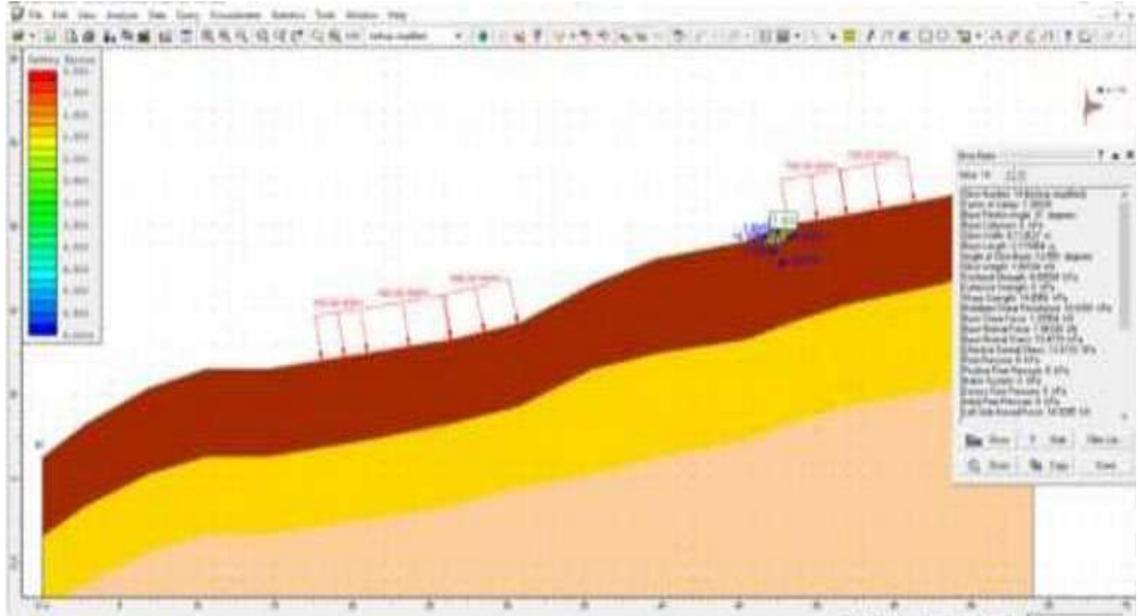


Figura 73. Factor de seguridad método de Bishop FS=1.35

En la figura 73, se aprecia los resultados del factor de seguridad por el método de Bishop cuyo valor nos dio FS=1.35 por lo que se encuentra por debajo del parámetro aceptable.

**m) Factor de seguridad método de Janbu FS=1.20**

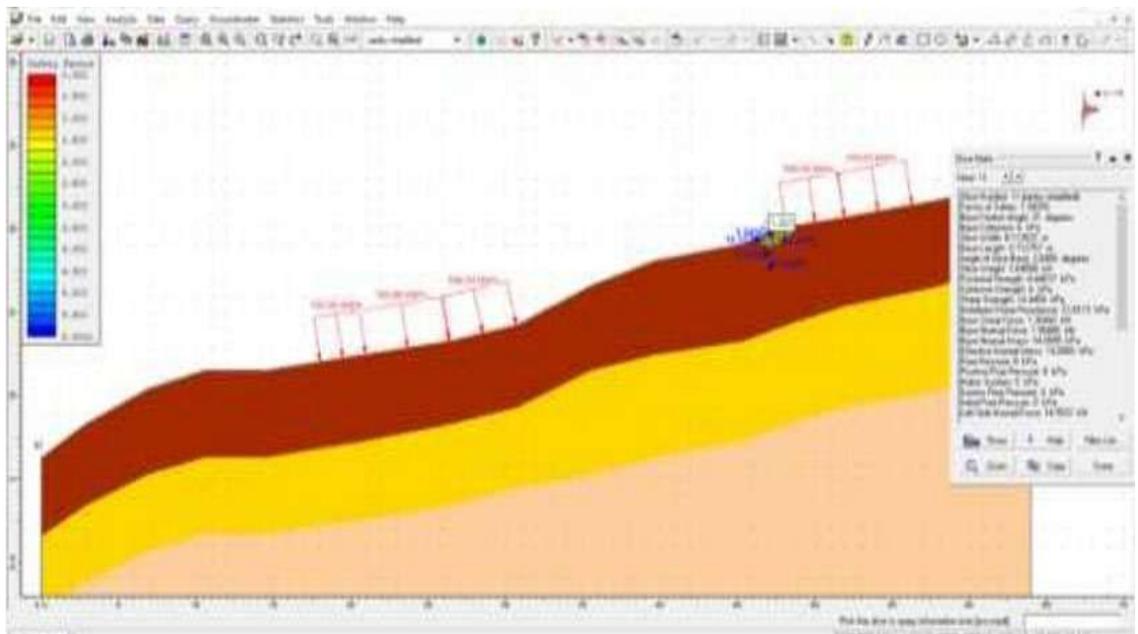


Figura 74. Factor de seguridad método de Janbu FS=1.20

En la figura 74, se aprecia los resultados del factor de seguridad por el método de Jambu cuyo valor nos dio  $FS=1.20$  por lo que se encuentra por debajo del parámetro aceptable.

