



**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

**TESIS**

**“EVALUACIÓN DEL SISTEMA DE BANQUETAS EN TALUD  
DEL CERRO HUAYHUACA, CON EL PROGRAMA SLOPE  
GEOSTRU, EN EL DISTRITO DE ANDAHUAYLAS – 2018”**

**PRESENTADA POR EL BACHILLER**

**QUINTANA MALLMA, PAULO JERSON**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE**

**INGENIERO CIVIL**

**ANDAHUAYLAS - PERÚ**

**2018**

## **Dedicatoria**

A mis padres María del Carmen Mallma Navarro  
y Edilberto Quintana Medina por darme la vida y  
razones para mi desarrollo personal y profesional.

Paulo.

### **Agradecimiento**

A mis docentes de la escuela profesional de Ingeniería Civil; por compartir sus experiencias profesionales y fortalecer nuestra capacidad de aprendizaje.

Al Dr. Carlos Fernando Truyenque Cáceres; asesor científico y metodológico del trabajo de investigación; por su calidad humana, por orientar el desarrollo del trabajo de investigación y sobre todo por su actitud propositiva en la elaboración del informe final de investigación.

Al ingeniero Edwin Miranda Palomino; Asesor de especialidad por su permanente apoyo en la elaboración del presente trabajo de investigación.

Al ingeniero Guido Farfan Quispitupa; Por su permanente apoyo en la parte técnica y elaboración del presente trabajo de investigación.

## Resumen

El presente trabajo de investigación, tiene como objetivo determinar las ventajas de la aplicación del programa SLOPE GEOSTRU, para optar la mejor tecnología de solución y diseño de ingeniería segura, económica y eficaz, para la estabilización del talud, del cerro Huayhuaca, del Distrito de Andahuaylas – 2018, siendo una investigación tecnológica, de nivel descriptivo – explicativo, de tipo no experimental, con una muestra de 100 m<sup>2</sup> de análisis.

El software, nos permitió realizar el cálculo del factor de seguridad de manera automática por diferentes métodos matemáticos. A través del método simplificado de Bishop, determinando el factor de seguridad.

El cálculo de factor de seguridad por el método de Bishop simplificado, en la sección 0+010 y 0+020 en terreno natural, no superan el factor de seguridad normado de 1.5 en su punto más favorable y presenta un factor de seguridad de 1.30 y en su punto más desfavorable, con un factor de seguridad de 0.60 y en terreno rocoso, superan el factor de seguridad normado de 1.5 en su punto más favorable presenta un factor de seguridad de 20.00 y en su punto más desfavorable presenta un factor de seguridad de 16.00, la superficie muestra una formación rocosa de caliza fragmentada.

La mejor tecnología de solución y diseño de ingeniería segura, económica y eficaz, para la estabilización del talud, del cerro Huayhuaca, son el uso mallas de alta resistencia de triple torsión, ampliar el ancho de las bermas del talud a fin de aumentar el factor de seguridad en el talud, reducir la pendiente en las dos últimas banquetas además del uso de geo mantos de membrana sintética para el control de erosión del suelo y realizar un corte en la zanja de coronación a fin de aumentar el factor de seguridad en terreno natural.

**Palabras claves: SLOPE GEOSTRU, terreno natural, terreno rocoso.**

## Abstract

The objective of this research work is to determine the advantages of the application of the SLOPE GEOSTRU program, to choose the best solution technology and safe, economical and effective engineering design, for the stabilization of the slope, the Huayhuaca hill, the District of Andahuaylas - 2018, being a technological research, descriptive level - explanatory, non-experimental, with a sample of 100 m<sup>2</sup> of analysis.

The software allowed us to perform the calculation of the safety factor automatically by different mathematical methods. Through Bishop's simplified method, determining the safety factor.

The calculation of the safety factor by the simplified Bishop method, in section 0 + 010 and 0 + 020 in natural terrain, does not exceed the safety factor of 1.5 at its most favorable point and has a safety factor of 1.30 and at its most unfavorable point, with a safety factor of 0.60 and in rocky terrain, they exceed the safety factor of 1.5 at its most favorable point, it has a safety factor of 20.00 and at its worst it has a safety factor of 16.00, the surface shows a fragmented limestone rock formation.

The best technology of solution and design of safe, economic and effective engineering, for the stabilization of the slope, of the hill Huayhuaca, are the use of high-resistance meshes of triple torsion, to extend the width of the berms of the slope in order to increase the factor of safety on the slope, reduce the slope on the two last sidewalks, in addition to the use of geomantles of synthetic membrane to control soil erosion and make a cut in the coronation ditch in order to increase the safety factor in natural terrain.

**Keywords: SLOPE GEOSTRU, natural terrain, rocky terrain.**

## Índice

Dedicatoria .....	ii
Agradecimiento .....	iii
Resumen .....	iv
Abstract .....	v
Índice .....	vi
Índice de Tablas .....	x
Introducción .....	12
CAPÍTULO I.....	14
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	14
1.1 Descripción de la realidad problemática .....	14
1.2 Delimitación de la investigación .....	16
1.2.1 Delimitación Espacial .....	16
1.2.2 Delimitación Social.....	16
1.2.3 Delimitación Temporal .....	16
1.2.4 Delimitación Conceptual.....	16
1.3 Formulación del problema.....	17
1.3.1 Problema principal .....	17
1.3.2 Problemas específicos.....	17
1.4 Objetivos.....	18

1.4.1 Objetivo General.....	18
1.4.2 Objetivos Específicos .....	18
1.5 Hipótesis.....	18
1.5.1 Hipótesis General.....	18
1.5.2 Hipótesis Específicas.....	19
1.6 Justificación de la investigación.....	19
CAPÍTULO II .....	21
MARCO TEÓRICO.....	21
2.1 Antecedentes del problema.....	21
2.2 Bases teóricas .....	23
2.2.1 Slope .....	23
2.2.2 GEOSTRU .....	28
2.2.3 Tablas de conversión.....	29
2.2.2 Talud .....	34
2.2.2. Geometría de un talud.....	36
2.2.3 Estabilización.....	37
2.2.4 Deslizamientos.....	43
.....	45
2.3 Definición de términos básicos.....	49
CAPÍTULO III.....	53

MARCO METODOLÓGICO .....	53
3.1 Tipo y Nivel de investigación.....	53
3.1.1 Tipo de investigación.....	53
3.1.2 Nivel de investigación .....	54
3.2 Método y diseño de la Investigación .....	54
3.2.1 Método de la Investigación.....	54
3.2.2 Diseño de la Investigación.....	54
3.3 Población y Muestra .....	55
3.3.1 Población .....	55
3.3.2 Muestra .....	55
3.4 Variable, dimensiones, indicadores .....	56
3.5 Técnicas e instrumentos de recolección de datos .....	59
3.5.1 Técnicas .....	59
3.5.2 Instrumentos.....	60
3.5.3 Métodos de análisis de datos .....	61
3.5.4 Fuentes .....	61
CAPÍTULO IV.....	62
RESULTADOS .....	62
4.1 Descripción del trabajo de campo. ....	62
4.2 Metodología del estudio. ....	62



4.3	Resultados de la Investigación .....	63
4.3.1	Resultados de las Características Geomecánicas de las rocas del cerro Huayhuaca	63
	Designación de la Calidad de la Roca (RQD) .....	64
	Condiciones de las Discontinuidades .....	65
CAPÍTULO V .....		141
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....		141
5.1	Conclusiones.....	141
5.2	Recomendaciones .....	147
Referencias Bibliográficas.....		149
<b>ANEXOS</b> .....		152

## Índice de Tablas

Tabla 1: Conversión de inclinación en grados .....	30
Tabla 2: Conversión fuerzas: 1 Newton (N) = 1/9.81 Kg = 0.102 Kg ; 1 kN = 1000 N .....	30
Tabla 3: Conversión presiones: 1 Pascal (Pa) = 1 Newton/m <sup>2</sup> ; 1 kPa = 1000 Pa; 1 MPa = 1000000 Pa = 1000 kPa .....	31
Tabla 4: Valores aproximados de la constante de Winkler K en Kg/cm <sup>3</sup> .....	31
Tabla 5: Valores aproximados del peso de volumen en Kg/cm <sup>3</sup> .....	31
Tabla 6: Valores aproximados del ángulo de rozamiento $\phi$ , en grados, para suelos .....	32
Tabla 7: Valores aproximados de la cohesión en Kg/cm <sup>2</sup> .....	32
Tabla 8: Valores aproximados del módulo elástico, en Kg/cm <sup>2</sup> , para suelos .....	32
Tabla 9: Valores aproximados del coeficiente de Poisson para suelos.....	33
Tabla 10: Valores aproximados del peso específico de algunas rocas en Kg/m <sup>3</sup> .....	33
Tabla 11: Valores aproximados del ángulo de rozamiento $\phi$ , en grados, para rocas.....	34
Tabla 12: Valores aproximados del módulo elástico y del coeficiente de Poisson para rocas.....	34
Tabla 13: Métodos de conformación topográfica para equilibrar fuerzas .....	39
Tabla 14: Métodos de recubrimiento de la superficie del talud.....	40
Tabla 15: Métodos de control de agua y presión de poros .....	41
Tabla 16: Métodos de estructuras de contención.....	42
Tabla 17: Métodos para mejorar la resistencia del suelo .....	43
Tabla 18: Resistencia de la Roca Intacta .....	63
Tabla 19: Parámetros de la resistencia de la roca intacta de 67.45 mega pascales.....	64
Tabla 20: Designación de la calidad de la roca.....	64
Tabla 21: Espaciamiento de discontinuidades .....	65

Tabla 22: Abertura .....	66
Tabla 23: Continuidad de discontinuidades .....	66
Tabla 24: Rugosidad .....	66
Tabla 25: Rugosidad .....	67
Tabla 26: Meteorización .....	67
Tabla 27: Condiciones de Agua Subterránea.....	67
Tabla 28: Resumen de análisis de parámetros de caracterización .....	68
Tabla 29: Caracterización del Macizo Rocosó .....	69

## **Introducción**

La constante observación del cerro Huayhuaca y de su apariencia constructiva, nos motivó a realizar el presente trabajo de investigación, fundamentalmente por el temor e incomodidad que sienten los vecinos de este sector que temen por su seguridad, puesto que las lluvias han generado el desprendimiento de rocas y lodo cayendo hacia la vía asfaltada, sector del puente Colonial.

Siendo el objetivo principal determinar las ventajas de la aplicación del programa SLOPE GEOSTRU, para optar la mejor tecnología de solución y diseño de ingeniería segura, económica y eficaz, para la estabilización del talud, del cerro Huayhuaca, del Distrito de Andahuaylas, el presente informe de tesis se desarrolló de manera clara y extensa para el mejor entendimiento, se subdividió en cinco capítulos, consignados de la siguiente forma:

El capítulo I, abarca el desarrollo del área del problema de investigación, iniciando de la descripción de la realidad problemática, delimitación de la investigación, formulación del problema, los objetivos, sus variables e hipótesis y la justificación.

El capítulo II, incluye el desarrollo del marco teórico – conceptual, partiendo con los antecedentes de investigación, se sustenta las bases teóricas de las variables y la definición de términos básicos.

El capítulo III, marco metodológico, involucra el método de la pesquisa que está vinculada con el tipo, nivel de investigación, método, diseño de la investigación; población y muestra; técnicas, instrumentos, fuentes de recolección de datos.

El capítulo IV, comprende el desarrollo de la presentación y análisis de los resultados, además, se muestra la contrastación de hipótesis relacionadas con el trabajo de campo.