**n) Factor de seguridad método de Spencer  $FS=1.36$**

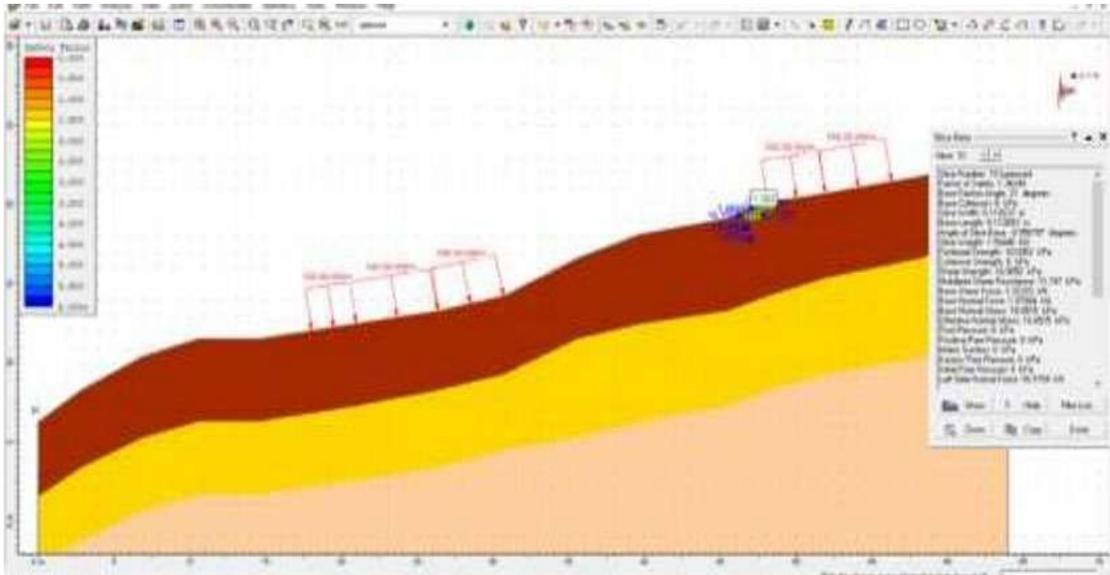


Figura 75. Factor de seguridad método de Spencer  $FS=1.36$

En la figura 75 se aprecia los resultados del factor de seguridad por el método de Spencer cuyo valor nos dio  $FS=1.36$  por lo que se encuentra por debajo del parámetro aceptable.

**o) Factor de seguridad método de Morgenstern - price  $FS=1.36$**

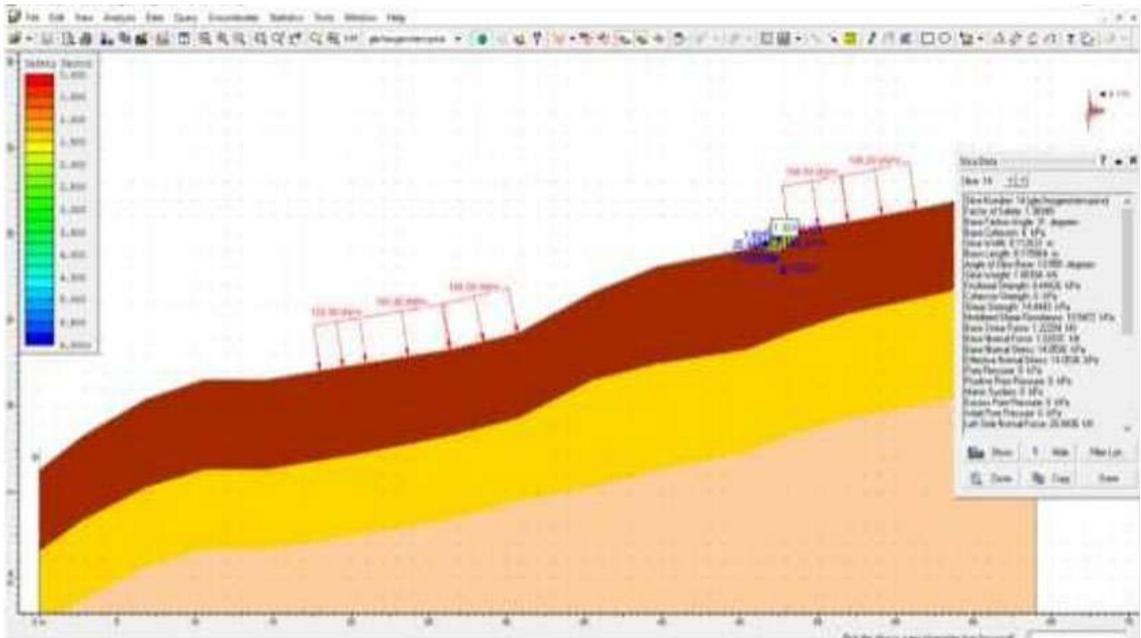


Figura 76. Factor de seguridad método de Morgenstern - price  $FS=1.36$

En la figura 76, se aprecia los resultados del factor de seguridad por el método de Morgenstern cuyo valor nos dio  $FS=1.36$  por lo que se encuentra por debajo del parámetro aceptable.

Tabla 27: Comparación de resultados del factor de seguridad de análisis del talud

<b>METODO</b>	<b>FACTOR DE SEGURIDAD</b>
Fellenius	1.12
Bishop	1.35
Jambu	1.20
Spencer	1.36
Morgenstern - price	1.36

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 27 se aprecia los resultados del factor de seguridad cuyos valores todos los métodos se encuentra por debajo del parámetro de factor de seguridad establecido que es el 1.5, por ello se afirma que el talud natural en el sector Torre Torre Huancayo se encuentra con una probabilidad de falla estructural alta, por lo que se requiere una estabilización.

### 5.1.5. Alternativa de estabilización del talud

Debido a la naturaleza de la falla esperada del talud natural, el deslizamiento y desprendimiento se recomienda alternativa para mitigar (minimizar) la probabilidad de falla en el sector de Torre Torre, siendo la alternativa:

- Alternativa. Estructura de retención

Esta alternativa, descarta por la probabilidad de falla del talud superior mayor, que predomina por el material arcilloso que existen en los diferentes estratos.

La estructura de retención propuesta, es el muro de contención de concreto armado, alternativa viable por la resistencia que aporta y por el poco espacio que necesita a comparación de un muro de gaviones u otras alternativas, etc.