El capítulo V, comprende el desarrollo de la discusión de resultados, conclusiones de la investigación, recomendaciones; además se presenta la bibliografía y sus respectivos anexos.

## CAPÍTULO I

### PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

#### 1.1 Descripción de la realidad problemática

*“Los deslizamientos son uno de los procesos geológicos más destructivos que afectan a los humanos, causando miles de muertes y daño en las propiedades por valor de decenas de billones de dólares cada año”.* (Brabb, 1989)

*“Sin embargo, muy pocas personas son conscientes de su importancia. El 90% de las pérdidas por deslizamientos son evitables si el problema se identifica con anterioridad y se toman medidas de prevención o control”.* (Brabb, 1989)

Son varias actividades en donde la estabilidad de taludes se torna importante, es así por ejemplo en las obras de construcción lineales como carreteras y ferrocarriles, canales, conducciones, actividades mineras, y en general todo tipo de obra de construcción en donde sea necesario el uso una superficie plana en una zona de pendiente, además llegar a una profundidad determinada bajo la superficie, necesita del diseño y excavación de taludes. (Brabb, 1989)

El talud está sujeto a fuerzas naturales que tiende a hacer que las partículas y porciones del suelo próximas a su frontera deslicen hacia abajo; el fenómeno es más intenso cerca de la superficie inclinada del talud a causa de la falta de presión normal confinante que allí existe como una consecuencia, la zona mencionada puede quedar sujeta a un flujo viscoso hacia abajo, que generalmente, se desarrolla con extraordinaria lentitud. (Juárez, 2004)

*“El desequilibrio puede producirse por un aumento en las cargas de la corona del talud, por disminución en la resistencia del suelo al esfuerzo cortante o, en las laderas naturales, por conformación geológica que escapan a un análisis local detallado”.* (Juárez, 2004)

La vía asfáltica que une desde el puente colonial de Andahuaylas hasta el nuevo distrito de José María Arguedas – Huancabamba; viene causando temor e incomodidad a los vecinos de este sector que temen por su seguridad, puesto que las lluvias han generado el desprendimiento de rocas y lodo cayendo hacia las partes bajas del sector de Rumi Rumi y del puente Colonial destrozando las mallas colocadas por la empresa constructora OHL. En tanto las intensas precipitaciones pluviales ha hecho que varios tramos de esta la vía, se hayan deslizado rocas y tierra, poniendo en peligro el tránsito vehicular hacia el distrito José María Arguedas.

Los vecinos del Puente Colonial y del barrio Pochccota manifiestan que las faldas del cerro Huayhuaca no han sido arborizadas por los responsables de la empresa que construyó la pista, y con las intensas precipitaciones pluviales van a desprenderse más rocas que en cualquier momento puedan precipitarse y ocasionar daño a los transeúntes y vehículos que a diario pasan por esta carretera.

*“El programa SLOPE GEOSTRU, analiza la estabilidad de taludes en suelos con y sin cohesión con métodos tradicionales en geotécnica (Equilibrio límite), además con el método de los Elementos Discretos conoce los deslizamientos del talud y examinar la rotura progresiva”.* (Geostru, 2013)

*“Cabe resaltar que el programa SLOPE GEOSTRU en condiciones sísmicas lleva a cabo tanto el análisis estático como el dinámico”.* (Geostru, 2013)

El objetivo de la presente tesis se centra en la evaluación del sistema de banquetas del talud del cerro Huayhuaca en el distrito de Andahuaylas, con el programa SLOPE GEOSTRU, con la finalidad de optar por la mejor tecnología de solución y diseño de ingeniería para la estabilización del talud, para un tramo de 100 m en el cerro Huayhuaca y evitar la caída de rocas que es generalmente iniciada por temas climáticos, fenómenos naturales o artificiales, que causan un cambio en las fuerzas que actúan sobre una roca o terreno suelto.

## **1.2 Delimitación de la investigación**

### **1.2.1 Delimitación Espacial**

El presente trabajo de investigación se desarrollará teniendo como ámbito espacial el Cerro Huayhuaca, ubicado en el Distrito de Andahuaylas, Provincia de Andahuaylas - Apurímac.

### **1.2.2 Delimitación Social**

La propuesta tendrá como beneficiarios inmediatos a los pobladores aledaños a la zona norte del Cerro Huayhuaca (puente colonial), a los transportistas que usan la vía asfaltada hacia Huancabamba, a los pobladores del Distrito de Andahuaylas, jurisdicción de la Provincia de Andahuaylas y Región Apurímac.

### **1.2.3 Delimitación Temporal**

El presente plan de tesis abarcará un espacio de seis meses, comprendidos entre julio y diciembre del 2018, de conformidad al cronograma establecido (gráfica de gantt) del capítulo IV.

### **1.2.4 Delimitación Conceptual**

#### **A. BANQUETAS**

*“Plataforma elevada de cemento, roca, hormigón o madera, que permite el fácil acceso a un medio de transporte como un tren, micro, etc. Por arriba de los andenes, es por donde la gente circula, separándoles de la vía férrea”.* (Renfe, 2007)



*“Se conoce con el nombre genérico de banquetta o andén, al nivelado del piso de talud, haciendo los cortes y rellenos convenientes en capas sucesivas de tierra apisonada libre de materias orgánicas o rocas, con diferentes espesores compactados”.* (Renfe, 2007)

## **B. PROGRAMA SLOPE GEOSTRU**

*“Slope es un software de análisis de estabilidad de taludes que utiliza métodos de equilibrio límite junto con modelos numéricos avanzados, como el Element Discrete Method”.*

(Catanzariti, Geostru, 2017)

“Slope enfrenta con facilidad diversos casos, tales como análisis de estabilidad de suelos sueltos o rocosos, incluyendo condiciones anisotrópicas y sísmicas; consolidaciones (muros, pilotes, pantallas, anclajes activos y pasivos, clavos), estabilidad de embalse, refuerzo de suelos, drenajes, análisis dinámicos”. (Catanzariti, Geostru, 2017)

### **1.3 Formulación del problema**

#### **1.3.1 Problema principal**

¿Cuáles son las ventajas de la aplicación del programa SLOPE GEOSTRU, para optar la mejor tecnología de solución y diseño de ingeniería segura, económica y eficaz, para la estabilización del talud, del cerro Huayhuaca, del Distrito de Andahuaylas - 2018?

#### **1.3.2 Problemas específicos**

- ¿En qué medida los resultados de la aplicación del programa SLOPE GEOSTRU, en el análisis de **terrenos rocosos**, determina la mejor tecnología de solución y diseño de ingeniería segura, económica y eficaz, para la estabilización del talud, del cerro Huayhuaca, del Distrito de Andahuaylas - 2018?
- ¿En qué medida los resultados de la aplicación del programa SLOPE GEOSTRU, en el análisis de **terrenos sueltos**, determina la mejor tecnología de solución y diseño de

ingeniería segura, económica y eficaz, para la estabilización del talud, del cerro Huayhuaca, del Distrito de Andahuaylas - 2018?

## **1.4 Objetivos**

### **1.4.1 Objetivo General**

Determinar las ventajas de la aplicación del programa SLOPE GEOSTRU, para optar la mejor tecnología de solución y diseño de ingeniería segura, económica y eficaz, para la estabilización del talud, del cerro Huayhuaca, del Distrito de Andahuaylas - 2018.

### **1.4.2 Objetivos Específicos**

- Identificar si los resultados de la aplicación del programa SLOPE GEOSTRU, en el análisis de **terrenos rocosos**, determinan la mejor tecnología de solución y diseño de ingeniería segura, económica y eficaz, para la estabilización del talud, del cerro Huayhuaca, del Distrito de Andahuaylas – 2018.
- Identificar si los resultados de la aplicación del programa SLOPE GEOSTRU, en el análisis de **terrenos sueltos**, determina la mejor tecnología de solución y diseño de ingeniería segura, económica y eficaz, para la estabilización del talud, del cerro Huayhuaca, del Distrito de Andahuaylas - 2018.

## **1.5 Hipótesis**

### **1.5.1 Hipótesis General**

Las ventajas de la aplicación del programa SLOPE GEOSTRU, para optar la mejor tecnología de solución y diseño de ingeniería segura, económica y eficaz, para la estabilización del talud, del cerro Huayhuaca, del Distrito de Andahuaylas - 2018, son altamente significativas.

### 1.5.2 Hipótesis Específicas

- Los resultados de la aplicación del programa SLOPE GEOSTRU, en el análisis de **terrenos rocosos**, si determinan la mejor tecnología de solución y diseño de ingeniería segura, económica y eficaz, para la estabilización del talud, del cerro Huayhuaca, del Distrito de Andahuaylas – 2018.
- Los resultados de la aplicación del programa SLOPE GEOSTRU, en el análisis de **terrenos sueltos**, si determina la mejor tecnología de solución y diseño de ingeniería segura, económica y eficaz, para la estabilización del talud, del cerro Huayhuaca, del Distrito de Andahuaylas - 2018.

### 1.6 Justificación de la investigación

La aplicación del programa SLOPE GEOSTRU, para el estudio de la estabilización del talud del cerro Huayhuaca, del Distrito de Andahuaylas, es importante porque permitirá optar la mejor tecnología de solución y diseño de ingeniería segura, económica y eficaz.

Por otro lado favorecerá en prevenir posibles accidentes que pudieran presentarse en este tramo, pues diariamente una gran cantidad de vehículos y personas transitan por la vía asfaltada hacia Huancabamba, están expuestos a la muerte si llega a ocurrir la caída de rocas o piedra; esto es debido a que estas al rodar por el talud, alcanzan grandes velocidades, convirtiéndose en verdaderos proyectiles, prácticamente imposibles de esquivar por los conductores y peatones que se arriesgan a transitar por esta vía asfaltada.

#### **Justificación Social:**

El presente trabajo se realiza porque no hay estudios de la estabilidad de talud que presenta el cerro Huayhuaca, con la aplicación del programa SLOPE GEOSTRU, por lo que es necesario

hacer un análisis el cual nos permitirá conocer el tipo de falla que presenta, conociendo el factor de seguridad.

**Justificación Económica:**

Los recursos económicos no serán grandes, por lo que ya se dispone del software, solo son los estudios de mecánica de suelos y la topografía y los gastos que se ocasionen por fotocopiado, anillado, empastado y otros serán asumidos por el investigador.

**Justificación Técnica:**

Para la elaboración de la investigación presente, se tiene las facilidades necesarias. Se dispone del programa SLOPE GEOSTRU, el cual será utilizado para el cálculo del factor de seguridad. Se realizará la topografía y estudios de mecánica de suelos para el análisis de la estabilidad.

**Justificación Ambiental:**

Con esta investigación se analizará la estabilidad del talud para que no existan deslizamientos de tierras o rocas, las cuales generan movimiento de tierra que afecta al medio ambiente.