*Figura 77.* Muro de contención concreto armado

Considera la capacidad del muro de contención de concreto armado, para resistir el deslizamiento a lo largo del talud natural, logrando un sistema retenido como resultado a la presión lateral de los suelos en estudio. Puesto que, la falla por deslizamiento o desprendimientos pueden suceder cuando las presiones laterales del suelo exceden las fuerzas resistentes.

## **CAPÍTULO VI**

### **ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS**

#### **6.1. Discusión de resultados con antecedentes**

De los antecedentes anteriormente mencionados, se presentan los resultados que buscan mantener una corroboración con los estudios a nivel internacional y nacional.

Según los resultados obtenidos en relación a la falla que se presenta por las condiciones sísmicas y geológicas, se puede indicar que la falla sería de deslizamiento y desprendimiento de talud. Esto debido a que el segundo estrato es de material con alto valor cohesivo, lo que lo vuelve inestable ante sollicitaciones sísmicas. Esto en comparación de los resultados de la investigación de (Revelo Burgos, 2018) que indica que las áreas del talud más probables de falla, son pie y de cuerpo de talud, esto debido a la geometría de los taludes, es decir la relación alto: ancho (V:M). Por otro lado, el investigador (Breña Vásquez, 2019) en su tesis llega a la conclusión de que la arcilla como material predominante en su suelo de estudio favorece a que los colapsos, subsidencias, reptaciones y post-fracturamientos sean más propensos a producirse. Lo que coincide con lo indicado en la presente investigación, donde se indica que el material cohesivo vuelve inestable al talud. Además, (Valdivia Sánchez, 2017), el cual pone la importancia a la clasificación geo mecánica del macizo rocoso y su influencia a resistencia para que finalmente concluya que un macizo rocoso dependerá del tipo de

material encontrado en campo, en este punto se coincide con el investigador el material que es conformado por el taludes muy importante ya que al ser identificado puede determinarse el comportamiento del talud, ya que para determinar el comportamiento del talud se determina el material para obtener su ángulo de fricción y su cohesión logrando así identificar mejor las propiedades del suelo y pueda lograrse un mejor comportamiento del material ante las solicitaciones sísmicas.

En relación a los resultados obtenidos como factores de seguridad de la estabilidad del talud, por medio de diferentes métodos, se puede indicar que el método de Fellenius indicó un factor de seguridad de 1.12, el método de Bishop indicó un factor de seguridad de 1.35, el método de Janbu indicó un factor de seguridad de 1.20, el método de Spencer indicó un factor de seguridad de 1.36, el método de Morgenstern - Price indicó un factor de seguridad de 1.36, valores que logran superar la unidad, siendo el valor más crítico igual a 1.12, mientras que el valor más alto fue igual a 1.36. Lo que se traduce en que las fuerzas resistentes del terreno y las fuerzas inestables mantienen una relación estable, según las condiciones proporcionadas. En relación a estos resultados, la investigación de (López López, 2019) sostiene que un talud se evalúa como inestable, al presentarse un factor de seguridad menor a 1.5, especialmente en presencia de suelos limosos, lo que se relaciona directamente con los resultados obtenidos puesto que los factores de seguridad no superan la escala de 1.5 y el suelo predominante es arcilla. Además (Alvarado León, 2018) sostiene que un estudio físico mecánico del macizo rocoso perteneciente al proyecto, con el fin de obtener la calidad de la roca, presentó la clasificación geo mecánica. El cual permitirá realizar diseños concretos. Además, se pudo determinar aplicando el método RMR que el macizo rocoso está entre roca regular a roca buena en este punto se coincide con el autor ya que al realizar este comportamiento se tiene que apoyarse con software que puedan generar las posibles fallas que presentan en todo el comportamiento del talud que logra mejorar dicho estudio.

Con respecto a los resultados de las medidas preventivas o correctivas necesarias para el talud, se puede indicar que un muro de contención de concreto armado en la parte inferior del talud, apoyaría a la estabilidad del mismo reduciendo la probabilidad de falla. Lo que se traduce en evitar los posibles deslizamientos o desprendimientos ante las solicitaciones sísmicas. Esto en comparación a lo obtenido en la investigación de (López

López, 2019), que indica que en su proyecto investigado recomiendan el método tradicional de revestimiento de taludes como alternativa de estabilización. Además, (Torres López, 2018), sostiene que desde un punto económico es indispensable realizar constantes estudios geológicos geo mecánicos en el frente de excavación puesto que si se presente cambios en el macizo rocoso se realicen los cambios necesarios en el sostenimiento en este punto se coincide con el autor ya que el poder analizar los taludes de rocas taludes naturales ya que los movimientos sísmicos, los cambios climáticos pueden alterar la estabilidad de estos taludes pudiendo así determinar que la zona que de afectada y pueda ocurrir eventos sísmicos y tener daños materiales y humanos se recomienda realizar estudios preventivos en todo los tramos que presentan un talud crítico.

## CONCLUSIONES

1. La probabilidad de falla estructural del talud natural es alta, puesto que las cargas externas y la clasificación de suelos según el modelamiento del talud determina que la mayor posibilidad de falla se presenta por deslizamiento, caída de material suelto, por lo que es necesario tomar las precauciones como se analiza en los 500 planos de falla.
2. La falla que se presenta por la condición sísmica sería la de deslizamiento y desprendimiento de talud, puesto que se tiene material con alto valor cohesivo en el segundo estrato, volviéndolo inestable ante sollicitaciones sísmicas y el valor del ángulo de fricción es menor para las muestras de los estratos analizados.
3. La estabilidad del talud natural se ha verificado por 5 métodos como factores de seguridad obteniendo que según el método de Fellenius el factor de seguridad es de 1.12, según el método de Bishop el factor de seguridad es de 1.35, según el método de Janbu el factor de seguridad es de 1.20, según el método de Spencer el factor de seguridad es de 1.36, según el método de Morgenstern - Price el factor de seguridad es de 1.36 lo cual determina que es estable en la relación de las fuerzas resistentes del terreno y las fuerzas inestables para las condiciones analizadas.
4. La disposición de medida preventiva y correctiva para el talud, es colocar un muro de contención en la parte inferior para evitar posibles deslizamientos ante sollicitaciones sísmicas o sección donde se asegure que el ángulo del talud sea menor que el ángulo de fricción interna del material más crítico asegurando así la estabilidad del talud.

## RECOMENDACIONES

- a) Se recomienda realizar estudios a zonas vulnerables donde se va construir viviendas ya que pueden presentar desastres naturales por las altas precipitaciones y la zona sísmica en la que vivimos puedan ocasionar daños económicos y hasta pérdidas humanas.
- b) Se recomienda realizar construcciones en zonas donde no se presente deslizamientos, desmoronamientos en taludes ya que pueden ocasionar desastres ante sollicitaciones sísmicas ya que este fenómeno natural es impredecible e incalculable en relación a su intensidad y puede ocasionar diversos daños.
- c) Se recomienda realizar análisis de talud sobre la estabilidad ya que puede asegurar el comportamiento ante sollicitaciones sísmicas y también tener en cuenta la presencia de niveles freáticos.
- d) Se recomienda tomar medidas preventivas como las construcciones de muros de contención, o cualquier estructura de retención, etc. que puedan estabilizar el talud y así garantizar la estabilidad del talud.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acuña Borbon, Ginet Tatiana. 2019.** *Instrumentacion para producir informacion geotecnica en proyectos de construccion de tuneles viales.* Facultad de ingenieria, Universidad catolica de colombia. Bogota : s.n., 2019. Tesis pregrado.
- Acuña Borgon, Ginet Tatiana. 2019.** *Instrumentacion para producir informacion geotecnica en proyectos de construccion de tuneles viales.* Facultad de ingenieria, Universidad catolica de colombia . Bogota : s.n., 2019. Tesis pregrado.
- Alvarez Risco, Aldo. 2019.** *Justificacion de investigacion.* Universidad de Lima. Lima : s.n., 2019.
- Aponte Cervantes, Manuel y Sulca Torres, Marco Jesus. 2018.** *Gestion de riesgos en la ejecucion de muros anclados.* Facultad de ingenieria, Universidad ricardo palma. Lima : s.n., 2018. Tesis pregrado.  
*armado, Elementos constructivos prefabricados vigas de concreto.*
- ACH, Paneles. 2021.** 26 de Abril de 2021.
- Ávila Pareja, Ronald. 2018.** *Análisis sísmico - dinámico en taludes para aseguramiento de estructuras de irrigación Sangallaya – Huarochirí – Región Lima 2017.* Facultad de ingenieria, Universidad cesar vallejo. Lima : s.n., 2018. Tesis pregrado.
- bicentenario, Diario oficial del. 2018.** Modifican la norma tecnica E.030 diseño sismoresistente del reglamento nacional de edificaciones. [aut. libro] Libertador simon bolivar. *Ministerio de vivienda, construccion y saneamiento.* 2018.
- By CSIRO. 2020.** Suelos con esteros de suelo cohesivo en vías de comunicación. [En línea] 2020. [Citado el: 27 de 01 de 2023.]  
[http://virtual.umng.edu.co/distancia/ecosistema/odin/odin\\_desktop.php?path=Li4vb3ZhcY9pbmdlbmllcmllhX2NpdmlsL2ludmVzdGlnYWNPb25feV9leHBsb3JhY2lvd19kZWxfc3Vic3VlbG8vdW5pZGFkXzIv#slide\\_2](http://virtual.umng.edu.co/distancia/ecosistema/odin/odin_desktop.php?path=Li4vb3ZhcY9pbmdlbmllcmllhX2NpdmlsL2ludmVzdGlnYWNPb25feV9leHBsb3JhY2lvd19kZWxfc3Vic3VlbG8vdW5pZGFkXzIv#slide_2).
- Enciso saldaña, Romell Martin y Nuñez Alvaro, Robin Wiliams. 2019.** *Verificacion de anclajes postensados mediante la aplicacion del ensayo de capacidad en el edificio hotel ibis san isidro - lima - peru - 2019.* Facultad de ingenieria, Universidad ricardo palma. Lima : s.n., 2019. Tesis pregrado.
- Espiritu Diestra, Otto Danton. 2020.** *Proceso constructivo de muros anclados para la contencion de suelo en edificaciones con sotanos.* Facultad de ingenieria, Universidad peruana los andes. Lima : s.n., 2020. Tesis pregrado.

- Espiritu, Diestra y Danton, Otto. 2020.** *Procesos constructivos de muros anclados para la contencion de suelo en edificaciones con sotanos.* Facultad de ingenieria, Universidad peruana los andes. Lima : s.n., 2020. Tesis pregrado.
- Fernández Bedoya, Hugo. 2020.** *Tipos de justificacion en la investigación científica.* Facultad de Ingenieria Civil, Universidad César Vallejo. Peru : s.n., 2020. Tesis Pregrado.
- Huaman Grandez, Jhony Wiliam. 2022.** *Evaluacion y control de deslizamiento de taludes entre el Km 63 de la carretera cajamarca - ciudad de Dios 2019.* Facultad de ingenieria , Universidad nacional de cajamarca. Cajamarca : s.n., 2022. Tesis pregrado.
- Ruiz Huamán, Morayma Katherine. 2018.** *Importancia de las zonas calentadas por vapor steam heated en los depositos de alta sulfuracion - caso sector sur de ayacucho-peru.* Facultad de geologo, Universidad nacional de cajamarca. Cajamarca : s.n., 2018. Tesis pregrado.
- Salvador, Camones y Antonio, Marco. 2018.** *Muros anclados para mejorar el analisis de procesos constructivos en excavaciones profundas del edificio santo toribio san isidro 2017.* Facultad de ingenieria , Universidad cesar vallejo. Lima : s.n., 2018. Tesis pregrado.
- usac.edu.gt. 2021.** *prevencion, estabilizacion y diseño.* 2021.
- Villarreal Hinojosa, Ronald. 2019.** *Metododos de manejo y estabilizacion. Geologia Aplicada a la Ingenieria Civil (167019).* 2019.
- Yepes Piqueras, Victor. 2018.** Universidad politecnica de valencia. *Universitat politecnica de valencia.* [En línea] 2018. <https://victoryepes.blogs.upv.es/tag/falso-tunel/>.