## CAPÍTULO II

### MARCO TEÓRICO

#### 2.1 Antecedentes del problema

Sobarzo, Villalobos, & King (2011) desarrollaron un estudio *sobre “La estabilidad de taludes en roca meteorizada de la formación Quiriquina. Obras y Proyectos”*, en este artículo se estudia la estabilidad de taludes de rocas sedimentarias meteorizadas presentes en la ciudad de Concepción. Se presenta una descripción geológica de las rocas sedimentarias, que forman parte de la Formación Quiriquina, utilizando mapas geológicos disponibles e información bibliográfica. Se muestran los resultados de laboratorio de las pruebas de corte directo. Esto permite la determinación de los valores de los parámetros de resistencia de las areniscas de la Formación Quiriquina. Finalmente, los análisis de estabilidad de taludes se realizan por medio de métodos de equilibrio límite. Los escenarios de casos de fallas en plano y en cuña se analizan utilizando los valores de parámetros obtenidos en las pruebas de laboratorio. Se concluye que, además de la importancia de la determinación adecuada de los valores de cohesión y ángulo de fricción en condiciones residuales y saturadas, es fundamental la determinación previa de posibles superficies de falla

Diaz (2008) desarrolló un trabajo de investigación titulado *“Estabilización del talud de la costa verde en la zona del distrito de Magdalena”*, para optar el título profesional licenciado en ingeniería civil en la Pontificia Universidad Católica del Perú, Perú, habiendo llegado a las

siguientes conclusiones: Los taludes de la Costa Verde en la zona del distrito de Magdalena (dentro del tramo del presente estudio) están constituidos en su mayoría por una grava mal gradada con matriz areno arcillosa, que comúnmente se denomina como el “conglomerado de Lima”. Las gravas que lo conforman son redondeadas (cantos rodados), tienen un T.M.= 10", un tamaño medio menor de 4" y que es susceptible al intemperismo. El talud presenta intercalaciones de finos o lentes, en su mayoría arcillosos, de espesor promedio de 2m. Estas intercalaciones de finos no tienen un orden particular, sin embargo, generalmente son horizontales y su potencia disminuye con respecto a la altura. La geometría del talud y el tipo de suelo encontrado hacen difícil la aplicación de soluciones del tipo activas, pues dificultan los procesos constructivos y elevan los costos. Por esta razón se opta por 2 soluciones del tipo pasivas avocadas directamente a solucionar el principal problema que presenta el talud, que es la caída de cantos rodados.

Sánchez (2014), desarrolló un estudio titulado *“Aplicación del programa Geo-Slope para el análisis de la estabilidad de taludes en la I.E. La Libertad. Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo”*. El presente trabajo de investigación se realizó en la LE. La Libertad-Huaraz, con el objetivo de aplicar el programa Geo-Slope para el análisis de la estabilidad de taludes. El tipo de investigación es observacional, transversal y prospectivo. El trabajo se inició con el levantamiento topográfico de la zona en estudio, para la obtención del plano topográfico y el plano de perfil del talud natural (se obtuvo siete secciones), luego se hizo el recorrido del área en estudio, con la finalidad de ubicar las calicatas, por la similitud del tipo de material, tan solo se ubicó una calicata que es la más representativa, en el medio del tramo en estudio y se hizo el muestreo del material que fue llevado al laboratorio, en el cual se realizaron los ensayos adecuados con la finalidad de obtener los parámetros (cohesión, ángulo de fricción y peso

específico) para el análisis de la estabilidad del talud. Se procedió a modelar las secciones transversales del talud natural, en el programa Geo - Slope/W, ya que anteriormente se obtuvo el plano topográfico del talud natural y los parámetros del suelo. Asimismo, se realizó el modelamiento de las secciones transversales del talud natural para el análisis pseudoestático, con la siguiente información de aceleración básica de diseño de horizontal para un periodo de retorno de 475 años en la ciudad de Huaraz (a máx.=0.17 g) y también se efectuó el modelamiento del talud con banquetas para el análisis estático y pseudoestático. Los resultados finales nos muestran que para el análisis estático de las primeras cinco secciones transversales del talud natural los valores de los factores de seguridad son menores a uno, lo que hace que el talud sea inestable, mientras que para las dos últimas secciones los valores de los factores de seguridad son mayores a uno, el talud es estable. Para el análisis pseudoestático los resultados de los factores de seguridad para las primeras seis secciones transversales del talud natural es inestable porque son menores a uno, mientras la última sección transversal del talud es estable porque el valor del factor de seguridad es mayor a uno. Asimismo, los factores de seguridad para el análisis estático y pseudoestático del talud con banquetas son mayores a uno, eso indica que al realizar las banquetas en toda la longitud del talud este queda estabilizada.

## **2.2 Bases teóricas**

### **2.2.1 Slope**

*“Es definido como un software de análisis de estabilidad de taludes que utiliza métodos de equilibrio límite junto con modelos numéricos avanzados, como el Element Discrete Method y es considerado la mejor aplicación para analizar la estabilidad de taludes”.* (Catanzariti, 2017)

Slope tiene una amplia variedad de usos; basta con hacer una búsqueda en Internet para darse cuenta de los miles de cálculos que se llevan a cabo con este software. Slope enfrenta con

facilidad diversos casos, tales como análisis de estabilidad de suelos sueltos o rocosos, incluyendo condiciones anisotrópicas y sísmicas; consolidaciones (muros, pilotes, pantallas, anclajes activos y pasivos, clavos), estabilidad de embalse, refuerzo de suelos, drenajes, análisis dinámicos. (Catanzariti, 2017)

*“Slope incluye además procedimientos de backanalysis retrospectivo, con el cual es posible obtener los parámetros geotécnicos críticos”.* (Catanzariti, 2017)

*“Es un software Marca GEOSTRU, compañía que, gracias a la continua inversión en desarrollo, ha posicionado sus productos entre los más respetables del mercado técnico internacional, mereciendo que se publiquen artículos en las principales revistas técnicas como la sciencedirect”.* (Catanzariti, 2017)

### **¿Por qué es el más usado?**

*“Por la entrada de datos: numérica y gráfica, importación de todo tipo de archivos (incluso con un simple copiar-pegar), secciones topográficas en modelos 3D, secciones topográficas de modelos digitales, tales como bing maps”;* (Catanzariti, 2017)

- Parametrización sísmica con importación automática de los datos, según el mapeo sísmico del país donde se esté usando Slope;
- Certeza absoluta de los resultados obtenidos en una gran variedad de casos de empleo, que van desde simples análisis de estabilidad hasta casos complejos como la estabilidad de embalses con rápido vaciado, obras de estabilización, análisis sísmicos dinámicos, análisis de estabilización;
- Avanzados modelos de cálculo como el DEM (Element discrete Method) o análisis isotrópico;



- Resultados claros e inmediatos con controles visivos y textuales; detalladas relaciones de cálculo.

*“Hoy en día es posible encontrar en internet una grande variedad de software, pero solo SLOPE logra simplificar el trabajo profesional con sencillas entradas de datos, resultados fáciles de consultar y exhaustivos informes de cálculo”.* (Catanzariti, 2017)

*“El costo de SLOPE es sumamente competitivo, tanto para la adquisición de la licencia de uso como para el programa de actualizaciones”.* (Catanzariti, 2017)

#### **2.2.1.1 Descripción técnica:**

A continuación Filipino Catanzariti (2017) comenta de forma detallada las especificaciones técnicas según corresponda mediante 7 aspectos importantes:

##### **1. Normativas para el calculo**

- The general limit equilibrium method (GLE)
- Norme tecniche costruzioni (NTC)
- Eurocodice 7/8
- British Codes BS8004

##### **2. Input Datos**

- Input gráfico con el mouse
- Input numérico en forma tabular
- Lectura de datos de EXCEL
- Lectura de archivos DXF
- Lectura del perfil topográfico de TRISPACE
- Importación de imágenes raster
- Lectura de archivos ASCII

### **3. Tipos de cargas sobre el relleno**

- Cargas puntuales (inclinadas)
- Franjas de carga

### **4. Obras de refuerzo**

- Muros de contención
- • Método de estabilización: Carga última de Broms con cálculo automático del momento de rotura de la sección, Método de la tensión tangencial, Método de Zeng Liang
- Gaviones
- Anclajes activos y pasivos
- Escalonados
- Terrenos reforzados: barras, tiras y geotextiles
- Database de georedes ampliable por el usuario
- Trincheras drenantes
- Inserción de obras genéricas
- Template integrado para la generación automática de: Torres eólicas y telefónicas
- Refuerzos de suelo clavado con la técnica Soil Nailing

### **5. Métodos de cálculo**

- FELLENIUS (1936)
- BISHOP (1955)
- JANBU (1956)
- MORGENSTERN & PRICE (1965)
- SPENCER (1967)

- BELL (1968)
- SARMA (1973)
- D.E.M (1992)
- ZENG LIANG (2002)
- Back Analysis
- Analisi dei pendii in roccia con Hoek e Bray

## 6. Opciones de cálculo

- Función <Recalcular> para evaluar el Factor de seguridad de una superficie con centro  $X_0$ ,  $Y_0$  y radio  $R$
- Búsqueda de la superficie de deslizamiento crítica por medio de cálculo automático
- Cálculo de  $F_s$  para superficies pasantes por dos puntos asignados y tangentes a una recta con pendiente de variación automática
- Cálculo automático de  $F_s$  para superficies tangentes a una recta
- Cálculo de  $F_s$  de a una superficie asignada pasante por tres o por un punto
- Posibilidad de efectuar el análisis de estabilidad de taludes sumergidos (por ej. lagos en colina)
- Análisis de superficies de cualquier forma
- Presencia de sismo y de acuíferos, inclusive confinados
- Terrenos estratificados
- ANISOTROPIC ANALYSIS

## 7. Opciones gráficas

- Visualización de las isolíneas del factor de seguridad

- Visualización a color de todas las superficies de deslizamiento examinadas subdivididas por factor de seguridad (a color corresponden factores de deslizamiento comprendidos en un intervalo prefijado)
- Selección del grupo de superficies a imprimir
- Opciones , y asignación numérica de la malla centros
- Opción < Mover Nivel Freático > que permite subir o bajar el nivel freático (comando muy útil en el análisis de sensibilidad del Fs al variar el nivel freático)
- Tramado de los estratos con colores y/o texturas (el usuario puede definir las texturas)
- Input gráfico y numérico para superficies de deslizamiento no circulares
- Herramientas para introducir texto, líneas y polígonos en la hoja del gráfico

### 2.2.2 GEOSTRU

*“GeoStru es una empresa que desarrolla software técnico profesional para ingeniería estructural, geotécnica, geología, geomecánica, hidrología y ensayos in situ”.* (Geostru, 2015)

*“Los software GeoStru son instrumentos completos, fiables (los algoritmos de cálculo son los más avanzados tecnológicamente en el campo de la investigación mundial), fáciles de usar, actualizados periódicamente, dotados de una interfaz gráfica intuitiva y siempre a la vanguardia”.* (Geostru, 2015)

La atención que ponemos en la asistencia al cliente y en el desarrollo de software siempre en línea con las más modernas tecnologías nos ha permitido, en pocos años, afirmarnos en el mercado internacional. Nuestro software, actualmente traducido a cinco idiomas y compatible con las normativas de cálculo internacionales, se utiliza en más de 50 países en todo el mundo. (Geostru, 2015)

*“Hoy en día dirigirse a GeoStru significa no solamente adquirir software de calidad, sino también contar con un personal especializado que pone a disposición del cliente toda la experiencia adquirida”.* (Geostru, 2015)

Muchos son los sectores en los cuales la empresa se ha especializado en el transcurso de los años. De hecho, la familia de productos GeoStru se subdivide hoy en varias categorías:

- Estructuras
- Geotecnia y geología
- Geomecánica
- Ensayos in situ
- Hidrología e hidráulica
- Topografía
- Energía
- Geofísica
- Oficina

### **2.2.3 Tablas de conversión**

Estas son las tablas de conversión para el análisis de estabilidad de taludes en terrenos sueltos o rocosos con los métodos tradicionales de la geotecnia (Equilibrio límite) y con el método de los Elementos Discretos (DEM), con el cual es posible detectar los desplazamientos del talud y examinar la progresiva rotura. En condiciones sísmicas efectúa ya sea el análisis estático que el dinámico. (Geostru, 2013, pág. 15)