## **ANEXOS**

**Anexo N°01: Matriz de consistencia**

**“EVALUACIÓN DE LA PROBABILIDAD DE FALLA ESTRUCTURAL DEL TALUD NATURAL EN EL SECTOR DE TORRE TORRE -HUANCAYO - 2020”**

Problema	Objetivos	Hipótesis	Variables	Dimensiones	Indicadores	Metodología
<p><b>Problema general:</b></p> <p>¿Cuál es la probabilidad de falla estructural del talud natural en el sector de Torre Torre – Huancayo - 2020?</p>	<p><b>Objetivo general:</b></p> <p>Calcular la probabilidad de falla estructural del talud natural en el sector de Torre Torre – Huancayo – 2020.</p>	<p><b>Hipótesis general:</b></p> <p>El análisis de la probabilidad de falla estructural sería muy alto por el tipo de material en el talud natural en el sector de Torre Torre – Huancayo – 2020.</p>	<p><b>Variable Independiente:</b></p> <p>Probabilidad de falla estructural</p>	<p>Modo de falla</p> <p>Factor de seguridad</p> <p>Porcentaje de falla</p> <p>Longitud de talud</p>	<p>Geotecnia</p> <p>Grado de seguridad</p> <p>Perdida de estabilidad</p> <p>Volteo</p>	<p><b>MÉTODO DE INVESTIGACIÓN:</b> Cuantitativo <b>TIPO DE INVESTIGACIÓN:</b> Aplicada. <b>NIVEL DE INVESTIGACIÓN:</b> Explicativo <b>CUANDO:</b> 2020 <b>DISEÑO DE INVESTIGACIÓN:</b> El diseño de investigación utilizará un esquema No experimental, considerando que el análisis a realizar es teórico, bajo el siguiente esquema. OE → SA → XP → CE → RE Donde: OE = Objeto de Estudio SA = Estabilidad del Talud XP = Comportamiento sísmico CE = Probabilidad de falla Estructural RE = Resultados y Conclusiones <b>POBLACIÓN Y MUESTRA:</b> <b>POBLACIÓN.</b> La población estará definida por los taludes del sector Torre Torre en la ciudad de Huancayo. <b>MUESTRA:</b> La muestra representa al Talud ubicada en la zona de inferior del sector de Torre Torre con coordenadas 12°03'.17.48" S y 75°11'06.50" O. <b>TÉCNICAS E INSTRUMENTOS:</b> - Recolección de datos <b>TÉCNICAS DE PROCESAMIENTO DE DATOS:</b> Estadístico y probabilístico.</p>
<p><b>Problemas específicos:</b></p> <p>a) ¿Cómo se presenta el tipo de falla en la probabilidad de falla estructural del talud natural en el sector de Torre Torre – Huancayo - 2020?</p> <p>b) ¿De qué manera varía la estabilidad del talud en la probabilidad de falla estructural del talud natural en el sector de Torre Torre – Huancayo - 2020?</p> <p>c) ¿Qué disposición se puede tomar en la probabilidad de</p>	<p><b>Objetivos específicos:</b></p> <p>a) Determinar el tipo de falla en la probabilidad de falla estructural del talud natural en el sector de Torre Torre – Huancayo – 2020.</p> <p>b) Analizar la variación de la estabilidad del talud en la probabilidad de falla estructural del talud natural en el sector de Torre Torre – Huancayo – 2020.</p> <p>c) Evaluar que disposición se puede tomar en la</p>	<p><b>Hipótesis específicas</b></p> <p>a) El tipo de falla aumenta en la probabilidad de falla estructural del talud natural en el sector de Torre Torre – Huancayo – 2020.</p> <p>b) La estabilidad del talud varía de manera óptima en la probabilidad de falla estructural del talud natural en el sector de Torre Torre – Huancayo – 2020.</p> <p>c) La disposición se puede tomar en la probabilidad de</p>	<p><b>Variable dependiente:</b></p> <p>Talud natural</p>	<p>Tipo de falla</p> <p>Estabilidad de talud</p> <p>Disposición del talud</p>	<p>Dirección de la base del talud</p> <p>Factores de seguridad</p> <p>Medidas preventivas</p>	

Anexo 1 – Matriz de consistencia

falla estructural del talud natural en el sector de Torre Torre – Huancayo – 2020?	probabilidad de falla estructural del taludnatural en el sector de Torre Torre – Huancayo –2020.	falla estructural del talud natural en el sector de Torre Torre – Huancayo – 2020.				
--	--	--	--	--	--	--

**Anexo N°02: Matriz de operacionalización de variables**

VARIABLES	DEFINICION CONCEPTUAL	DEFINICION OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	INSTRUMENTO	ESCALA				
						1	2	3	4	5
<b>1: Variable Independiente</b>  Probabilidad de falla estructural	Enfocada fundamentalmente a conceptos básicos propios de la Probabilidad, con el fin de disponer el soporte conceptual que permita llegar a la estimación de Índice de Confiabilidad y Probabilidad de Falla, como datos fundamentales, producto de la correlación entre diseño por Factor de Seguridad y diseño con análisis de dicho Factor de Seguridad a partir de conceptos de Probabilidad de Falla para taludes.	La variable VI 1: Una falla es la fractura en la corteza terrestre a lo largo del cual se producen movimientos de los bloques que van a producir una falla estructural en el talud natural, siendo este una posibilidad ante eventos sísmicos.	Modo de falla	Geotecnia del material	Angulo de dirección		X			
			Factor de seguridad	Grado de seguridad	Relación altura – Pie del Talud		X			
			Porcentaje de falla	Perdida de estabilidad	Modelamiento Slide		X			
			Longitud de talud	Falla por volteo	Levantamiento topográfico		X			
<b>2: Variable Dependiente</b>  Estabilización de suelos cohesivos	Cuando el talud se produce en forma natural, sin intervención humana, se denomina ladera natural o simplemente ladera.	La variable VD 2: Los taludes son formados por la naturaleza a lo largo de la historia geológica. No requieren de la intervención humana para formarse, se pueden establecer como consecuencia de procesos erosivos, y los cuales a través del tiempo presentaran una inestabilidad por la erosión del material.	Tipo de falla	Dirección de la base del talud	Levantamiento topográfico		X			
			Estabilidad del talud	Factores de seguridad	Grado de consolidación granular		X			
			Disposición del talud	Medidas preventivas	Guía de instrumentación de taludes		X			

**Anexo N°03: Matriz de operacionalización de instrumento**

VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES	INSTRUMENTO	ESCALA				
				1	2	3	4	5
<b>1: Variable Independiente</b>  Probabilidad de falla estructural	Modo de falla	Geotecnia del material	Angulo de dirección		X			
	Factor de seguridad	Grado de seguridad	Relación altura – pie de talud		X			
	Porcentaje de falla	Perdida de estabilidad	Modelamiento slide		X			
	Longitud de talud	Falla por volteo	Levantamiento topográfico		X			
<b>2: Variable Dependiente</b>  Estabilización de suelos cohesivos	Tipo de falla	Dirección de la base del talud	Levantamiento topográfico		X			
	Estabilidad del talud	Factores de seguridad	Grado de consolidación granular		X			
	Disposición del talud	Medidas preventivas	Guía de instrumentación de taludes		X			

**Anexo N°04: Instrumento de investigación y constancia de su aplicación**

**Anexo N°06: Fotografía de la aplicación del instrumento**

## 1. ANALISIS GRANULOMETRICO



*Fotografía 1:* Ensayo de análisis granulométrico, separación de material por tamaño de partículas método de tamizado Según NTP 339.128

FUENTE: Elaboración Propia



*Fotografía 2:* Ensayo de análisis granulométrico, separación de material por tamaño de partículas método de tamizado Según NTP 339.128

FUENTE: Elaboración Propia

## 2. MALLA N°200



*Fotografía 3:* Ensayo del material más fino que pasa por el tamiz N°200. Según NTP 400.018.

FUENTE: Elaboración Propia

## 3. LIMITES DE ATTERBENG



*Fotografía 4:* Ensayo de Limite Líquido con el que se obtiene el contenido de humedad, de clasificación en ingeniería de las fracciones de grano fino de suelos; Según la NTP 339.129.

Fuente: Elaboración propia



*Fotografía 5:* Registrar el número de golpes, hasta cerrar la ranura, tomando una tajada suelo que aproximadamente y de ancho de la espátula para extenderla, incluyendo la ranura que se deslizo en conjunto, Según la NTP 339.129.

FUENTE: Elaboración Propia



*Fotografía 6:* Las pruebas de contenido de humedad sucesivamente más alto, se registra el límite determinarse y se reportara al suelo como no platico o plástico con pequeños gusanos. Según la NTP 339.129.

FUENTE: Elaboración Propia



Fotografía 7: Ensayo de Límites de Atterberg se pone las pruebas en pequeñas taras para poder ser secadas y determinar el porcentaje de humedad, Según la NTP 339.129.

FUENTE: Elaboración Propia



Fotografía 8: El criterio para aceptar la aceptación de los resultados de los ensayos de límite líquido obtenido por este método de ensayo, Según la NTP 339.129.

FUENTE: Elaboración Propia

#### 4. PROCTOR MODIFICADO



*Fotografía 9:* Los métodos de ensayo para la compactación del suelo en el laboratorio usaron la energía modificada, con procedimientos de compactación en la relación de agua y peso unitario de los suelos, Según la NTP 339.141.

FUENTE: Elaboración Propia



*Fotografía 10:* La muestra es de aproximadamente 16 kg para el método A y B debido a que la muestra de campo debe tener un peso húmedo de al menos 23kg; Según la NTP 339.141.

FUENTE: Elaboración Propia



*Fotografía 11:* La muestra serán de 10%, 12%, 14% y 16% de agua sobre la muestra para poder realizar el ensayo; Según la NTP 339.141.

FUENTE: Elaboración Propia



*Fotografía 12:* Apisonamiento del material con adiciones ya mostrados con el molde en 5 capas, en un molde con 56 golpes Según la NTP 339.141.

FUENTE: Elaboración Propia



*Fotografía 13:* Remover el material sobrante del molde, para obtener un espécimen del contenido de agua o una porción representativa; Según la NTP 339.141.

FUENTE: Elaboración Propia

## **5. ENSAYO DE RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R)**



*Fotografía 14:* Apisonamiento del material dentro del molde en 5 capas, en un molde con 56 golpes, en el segundo molde por 25 golpes y en el tercer molde 12 golpes. Según la NTP 339.175:2002.

FUENTE: Elaboración Propia



*Fotografía 15:* Enrasado del material dentro del molde en 5 capas, en un molde con 56 golpes, en el segundo molde por 25 golpes y en el tercer molde 12 golpes con condiciones de agua ya expuesto. Según la NTP 339.175:2002.