Tabla 1: Conversión de inclinación en grados

Inclinación (%)	Ángulo (°)	Inclinación (%)	Ángulo (°)
1	0.5729	26	14.5742
2	1.1458	27	15.1096
3	1.7184	28	15.6422
4	2.2906	29	16.1722
5	2.8624	30	16.6992
6	3.4336	31	17.2234
7	4.0042	32	17.7447
8	4.5739	33	18.2629
9	5.1428	34	18.7780
10	5.7106	35	19.2900
11	6.2773	36	19.7989
12	6.8428	37	20.3045
13	7.4069	38	20.8068
14	7.9696	39	21.3058
15	8.5308	40	21.8014
16	9.0903	41	22.2936
17	9.6480	42	22.7824
18	10.2040	43	23.2677
19	10.7580	44	23.7495
20	11.3099	45	24.2277
21	11.8598	46	24.7024
22	12.4074	47	25.1735
23	12.9528	48	25.6410
24	13.4957	49	26.1049
25	14.0362	50	26.5651

Fuente: (Geostru, 2013, pág. 16)

Tabla 2: Conversión fuerzas: 1 Newton (N) = 1/9.81 Kg = 0.102 Kg ; 1 kN = 1000 N

De	A	Operación	Factor
N	Kg	Dividir entre	9.8
kN	Kg	Multiplicar por	102
kN	Tonn	Dividir entre	9.8
Kg	N	Multiplicar por	9.8
Kg	kN	Dividir entre	102
Tonn	kN	Multiplicar por	9.8

Fuente: (Geostru, Geostru, 2013, pág. 16)

Tabla 3: Conversión presiones: 1 Pascal (Pa) = 1 Newton/m<sup>2</sup> ; 1 kPa = 1000 Pa; 1 MPa = 1000000 Pa = 1000 kPa

De	A	Operación	Factor
Tonn/m <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>	Dividir entre	10
kg/m <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>	Dividir entre	10000
Pa	kg/cm <sup>2</sup>	Dividir entre	98000
kPa	kg/cm <sup>2</sup>	Dividir entre	98
Mpa	kg/cm <sup>2</sup>	Multiplicar por	10.2
kPa	kg/m <sup>2</sup>	Multiplicar por	102
Mpa	kg/m <sup>2</sup>	Multiplicar por	102000

Fuente: (Geostru, Geostru, 2013, pág. 17)

## 2.2.4 Database suelos

Tabla 4: Valores aproximados de la constante de Winkler K en Kg/cm<sup>3</sup>

Suelo	Valor mínimo	Valor máximo
Arena suelta	0.48	1.60
Arena medianamente compacta	0.96	8.00
Arena compacta	6.40	12.80
Arena arcillosa medianamente compacta	2.40	4.80
Arena limosa medianamente compacta	2.40	4.80
Arena y gravas compactas	10.00	30.00
Terreno arcilloso con $q_u < 2$ Kg/cm <sup>2</sup>	1.20	2.40
Terreno arcilloso con $2 < q_u < 4$ Kg/cm <sup>2</sup>	2.20	4.80
Terreno arcilloso con $q_u > 2$ Kg/cm <sup>2</sup>	>4.80	

Fuente: (Geostru, Geostru, 2013, pág. 17)

Tabla 5: Valores aproximados del peso de volumen en Kg/cm<sup>3</sup>

Suelo	Valor mínimo	Valor máximo
Gravas secas	1800	2000
Gravas húmedas	1900	2100
Arena seca compacta	1700	2000
Arena húmeda compacta	1900	2100
Arena mojada compacta	2000	2200
Arena seca suelta	1500	1800
Arena húmeda suelta	1600	1900
Arena mojada suelta	1900	2100
Arcilla arenosa	1800	2200

Arcilla dura	2000	2100
Arcilla semisólida	1900	1950
Arcilla blanda	1800	1850
Turba	1000	1100

Fuente: (Geostru, Geostru, 2013, pág. 17)

Tabla 6: Valores aproximados del ángulo de rozamiento  $\phi$ , en grados, para suelos

Suelo	Valor mínimo	Valor máximo
Gravas compactas	35	35
Gravas sueltas	34	35
Arena compacta	35	45
Arena suelta	25	35
Marga Arenosa	22	29
Marga grasa	16	22
Arcilla grasa	0	30
Arcilla arenosa	16	28
Limo	20	27

Fuente: (Geostru, Geostru, 2013, pág. 18)

Tabla 7: Valores aproximados de la cohesión en Kg/cm<sup>2</sup>

Suelo	Valor
Arcilla arenosa	0.20
Arcilla blanda	0.10
Arcilla plástica	0.25
Arcilla semisólida	0.50
Arcilla sólida	1
Arcilla tenaz	2÷10
Limo compacto	0.10

Fuente: (Geostru, Geostru, 2013, pág. 18)

Tabla 8: Valores aproximados del módulo elástico, en Kg/cm<sup>2</sup>, para suelos

Suelo	Valor máximo de E	Valor mínimo de E
Arcilla muy blanda	153	20.4
Arcilla blanda	255	51
Arcilla media	510	153
Arcilla dura	1020	510
Arcilla arenosa	2550	255
Loess	612	153
Arena limosa	204	51



Arena suelta	255	102
Arena compacta	816	510
Pizarra	51000	1530
Limo	204	20.4
Arena y gravas sueltas	1530	510
Arena y gravas compactas	2040	1020

Fuente: (Geostru, Geostru, 2013, pág. 18)

Tabla 9: Valores aproximados del coeficiente de Poisson para suelos

Suelo	Valor máximo de $\nu$	Valor mínimo de $\nu$
Arcilla saturada	0.5	0.4
Arcilla no saturada	0.3	0.1
Arcilla arenosa	0.3	0.2
Limo	0.35	0.3
Arena	1.0	-0.1
Arena gravosa comúnmente usada	0.4	0.3
Loess	0.3	0.1
Hielo	0.36	
Hormigón	0.15	

Fuente: (Geostru, Geostru, 2013, pág. 18 - 19)

Tabla 10: Valores aproximados del peso específico de algunas rocas en Kg/m<sup>3</sup>

Rocas	Valor mínimo	Valor máximo
Pómez	500	1100
Toba volcánica	1100	1750
Caliza tobosa	1120	2000
Arena gruesa seca	1400	1500
Arena fina seca	1400	1600
Arena fina húmeda	1900	2000
Arenisca	1800	2700
Arcilla seca	2000	2250
Caliza tierna	2000	2400
Travertino	2200	2500
Dolomía	2300	2850
Caliza compacta	2400	2700
Traquita	2400	2800
Pórfido	2450	2700
Gneis	2500	2700
Serpentina	2500	2750
Granito	2550	2900
Mármol sacaroideo	2700	2750

Sienita	2700	3000
Diorita	2750	3000
Basalto	2750	3100

Fuente: (Geostru, Geostru, 2013, pág. 19)

Tabla 11: Valores aproximados del ángulo de rozamiento  $\varphi$ , en grados, para rocas

Rocas	Valor mínimo	Valor máximo
Granito	45	60
Dolerita	55	60
Basalto	50	55
Arenisca	35	50
Pizarra	15	30
Caliza	35	50
Cuarcita	50	60
Mármol	35	50

Fuente: (Geostru, Geostru, 2013, pág. 19)

Tabla 12: Valores aproximados del módulo elástico y del coeficiente de Poisson para rocas

Rocas	E		$\nu$	
	Valor máximo	Valor mínimo	Valor máximo	Valor mínimo
Basalto	1071000	178500	0.32	0.27
Granito	856800	142800	0.30	0.26
Esquisto cristalino	856800	71400	0.22	0.18
Caliza	1071000	214200	0.45	0.24
Caliza porosa	856800	35700	0.45	0.35
Arenisca	428400	35700	0.45	0.20
Pizarra	214200	35700	0.45	0.25
Hormigón	Variable		0.15	

Fuente: (Geostru, Geostru, 2013, pág. 19 - 20)

### 2.2.2 Talud

“Se conoce con el nombre genérico de taludes cualesquiera superficies inclinadas respecto a la horizontal que hayan de adoptar permanentemente las masas de tierras”. (Suarez, 1998, pág. 1)

Un “talud” o ladera es una masa de tierra que no es plana, sino que presenta una pendiente o cambios importantes de altura. De forma técnica se define de esta manera, si su conformación actual tuvo como origen un proceso natural se define como “ladera” y “talud” cuando se conformó artificialmente. (Suarez, 1998, pág. 1)

*“Asimismo, se puede definir taludes como: “Son las obras, normalmente de tierra, que se construyen a ambos lados de la vía (tanto en excavaciones con el terraplén) con una inclinación tal que garanticen la estabilidad de la obra”.* (Navarro, 2008, pág. 1)

Los taludes tienen zona de emplazamiento que comprende, además de la vía, una franja de terreno a ambos lados de la misma. Su objetivo es tener suficiente terreno en caso de ampliación futura de la carretera y atenuar en gran medida, los peligros de accidentes motivados por obstáculos dentro de dicha zona, los cuales deben ser eliminados. (Navarro, 2008, pág. 1)

*“Cuando el talud se produce en forma natural, sin intervención humana, se denomina ladera natural o simplemente ladera”.* (Suarez, 1998, pág. 1)

Cuando los taludes son hechos por el hombre se denominan cortes o taludes artificiales, según sea la génesis de su formación; en el corte, se realiza una excavación en una formación térrea natural, en tanto que los taludes artificiales son los inclinados de los terraplenes. También se producen taludes en los bordes de una excavación que se realice a partir del nivel del terreno natural, a los cuales se suele denominar taludes de la excavación. (Navarro, 2008, pág. 1)

No hay duda de que el talud constituye la estructura más compleja de las vías terrestres; por eso es preciso analizar la necesidad de definir criterios de estabilidad de taludes entendiéndose, por tales algo tan simple como el poder decir en un instante dado cuál será la inclinación apropiada en un corte o en un terraplén. A diferentes inclinaciones del talud

corresponden diferentes masas de material térreo por mover y, por lo tanto, diferentes costas.  
(Navarro, 2008, pág. 1)

Los problemas relacionados con la estabilidad de laderas naturales difieren radicalmente de los que se presentan en taludes construidos por el ingeniero. Dentro de éstos deben verse como esencialmente distintos los problemas de los cortes y los de los terraplenes. Las diferencias importantes radican, en primer lugar, en la naturaleza de los materiales involucrados y, en segundo, en todo un conjunto de circunstancias que dependen de cómo se formó el talud y de su historia geológica, de las condiciones climáticas que privaron a lo largo de tal historia y de la influencia que el hombre ejerce en la actualidad o haya ejercido en el pasado. (Navarro, 2008, pág. 1)

### 2.2.2. Geometría de un talud

*“Talud o ladera es una masa de tierra que no es plana, sino que presenta una pendiente. De forma técnica si su conformación actual tuvo como origen un proceso natural se define como “ladera” y “talud” cuando se conformó artificialmente”.* (Suarez, 1998, pág. 1)

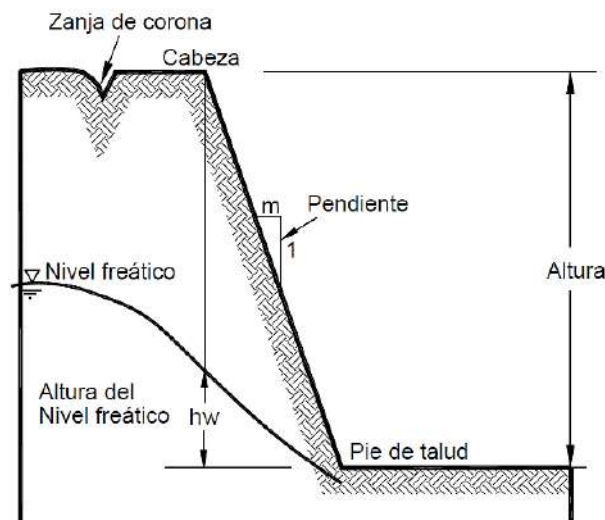


Figura 1: Esquema de los elementos de un talud (Suarez, USAC, 1998).

En el talud se definen los siguientes elementos constitutivos:

*“Es la distancia vertical entre el pie y la cabeza, la cual se presenta definida en taludes artificiales, pero es complicada de cuantificar en las laderas debido a que el pie y la cabeza no son accidentes topográficos bien marcados”.* (Suarez, 1998, pág. 2)

**Cabeza:** *“Se refiere al sitio de cambio brusco de pendiente en la parte superior”.* (Suarez, 1998, pág. 2)

**Pie:** *“Corresponde al sitio de cambio brusco de pendiente en la parte inferior”.* (Suarez, 1998, pág. 2)

**Altura de nivel freático:** *“Distancia vertical desde el pie del talud o ladera hasta el nivel de agua medida debajo de la cabeza”.* (Suarez, 1998, pág. 2)

**Pendiente:** *“Medida de inclinación del talud o ladera. Puede medirse en grados, en porcentaje o en relación m/I, en la cual m es la distancia horizontal que corresponde a una unidad de distancia vertical. Ejemplo: Pendiente: 45°, 100%, o 1H: 1V”.* (Suarez, 1998, pág. 2)

### 2.2.3 Estabilización

*“La estabilización, es la condición de estabilidad de un talud o ladera”.* (GEMMA, 2017)

La estabilización de un talud comprende los siguientes factores:

1. *“Determinar el sistema o combinación de sistemas de estabilización más apropiados, teniendo en cuenta todas las circunstancias del talud estudiado”.* (Suarez, 1998, pág. 101)
2. *“Diseñar en detalle el sistema a emplear, incluyendo planos y especificaciones de diseño”.* (Suarez, 1998, pág. 101)
3. *“Instrumentación y control durante y después de la estabilización”.* (Suarez, 1998, pág. 101)

“Es importante saber que, en taludes, nunca existen diseños detallados inmodificables y que las observaciones que se hacen durante el proceso de construcción tienden a introducir *modificaciones al diseño inicial y esto debe preverse en las cláusulas contractuales de construcción*”. (Suarez, 1998, pág. 101)

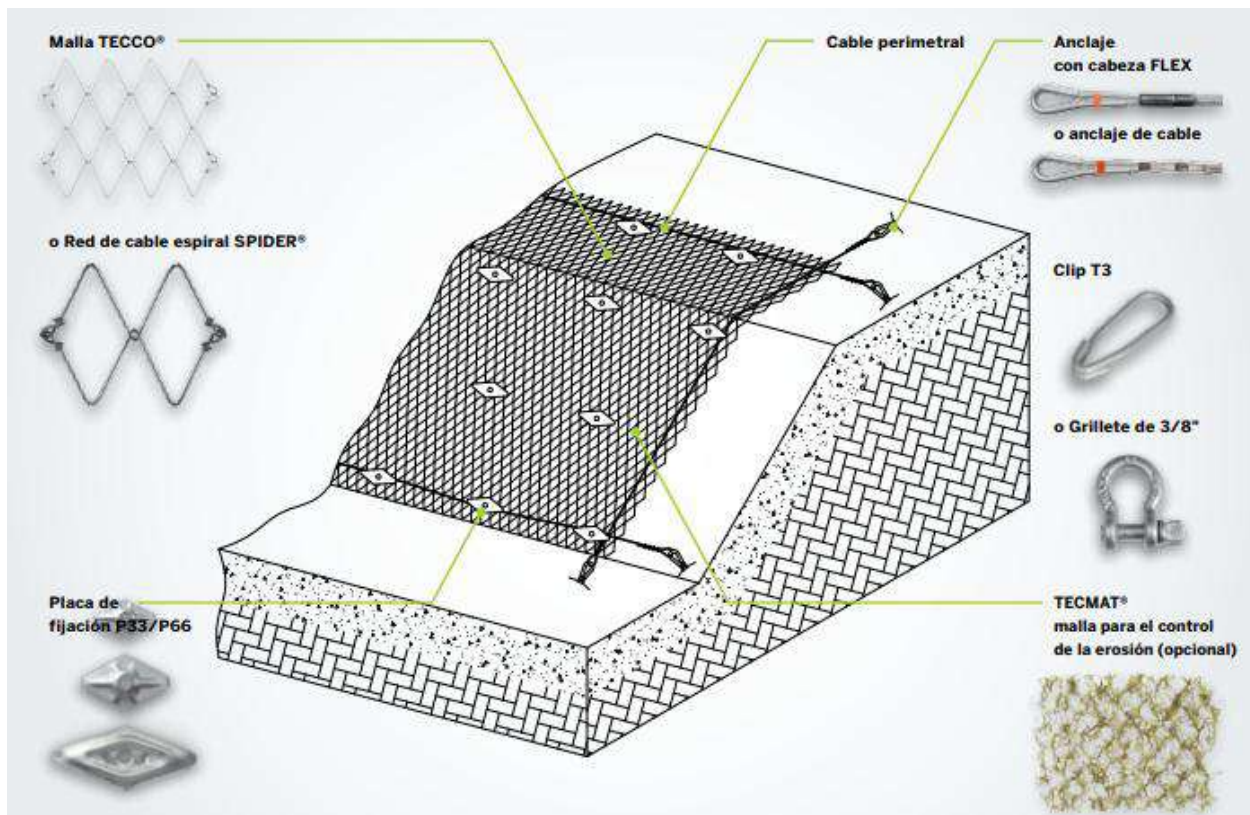


Figura 2: Estabilización de taludes con TECCO SYSTEM3 (BRUGG GROUP, 2017)

Los sistemas de estabilización se pueden clasificar en cinco categorías principales:

### 2.2.3.1. Conformación del talud o ladera

“Sistemas que tienden a lograr un equilibrio de masas, reduciendo las fuerzas que producen el movimiento”. (Suarez, 1998, pág. 101)

La forma del talud debe garantizar un equilibrio de masas o de volúmenes de talud que garantice un factor de seguridad suficiente de acuerdo a los criterios requeridos de estabilidad.

Velocidad baja de la escorrentía para que la fuerza tractiva del agua en movimiento no sea capaz de generar erosión de los suelos superficiales. (Suarez, 1998, pág. 101)

*Tabla 13: Métodos de conformación topográfica para equilibrar fuerzas*

<b>Método</b>	<b>Ventajas</b>	<b>Desventajas</b>
Remoción de materiales de la cabeza del talud.	Muy efectivo en la estabilización de deslizamientos rotacionales.	En movimientos muy grandes las masas a remover tendrían una gran magnitud.
Abatimiento de la pendiente.	Efectivo especialmente en suelos friccionantes.	No es viable económicamente en taludes de gran altura.
Terraceo de la superficie.	Además de la estabilidad al deslizamiento, permite construir obras para controlar la erosión.	Cada terraza debe ser estable independientemente.

*Fuente:* Deslizamientos y estabilidad de taludes en zonas tropicales. (Suarez, 1998, pág. 101)

### **2.2.3.2. Recubrimiento de la superficie**

*“Métodos que tratan de impedir la infiltración o la ocurrencia de fenómenos superficiales de erosión, o refuerzan el suelo más subsuperficial”.* (Suarez, 1998, pág. 101)

*“El recubrimiento puede consistir en elementos impermeabilizantes como el concreto o elementos que refuerzan la estructura superficial del suelo como la cobertura vegetal”.* (Suarez, 1998, pág. 101 )

Tabla 14: Métodos de recubrimiento de la superficie del talud

<b>Método</b>	<b>Ventajas</b>	<b>Desventajas</b>
Recubrimiento de la superficie del talud.	El recubrimiento ayuda a controlar la erosión.	Se debe garantizar la estabilidad del recubrimiento.
Conformación de la superficie.	Puede mejorar las condiciones del drenaje superficial y facilitar el control de erosión.	Su efecto directo sobre la estabilidad es generalmente, limitado.
Sellado de grietas superficiales.	Disminuye la infiltración de agua.	Las grietas pueden abrirse nuevamente y se requiere mantenimiento por períodos importantes de tiempo.
Sellado de juntas y discontinuidades.	Disminuye la infiltración de agua y presiones de poro en las discontinuidades.	Puede existir una gran cantidad de discontinuidades que se requiere sellar.
Cobertura vegetal. Arboles Arbustos y Pastos.	Representan una alternativa ambientalmente excelente.	Pueden requerir mantenimiento para su establecimiento.

Fuente: Deslizamientos y estabilidad de taludes en zonas tropicales. (Suarez, 1998, pág. 102)

### **2.2.3.3 Control de agua superficial y subterránea**

*“Sistemas tendientes a controlar el agua y sus efectos, disminuyendo fuerzas que producen movimiento y / o aumentando las fuerzas resistentes”.* (Suarez, 1998, pág. 102)

*“La presencia de agua puede condicionar los aspectos esenciales del diseño de las estructuras, los procedimientos de construcción y su coste, entre otros”.* (Suarez, 1998, pág. 102)

Los patrones que determinan el comportamiento de las aguas subterráneas y superficiales a estos efectos podrían englobarse en la respuesta a las siguientes cuestiones:

¿Cómo se desplaza el agua superficial y subterránea en el área de influencia del proyecto? y ¿Qué efectos produce el agua sobre el proyecto y su entorno?. (Suarez, 1998, pág. 102)



Tabla 15: Métodos de control de agua y presión de poros

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

Fuente: *Deslizamientos y estabilidad de taludes en zonas tropicales*. (Suarez, 1998, pág. 102)

#### 2.2.3.4. Estructuras de contención

*“Métodos en los cuales se van a colocar fuerzas externas al movimiento aumentando las fuerzas resistentes, sin disminuir las actuantes”*. (Suarez, 1998, pág. 103)

Las estructuras de contención son obras generalmente masivas, en las cuales el peso de la estructura es un factor importante y es común colocar estructuras ancladas en las cuales la fuerza se transmite al deslizamiento 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 a su comportamiento particular. (Suarez, 1998, pág. 103)

Tabla 16: Métodos de estructuras de contención

Método	Ventajas	Desventajas
Relleno o berma de roca o suelo en la base del deslizamiento.	Efectivos en deslizamientos no muy grandes especialmente en los rotacionales actuando como contrapeso.	Se requiere una cimentación competente para colocar el relleno.
Muros de contención convencionales, de tierra armada etc.	Útiles para estabilizar masas relativamente pequeñas.	Se requiere una buena calidad de cimentación. Son poco efectivos en taludes de gran altura.
Pilotes.	Son efectivos en movimientos poco profundos, en los cuales existe suelo debajo de la superficie de falla que sea competente para permitir el hincado y soporte de los pilotes.	No son efectivos en deslizamientos profundos o cuando aparece roca o suelo muy duro debajo de la superficie de falla. Poco efectivos en deslizamientos rotacionales.
Anclajes o pernos.	Efectivos en roca, especialmente cuando es estratificada.	Se requieren equipos especiales y son usualmente costosos.
Pantallas ancladas.	Útiles como estructuras de contención de masas de tamaño pequeño a mediano.	Existen algunas incertidumbres sobre su efectividad en algunos casos, especialmente, cuando hay aguas subterráneas y son generalmente costosas.