FUENTE: Elaboración Propia

## **6. LECTURA DE EXPANSION**



*Fotografía 16:* Sumergido de los moldes por 96 horas siendo medido la expansión cada 24 horas. Según la NTP 339.175:2002.

FUENTE: Elaboración Propia

## 7. LECTURA DE PENETRACION (CBR)



*Fotografía 17:* Ensayo para la determinación de un índice de resistencia del suelo, Lectura de penetración en el dial, 0.025 plg a 0.500 plg convencional. Según la Norma 339.175:2002.

FUENTE: Elaboración Propia



*Fotografía 18:* Ensayo para la determinación de un índice de resistencia del suelo, registro de penetración en el dial, 0.025 plg a 0.500 plg. Según la Norma 339.175:2002.

FUENTE: Elaboración Propia

## 8. CORTE DIRECTO



*Fotografía 19:* El objetivo de este ensayo es determinar la Resistencia al corte de la muestra del suelo consolidada y drenada por este método de corte directo; Según la NTP 339.171:2002.

FUENTE: Elaboración Propia



*Fotografía 20:* Es adecuado para determinar las propiedades de las resisten cuas en materiales drenados y consolidados para las trayectorias de drenaje a través de las muestras con cortas; según referencia NTP 339.171:2002.

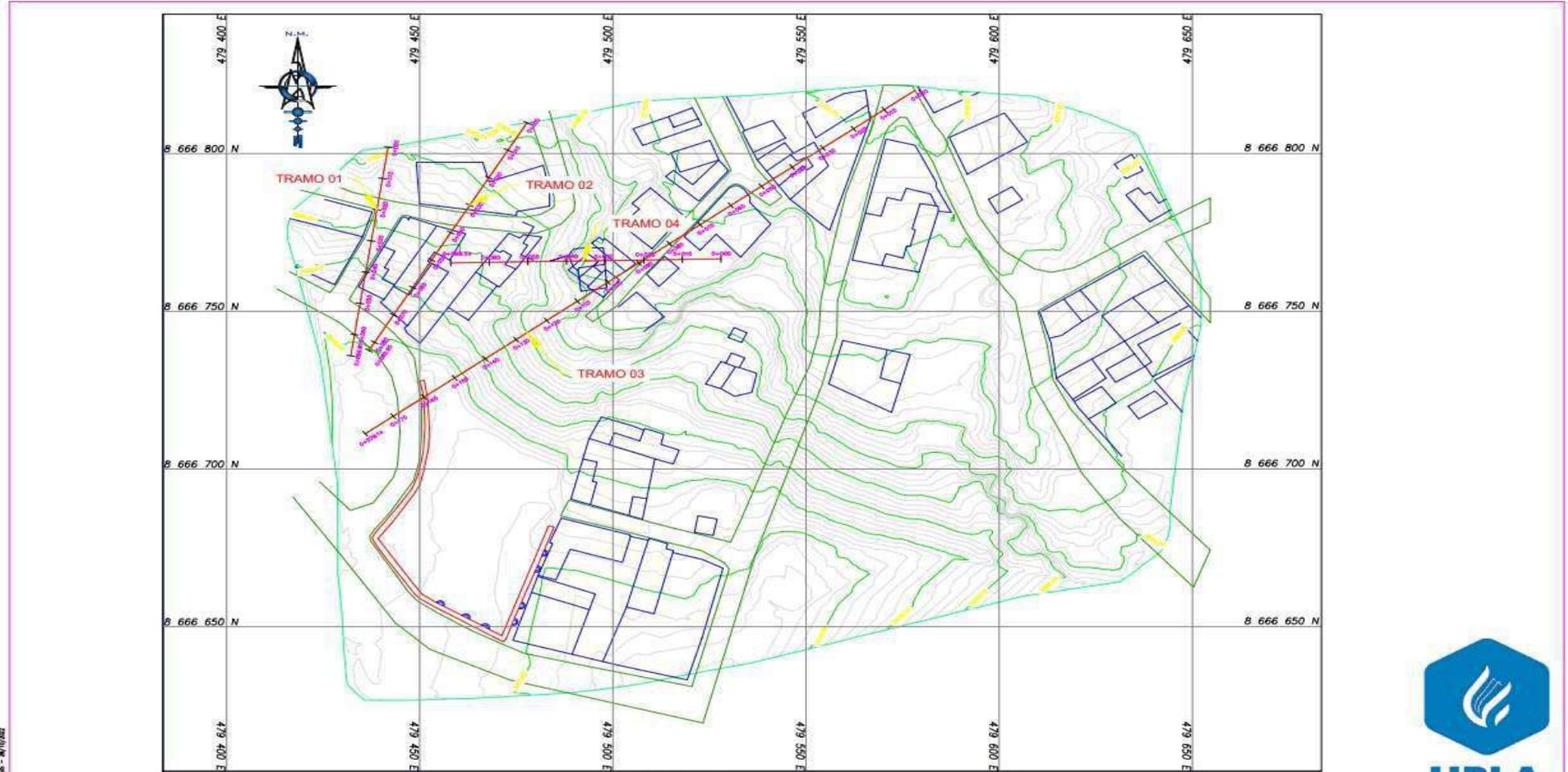
FUENTE: Elaboración Propia



*Fotografía 21:* Los resultados de ensayo son aplicables para estimar la Resistencia al corte en una situación de campo donde tiene lugar a una complete consolidación de esfuerzos; según referencia NTP 339.171:2002.