Fuente: Deslizamientos y estabilidad de taludes en zonas tropicales. (Suarez, 1998, pág. 103)

### 2.2.3.5. Mejoramiento del suelo

“Métodos que aumenten la resistencia del suelo. Incluyen procesos físicos y químicos que aumentan la cohesión y/o la fricción de la mezcla suelo-producto estabilizante o del suelo modificado”. (Suarez, 1998, pág. 103)

Tabla 17: Métodos para mejorar la resistencia del suelo

Método	Ventajas	Desventajas
Inyecciones o uso de químicos.	Endurecen el suelo y pueden cementar la superficie de falla.	La disminución de permeabilidad puede ser un efecto negativo.
Magmaficación.	Convierte el suelo en roca utilizando 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-osmosis.	Reducen el contenido de agua.	Utilización para estabilización no Permanente.
Explosivos.	Fragmenta la superficie de falla.	Su efecto es limitado y puede tener Efectos negativos.

Fuente: Deslizamientos y estabilidad de taludes en zonas tropicales. (Suarez, 1998, pág. 103)

#### 2.2.4 Deslizamientos

*“Se denomina deslizamiento a la rotura y al desplazamiento del suelo situado debajo de un talud, que origina un movimiento hacia abajo y hacia fuera de toda la masa que participa del mismo”.* (De Matteis, 2003, pág. 5)

Los deslizamientos pueden producirse de distintas maneras, es decir en forma lenta o rápida, con o sin provocación aparente, etc. Generalmente se producen como consecuencia de excavaciones o socavaciones en el pie del talud. Sin embargo, existen otros casos donde la falla se produce por desintegración gradual de la estructura del suelo, aumento de las presiones intersticiales debido a filtraciones de agua, etc. (De Matteis, 2003, pág. 5)

### **2.2.4.1 Deslizamientos superficiales (creep)**

Cualquier talud está sujeto a fuerzas naturales que tienden a hacer que las partículas y porciones de suelo próximas a su frontera deslicen hacia abajo. Se refiere esta falla al proceso más o menos continuo, y por lo general lento, de deslizamiento ladera abajo que se presenta en la zona superficial de algunas laderas naturales. (De Matteis, 2003, pág. 5)

*“El creep suele involucrar a grandes áreas y el movimiento superficial se produce sin una transición brusca entre la parte superficial móvil y las masas inmóviles más profundas”.* (De Matteis, 2003, pág. 5)

Existen dos clases de deslizamientos: el estacional, que afecta solo a la corteza superficial de la ladera que sufre la influencia de los cambios climáticos en forma de expansiones y contracciones térmicas o por humedecimiento y secado, y el masivo, que afecta a capas de tierra más profundas, no interesadas por los efectos ambientales y que, en consecuencia, solo se puede atribuir al efecto gravitacional. El primero en mayor o menor grado siempre existe, variando su intensidad según la época del año; en cambio el segundo los movimientos son prácticamente constantes. (De Matteis, 2003, pág. 6)

*“El fenómeno es más intenso cerca de la superficie, la velocidad de movimiento ladera debajo de un creep típico puede ser muy baja y rara vez se excede la de algunos centímetros al año”.* (De Matteis, 2003, pág. 6)

*“El fenómeno se pone de manifiesto a los ojos del ingeniero cuando nota que los árboles y postes están inclinados respecto de la vertical, cuando se evidencian agrietamientos o escalonamientos en el talud”.* (De Matteis, 2003, pág. 6)

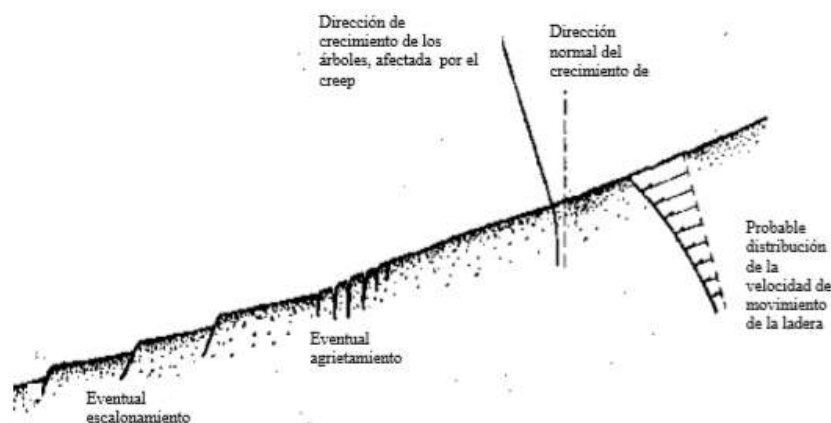


Figura 3: Indicadores que indican la presencia de un movimiento superficial creep (De Matteis, 2003).

#### 2.2.4.2 Movimiento del cuerpo del talud

Puede ocurrir en taludes movimientos bruscos que afecten a masas considerables de suelo, con superficies de falla que penetran profundamente en su cuerpo, interesando o no al terreno de fundación. Se considera que la superficie de falla se forma cuando en la zona de su futuro desarrollo actúan esfuerzos cortantes que sobrepasan la resistencia al corte del material; a consecuencia de ello sobreviene la ruptura del mismo, con la formación de una superficie de deslizamiento a lo largo de la cual se produce la falla. (De Matteis, 2003, pág. 6)

*“Estos fenómenos se los denomina “deslizamientos de tierras” y puede estudiarse dos tipos bien diferenciados”.* (De Matteis, 2003, pág. 6)

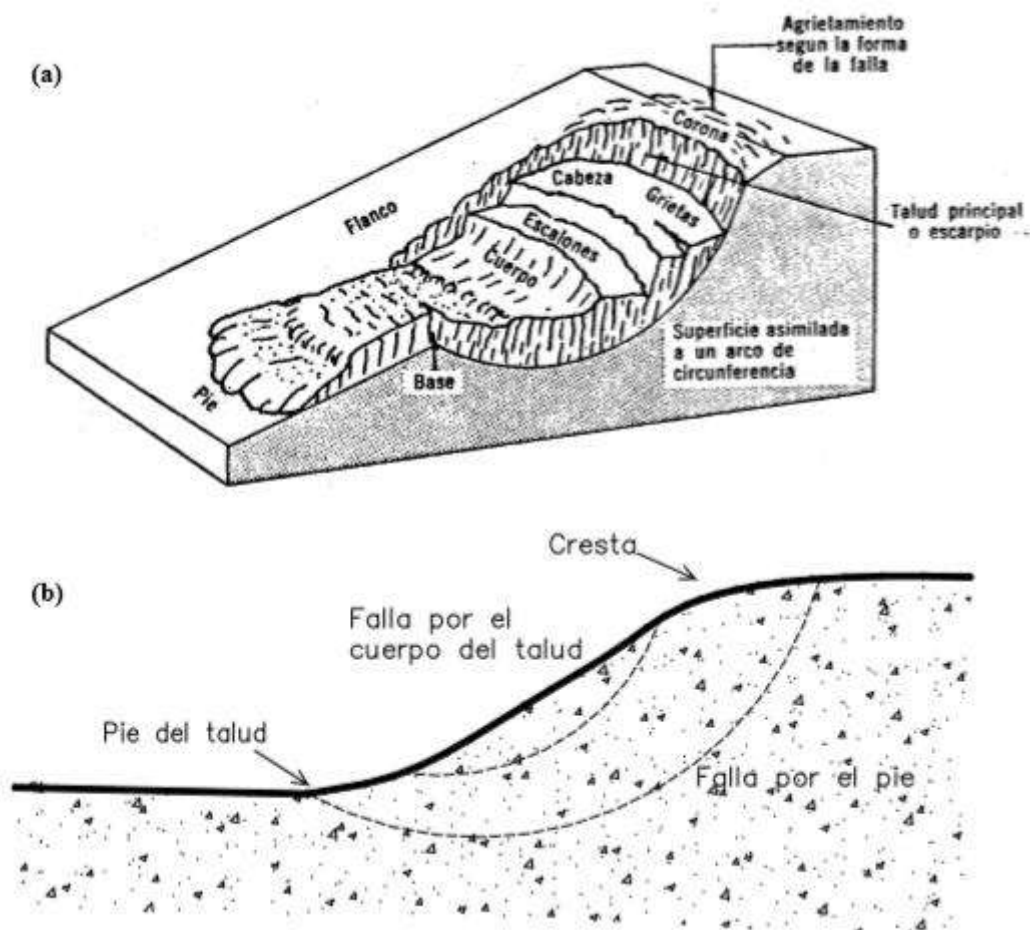
##### 2.2.4.2.1 Falla Rotacional

En el primer lugar se define una superficie de falla curva, a lo largo de la cual ocurre el movimiento del talud. Esta superficie forma una traza con el plano del papel que puede asimilarse, por facilidad y sin mayor error a una circunferencia, aunque pueden existir

formas algo diferentes, en la que por lo general influye la secuencia geológica local, el perfil estratigráfico y la naturaleza de los materiales. Estas fallas son llamadas de rotación.

*“Este tipo de fallas ocurren comúnmente en materiales arcillosos homogéneos o suelos cuyo comportamiento mecánico esté regido básicamente por su fracción arcillosa. En general afectan a zonas relativamente profundas del talud, siendo esta profundidad mayor cuanto mayor sea la pendiente”.* (De Matteis, 2003, pág. 7)

Las fallas por rotación se denominan según donde pasa el extremo de la masa que rota. Puede presentarse pasando la superficie de falla por el cuerpo del talud (falla local), por el pie, o adelante del mismo afectando al terreno en que el talud se apoya (falla en la base). Cabe señalar que la superficie de este último tipo de falla puede profundizarse hasta llegar a un estrato más resistente o más firme de donde se encuentra el talud, provocando en este punto un límite en la superficie de falla. (De Matteis, 2003, pág. 7)



*Figura 4: a) Nomenclatura de una zona de falla. (b) Distintos tipos de falla (De Matteis, 2003, pág. 7)*

#### **2.2.4.2.2 Falla Traslacional**

*“Estas fallas por lo general consisten en movimientos traslacionales importantes del cuerpo del talud sobre superficies de falla básicamente planas, asociadas a la presencia de estratos poco resistentes localizados a poca profundidad del talud”. (De Matteis, 2003, pág. 8)*

*“La superficie de falla se desarrolla en forma paralela al estrato débil y se remata en sus extremos con superficies curvas que llegan al exterior formando agrietamientos”. (De Matteis, 2003, pág. 8)*

Los estratos débiles que favorecen estas fallas son por lo común de arcillas blandas o de arenas finas o limos no plásticos sueltos. Con mucha frecuencia, la debilidad del estrato está ligada a elevadas presiones de poro en el agua contenida en las arcillas o a fenómenos de elevación de presión de agua en estratos de arena (acuíferos). En este sentido, las fallas pueden estar ligadas también al calendario de las temporadas de lluvias de la región. (De Matteis, 2003, pág. 8)

*“Las fallas del material en bloque, muchas veces están asociadas a discontinuidades y fracturas de los materiales que forman un corte o una ladera natural, siempre en añadidura al efecto del estrato débil subyacente”. (De Matteis, 2003, pág. 8)*

Las fallas de una franja superficial son típicas de laderas naturales formadas por materiales arcillosos, producto de la meteorización de las formaciones originales. Se suelen

provocar por el efecto de la sobrecarga impuesta por un terraplén construido sobre la ladera. En estas fallas el movimiento ocurre casi sin distorsión. (De Matteis, 2003, pág. 8)

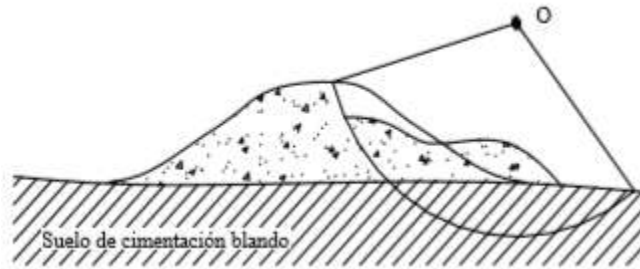


Figura 5: Falla de base (De Matteis, 2003, pág. 8)