FUENTE: Elaboración Propia

**Anexo N°07: Planos**



PLANTA TOPOGRÁFICO

ESC. 1:500

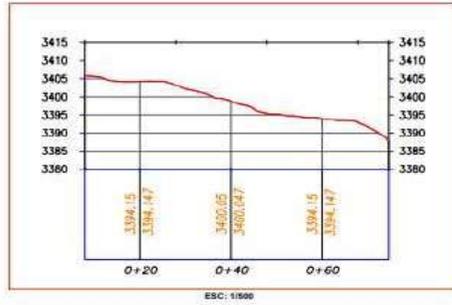
2022/11/04 - 08:58 - 2022 - 2022 - 2022 - 2022

1. EL SISTEMA DE COORDENADAS UTILIZADO ES UTM DATUM WGS 84, ZONA 18 SUR.
2. EL PLANO ESTÁ REALIZADO EN FORMATO A-1.
3. LAS COTAS SON REFERIDAS A M.S.N.M.

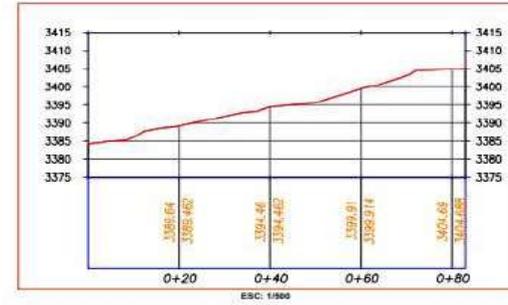
PROCESO: PISO METR: MECÁNICA: CIVIL: ELECTR: DISCIPLINA:		FECHA: APROBADO POR: FECHA:		UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES FACULTAD DE INGENIERÍA PROYECTO: EVALUACIÓN DE LA PROBABILIDAD DE FALLA ESTRUCTURAL DEL TALUD NATURAL EN EL SECTOR DE TORRE TORRE - HUANCAYO - 2020 PLANO: PLANO TOPOGRÁFICO DISEÑO: CHUQUILLANGUI DAVINO BRYEYDI BRAYAM ESCALA: INDICADAS TIPO PLANO: DWG N° DE PLANO: 10000-UPLA-C		AFE: CONTRATO: INC/PO/02 RES: 0	
NOMBRE: PLANO N°: REFERENCIAS:	N° REV.: FECHA: EMISO PARA APROBACIÓN: REVISIONES:	B.O.D.G.: C.A.L.: P.O.R.: R.E.L.: A.P.R.:	FECHA: FIRMAS:	ESCALA:	TIPO PLANO:	N° DE PLANO:	RES:



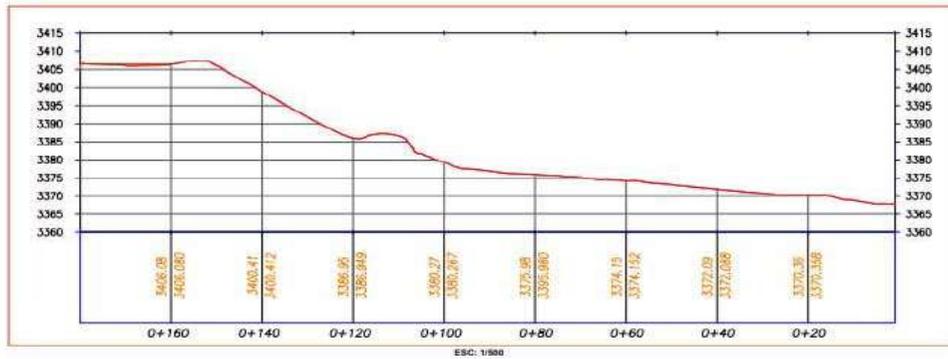
TRAMO 01 : (PROG=0+000.00 - PROG=0+066.81)



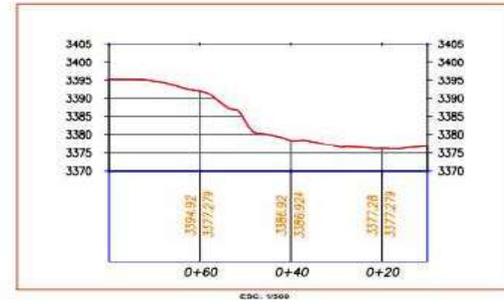
TRAMO 02 : (PROG=0+000.00 - PROG=0+082.05)



TRAMO 03 : (PROG=0+000.00 - PROG=0+179.14)



TRAMO 01 : (PROG=0+000.00 - PROG=0+068.54)



C:\Users\ADMINISTRADOR\Desktop - PLAN TOPOGRAFICO ESC: 1/500 10/2022

1. EL SISTEMA DE COORDENADAS UTILIZADO ES UTM DATUM WGS 84, ZONA 18 SUR.
2. EL PLANO ESTA REALIZADO EN FORMATO A1-1.
3. LAS COTAS SON REFERIDAS A MSLAM.

MEMO	PLANO N°	REFERENCIAS	N° REV.	FECHA	REVISIONES	DISEÑO	CAL.	FOR.	REL.	APR.	DISCIPLINA	FECHA	FRANCO	FECHA	OPINIONES CONSERVACION PRIMA	ESCALA	TPO PLANO	UWG	N° DE PLANO	REV.	
			0	20-08-2022	DISEÑO PARA APROBACION														10001-UPLA-C		0

UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES  
FACULTAD DE INGENIERIA

PROYECTO EVALUACION DE LA PROBABILIDAD DE FALLA ESTRUCTURAL DEL TALUD NATURAL  
EN EL SECTOR DE TORRE TORRE - HUANCAYO - 2020

PLANO TOPOGRAFICO  
CHUQUILLANQUI CAYINO DREYDI BRAYAM

FECHA: \_\_\_\_\_  
 APROBADO POR: \_\_\_\_\_  
 FECHA: \_\_\_\_\_

OPINIONES CONSERVACION PRIMA: \_\_\_\_\_  
 ESCALA: \_\_\_\_\_  
 TPO PLANO: \_\_\_\_\_  
 UWG: \_\_\_\_\_  
 N° DE PLANO: 10001-UPLA-C  
 REV.: 0