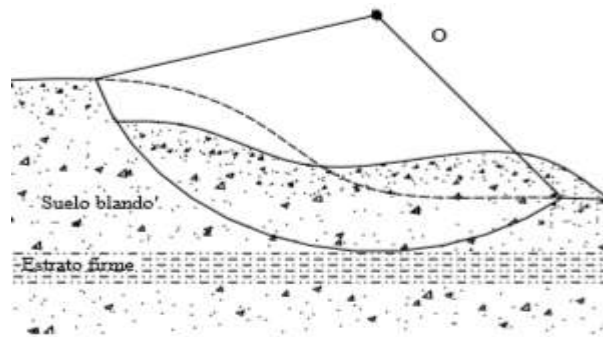


Figura 6: Falla limitada por un estrato firme (De Matteis, 2003, pág. 8)



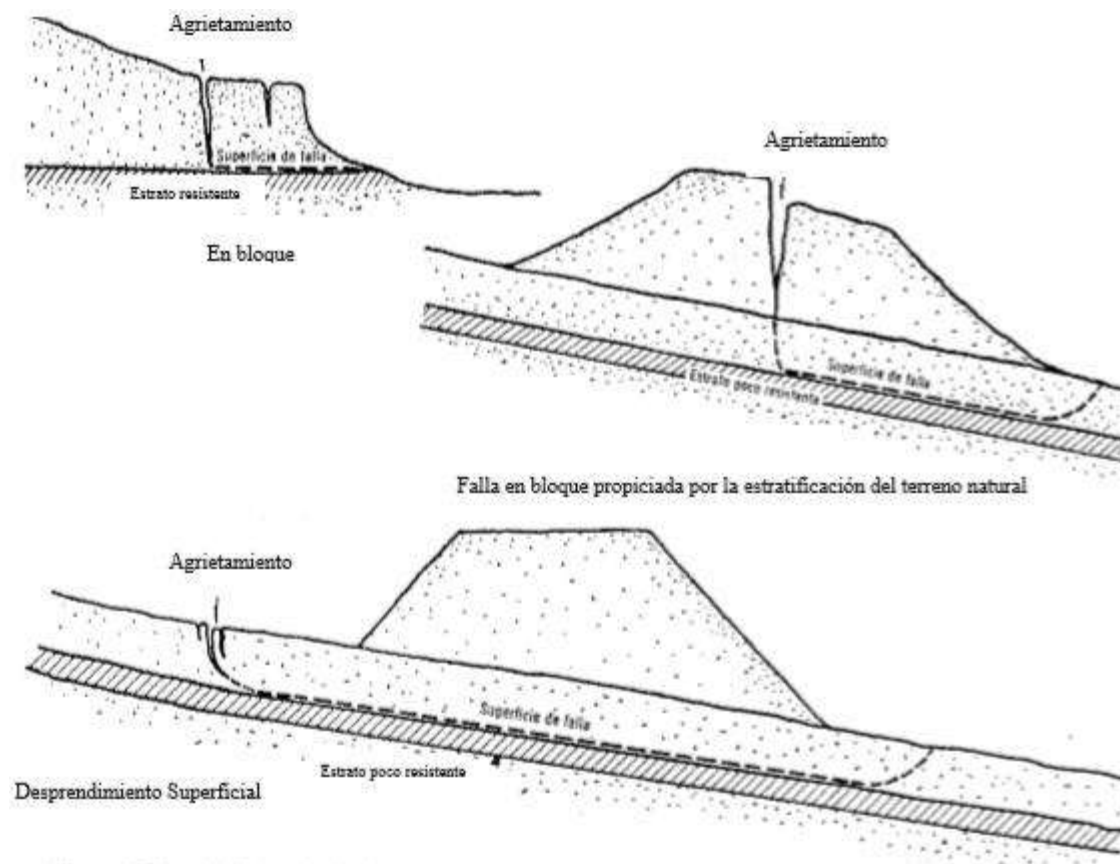


Figura 7: Tipos de fallas traslacionales. (De Matteis, 2003, pág. 9)

## 2.3 Definición de términos básicos.

### 2.3.1 Cerró Huayhuaca o Waywaca

El cerró Huayhuaca o waywaca, es un estratégico morro que se ubica al lado sur de la población de Andahuaylas. En la base abarca una extensión del río Chumbao, tiene un declive pronunciado que hacía difícil escalarlo. Está sembrado de plantas de pinos, con más plantones sobrevivientes en la parte alta. Desde el puente colonial sobre el río Chumbao se inicia la carretera que la circunda y sale hacia el aeropuerto y otros centros poblados y distritos como Pampachiri. Curiosamente el nombre de Huayhuaca, waywaca, no figura en la Carta Geográfica Nacional. (Gutiérrez, 2010)

Huayhuaca, es considerado el más importante “apu” tutelar de la ciudad, protector del valle de los vientos y las heladas, genera micro climas y esconde, todavía, rincones mágicos como Rumí Rumí. Es testigo del desarrollo de los tres pueblos, ahora unidos por techos de calamina y teja, así como de sus cambios en las diferentes épocas de la historia. (Gutiérrez, 2010)

*“Del devenir de su gente, generoso para quienes lo encumbraron, también primera vista para los viajeros mostrando el valle Chanka, la variedad de colores y cultivos de la tierra en la lejanía y el cielo, el esplendor de los celajes”.* (Gutiérrez, 2010)

Nuestro Apu, tiene en sus entrañas la historia de nuestro pueblo, según Joel Grossman de la Universidad de California realizó excavaciones en este cerro. R. S. N- 465, de 2 de Julio de 1970. Indica: HUAYHUACA, (WAYWACA), en el distrito de Andahuaylas, situado en la parte alta del cerro del mismo nombre, “constituye” uno de los basurales más interesantes que se puedan encontrar para el estudio de la arqueología de Andahuaylas”. Estos restos arqueológicos de Huayhuaca tienen cierta importancia por la abundante cantidad de cerámica a superficie que se encuentra. (Gutiérrez, 2010)

*“Su trabajo confirmó la larga secuencia de ocupación del lugar, la cual se inició en el periodo Formativo y continuó sin interrupción hasta el Periodo Inca. El Estrato inferior contenía cerámica similar a la de Marcavalle y Chanapata ya definidas en la región Cusco”.* (Gutiérrez, 2010)

En el transcurso de su investigación en este lugar, Grossman encontró evidencias de camélidos, venados, cuyes, y unos cuantos fragmentos de conchas de mejillón, pareciendo que esta última fue importada desde la costa peruana. Sus excavaciones así mismo revelaron 15 entierros, muchos de los cuales contenían cuentas. Estas estaban hechas de diferentes materiales

como lapislázuli no local, el cual podría haber tenido su origen al norte de Chile o el sur peruano. (Gutiérrez, 2010)

Durante su excavación Grossman también recuperó numerosos pedazos pequeños de láminas de oro y de un equipo de un orfebre (el cual constaba de dos pequeños tazones de piedra, un pequeño yunque y tres martillos de piedra). La recuperación de cerámica temprana en el lugar, así como las evidencias de del trabajo en metal, le dieron cierta notoriedad al yacimiento. Es posible encontrar referencias dispersas a Waywaka en la bibliografía arqueológica de las décadas de 1970 y 1980. (Los Chancas, Investigación arqueológica en Andahuaylas (Apurímac, Perú). Brian S. Bauer, Mirian Araoz Silva, Lucas C. Kellet. (Gutiérrez, 2010)

En la cima ahora casi escondida entre grandes pinos y eucaliptos, asoma una gran cruz de cemento, otrora refulgente por la devoción de su gente. Tiene diez metros de altura, con un peso que llega a las cuarenta toneladas. Fue construida el año de 1963, siendo Alcalde El Dr. Augusto Ortiz Gutiérrez (gestor). El costo de la obra fue de cuarenta mil soles, monto que fue financiado con los ingresos de la presentación de la obra, “El Gran Rebelde Chanka”, escrita por el Dr. Rómulo Tello y presentada en las ciudades de Andahuaylas y Abancay. (Gutiérrez, 2010)

### **2.3.2 Aplicación**

*“La aplicación es un término que proviene del vocablo latino applicatio y que hace referencia a la acción y el efecto de aplicar o aplicarse (poner algo sobre otra cosa, emplear o ejecutar algo, atribuir”.* (Pérez & Merino, 2010)

El término aplicación proviene del latín “applicatio”, “applicatiōnis” compuesto lexicalmente con el prefijo “ad” equivalente “hacia”, más la voz “plicare” que quiere decir “doblar” o “hacer pliegues” y el sufijo “cion” de acción y efecto; por ende, según su etimología se puede decir que la palabra aplicación hacer referencia a la acción y el efecto de aplicar o

aplicarse. Este es un vocablo que puede tener varios usos o significados; y puede aludir al posicionamiento o colocación de algo en particular sobre otro o que haga contacto con este.

(Comunicaciones Venemedia, 2011)

### **2.3.3 Tecnología**

*“La tecnología engloba a todo conjunto de acciones sistemáticas cuyo destino es la transformación de las cosas, es decir, su finalidad es saber hacer y saber por qué se hace”.*

(Everest Sociedad Anónima, 2014, pág. 3)

Actualmente hay una era tecnológica, etapa histórica dominada por la producción de bienes y por su comercialización, en la que el factor energía tiene un papel primordial.<sup>1</sup> Toda la actividad científico-técnica gravita permanentemente sobre el bienestar humano, sobre el progreso social y económico de los pueblos y sobre el medio ambiente donde se manifiesta la actividad industrial. (Everest Sociedad Anónima, 2014, pág. 3)

### **2.3.4 Seguridad**

Se denomina como la ausencia de riesgo o a la confianza en algo o en alguien. Sin embargo, el término puede tomar diversos sentidos según el área o campo a la que haga referencia en la seguridad. En términos generales, la seguridad se define como *"el estado de bienestar que percibe y disfruta el ser humano"*. (Real Academia Española & Asociación de Academias de la Lengua, 2014)

Una definición dentro de las ciencias de la seguridad es "Ciencia interdisciplinaria que está encargada de evaluar, estudiar y gestionar los riesgos que se encuentra sometido una persona, un bien o el ambiente". Se debe diferenciar la seguridad sobre las personas (seguridad física), la seguridad sobre el ambiente (seguridad ambiental), la seguridad en ambiente laboral (seguridad e higiene), etc. (Real Academia Española & Asociación de Academias de la Lengua, 2014)

La seguridad en el ser humano ocupa el segundo nivel dentro de las necesidades de déficit.  
*“Según la teoría de las necesidades de Bronisław Malinowski, la seguridad es una de las siete necesidades básicas a satisfacer por el ser humano. Son muchas las organizaciones que trabajan para lograr la seguridad, como la ONU”.* (Maslow, 1943)

## CAPÍTULO III

### MARCO METODOLÓGICO

#### 3.1 Tipo y Nivel de investigación

##### 3.1.1 Tipo de investigación

*“Los tipos de investigación obedecen a diferentes criterios de clasificación. Los criterios de clasificación de la investigación pedagógica no son mutuamente excluyentes; una misma investigación puede clasificarse en distintas categorías según el criterio de clasificación que se asuma”.* (Rodríguez, 2008)

El presente proyecto es una investigación tecnológica, puesto que responde a un problema técnico. Está orientada a demostrar la validez de ciertas técnicas bajo las cuales se aplican principios científicos que demuestren su eficacia en la modificación o transformación de un hecho o fenómeno. *“La investigación tecnológica aprovecha del conocimiento teórico científico producto de la investigación básica o sustantiva y organiza reglas técnicas cuya aplicación posibilita cambios en la realidad”.* (Sánchez & Reyes, Issuu, 2006)

### **3.1.2 Nivel de investigación**

Se utilizó el nivel descriptivo - explicativo, debido a que, no solo describimos el problema o fenómeno observado, sino que nos acercamos y buscamos explicar las causas que originaron la situación analizada.

Su objetivo es la explicación de los fenómenos y el estudio de sus relaciones para conocer su estructura y los aspectos que intervienen en la dinámica de aquéllos. Son estudios de alto nivel que generan teorías, leyes o enunciados totalmente novedosos. Son de gran complejidad y por lo general sus resultados pasan a ser de revisión obligatoria para los profesionales de ese campo. (Sánchez & Reyes, 2006)

## **3.2 Método y diseño de la Investigación**

### **3.2.1 Método de la Investigación**

Para la presente investigación se utilizó el método inductivo, en la cual se obtuvieron conclusiones generales a partir de premisas particulares, mediante diversas observaciones de los sucesos se propondrá una conclusión que resulte general para todos los sucesos que sean de la misma clase; asimismo se recurrirá a los métodos analítico, sintético, descriptivo y estadístico.

### **3.2.2 Diseño de la Investigación**

La presente investigación, es de tipo no experimental. 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. En este tipo de investigación no hay condiciones ni estímulos a los cuales se expongan los sujetos del estudio. Los sujetos son observados en su ambiente natural. (Hernández, 2004)

### **3.3 Población y Muestra**

#### **3.3.1 Población**

Está constituida por el cerró Huayhuaca o waywaca, es un morro que se ubica al lado sur de la población de Andahuaylas, a una altitud aproximada de 3,150 msnm que se alza sobre el río Chumbao, en la capital del distrito de Andahuaylas. En mayor detalle se trata el tema en el capítulo 2.3.1 (Definición de términos básicos).

#### **3.3.2 Muestra**

La muestra es de 100 m<sup>2</sup> de análisis, al pie del cerro Waywaca, a 70 metros de distancia del puente colonial.

### 3.4 Variable, dimensiones, indicadores

Variable	Definición conceptual	Definición Operacional	Dimensiones	Indicadores	Escala
<b>PROGRAMA SLOPE GEOSTRU</b>	Slope es un software de análisis de estabilidad de taludes que utiliza métodos de equilibrio límite junto con modelos numéricos avanzados, como el Element Discrete Method. Es considerado la mejor aplicación para el análisis de la estabilidad de taludes. (GeoStru – Software, 2018)	La variable se medirá a través de las especificaciones técnicas de GeoStru – Software, que analizará la estabilidad de taludes con métodos de equilibrio límite junto con modelos numéricos avanzados.	<b>Normativas para el calculo</b>	• The general limit equilibrium method (GLE)	Especificaciones Técnicas Numérica y gráfica. Modelos 3D Modelos digitales Parametrización sísmica Avanzados modelos de cálculo
				• Norme tecniche costruzioni (NTC)	
				• Eurocodice 7/8	
				• British Codes BS8004	
			<b>Input Datos</b>	• Input gráfico con el mouse	
				• Input numérico en forma tabular	
				• Lectura de datos de EXCEL	
				• Lectura de archivos DXF	
				• Lectura del perfil topográfico de TRISPACE	
				• Importación de imágenes raster	
			<b>Tipos de cargas sobre el relleno</b>	• Lectura de archivos ASCII	
				• Cargas puntuales (inclinadas)	
			<b>Obras de refuerzo</b>	• Franjas de carga	
				• Muros de contención	
				• Método de estabilización	
				• Gaviones	
				• Anclajes activos y pasivos	
				• Escalonados	
				• Terrenos reforzados: barras, tiras y geotextiles	
				• Database de georedes ampliable por el usuario	
• Trincheras drenantes					
• Inserción de obras genéricas					
• Template integrado para la generación automática					
• Refuerzos de suelo clavado con la					



				técnica Soil Nailing	
			<b>Métodos de cálculo</b>	• FELLENIUS (1936)	
				• BISHOP (1955)	
				• JANBU (1956)	
				• MORGENSTERN & PRICE (1965)	
				• SPENCER (1967)	
				• BELL (1968)	
				• SARMA (1973)	
				• D.E.M (1992)	
				• ZENG LIANG (2002)	
				• Back Analysis	
				• Analisi dei pendii in roccia con Hoek e Bray	
			<b>Opciones de cálculo</b>	• Función <Recalcular> para evaluar el Factor de seguridad de una superficie con centro X0, Y0 y radio R	
				• Búsqueda de la superficie de deslizamiento crítica por medio de cálculo automático	
				• Cálculo de Fs para superficies pasantes por dos puntos asignados y tangentes a una recta con pendiente de variación automática	
				• Cálculo automático de Fs para superficies tangentes a una recta	
				• Cálculo de Fs de a una superficie asignada pasante por tres o por un punto	
				• Posibilidad de efectuar el análisis de estabilidad de taludes sumergidos (por ej. lagos en colina)	
				• Análisis de superficies de cualquier forma	
				• Presencia de sismo y de acuíferos, inclusive confinados	
				• Terrenos estratificados	
				• ANISOTROPIC ANALYSIS	
			<b>Opciones gráficas</b>	• Visualización de las isóneas del factor	

				<p>de seguridad</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Visualización a color de todas las superficies de deslizamiento examinadas subdivididas por factor de seguridad</li> </ul>	
				<ul style="list-style-type: none"> <li>• Selección del grupo de superficies a imprimir</li> </ul>	
				<ul style="list-style-type: none"> <li>• Opciones, y asignación numérica de la malla centros</li> </ul>	
				<ul style="list-style-type: none"> <li>• Opción &lt; Mover Nivel Freático &gt; que permite subir o bajar el nivel freático (comando muy útil en el análisis de sensibilidad del Fs al variar el nivel freático)</li> </ul>	
				<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tramado de los estratos con colores y/o texturas (el usuario puede definir las texturas)</li> </ul>	
				<ul style="list-style-type: none"> <li>• Input gráfico y numérico para superficies de deslizamiento no circulares</li> </ul>	
				<ul style="list-style-type: none"> <li>• Herramientas para introducir texto, líneas y polígonos en la hoja del gráfico</li> </ul>	

### 3.5 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

#### 3.5.1 Técnicas

**A. La observación directa:** *“Es directa cuando el investigador se pone en contacto personalmente con el hecho o fenómeno que trata de investigar”*. (Puente, 2001)

La observación directa es un método de recolección de datos que consiste en observar al objeto de estudio dentro de una situación particular. Esto se hace sin intervenir ni alterar el ambiente en el que el objeto se desenvuelve. De lo contrario, los datos obtenidos no serían válidos. Por ejemplo, es recomendable recurrir a la observación directa cuando lo que se desea es evaluar el comportamiento por un período de tiempo continuo. Al momento de realizar la observación directa, se puede proceder de dos maneras: de forma encubierta (si el objeto no sabe que está siendo observado) o de forma manifiesta (si el objeto es consciente de estar siendo observado).

**B. Información Indirecta:** *“Recopilación de la información existente en fuentes bibliográficas (para analizar temas generales sobre la investigación a realizar), recurriendo a las fuentes originales en lo posible: éstas fueron libros escritos por autores expertos y páginas web de internet”*. (Puente, 2001)

**C. Observación de Campo y de Laboratorio:** Según Vengaría, M. y Valdés la observación es *“el recurso principal de la observación descriptiva” se realiza en los lugares donde ocurren los hechos o fenómenos investigados. La investigación social y la educativa recurren en gran medida a esta modalidad”*.

La observación de laboratorio se entiende de dos maneras: por un lado, es la que se realiza en lugares pre-establecidos para el efecto tales como los museos, archivos, bibliotecas y, naturalmente los laboratorios; por otro lado, también es investigación de

laboratorio la que se realiza con grupos humanos previamente determinados, para observar sus comportamientos y actitudes. (Puente, 2001)

**D) Observación Individual y de Equipo:** “Observación Individual es la que hace una sola persona, sea porque es parte de una investigación igualmente individual, o porque, dentro de un grupo, se le ha encargado de una parte de la observación para que la realice sola”. (Puente, 2001)

**E) Observación de Equipo o de grupo:** Según Puente, es en cambio, “*la que se realiza por parte de varias personas que integran un equipo o grupo de trabajo que efectúa una misma investigación*”, puede realizarse de varias maneras:

- a. “*Cada individuo observa una parte o aspecto de todo*”. (Puente, 2001)
- b. “*Todos observan lo mismo para cotejar luego sus datos*”. (esto permite superar las operaciones subjetivas de cada una) (Puente, 2001)
- c. “*Todos asisten, pero algunos realizan otras tareas o aplican otras técnicas*”. (Puente, 2001)

### 3.5.2 Instrumentos

**A. Guía de información:** Redes de información, documentales, normas, etc.

**B. Ficha de observación:** Una ficha de observación, es un instrumento de recolección de datos, referido a un objetivo específico, en el que se determinan variables específicas. Una ficha de observación es un documento que intenta obtener la mayor información de algo, (sujeto) observándolo. La ficha puede ser de gran duración o corta duración en el tiempo. La observación es una técnica antiquísima, cuyos primeros aportes sería imposible rastrear. A través de sus sentidos, el hombre capta la realidad que lo rodea, que luego organiza intelectualmente y agrega: La observación puede definirse, como el uso

sistemático de nuestros sentidos en la búsqueda de los datos que necesitamos para resolver un problema de investigación. (Sabino, 1992, págs. 111-113)

### **3.5.3 Métodos de análisis de datos**

Las técnicas de análisis cuantitativo son aquellas que sirven para describir, graficar y resumir los datos obtenidos con los instrumentos cuantitativos. Para el procesamiento de nuestros datos a nivel descriptivo se utilizarán tablas y gráficos a nivel descriptivo, los cuales serán procesados con el programa de Excel 2016 (tabla de frecuencias y gráficos de barras). Su procesamiento se realizará en el programa estadístico SPSS versión 24. Posteriormente, se realizará el análisis e interpretación y descripción de los resultados. Para la validación de los instrumentos, se utilizará el juicio de expertos, donde, se distribuirá a tres profesionales de la especialidad, quienes calificarán la redacción y contenido del cuestionario y que es aplicable a las unidades de estudio. Además, la confiabilidad de la consistencia interna del cuestionario se hará con la prueba del coeficiente alfa de Cronbach, la cual, deberá ser mayor a 0,750; para ser considerado como un instrumento es de buena confiabilidad.

### **3.5.4 Fuentes**

Para el presente proyecto de investigación se pudo obtener la información de diversas fuentes tales como:

- Libros
- Artículos científicos
- Tesis
- Páginas web

## **CAPÍTULO IV**

### **RESULTADOS**

#### **4.1 Descripción del trabajo de campo.**

Se realizó el trabajo de campo con la finalidad verificar la validez o error de la hipótesis. El trabajo de campo para el desarrollo de este estudio fue realizado en los meses de septiembre y octubre. Se incluyeron las siguientes actividades:

- Elaboración de una propuesta para el desarrollo del estudio.
- Diseño del instrumento de recolección de información.
- En la operacionalización de las variables, se definieron las dimensiones y los indicadores, a partir de los cuales se desarrollaron las pruebas pertinentes con el programa Slope Geostru.
- De acuerdo a los resultados obtenidos, se analizó la necesidad de elaborar posibles recomendaciones que serán de utilidad para las empresas constructoras, ingenieros civiles, municipalidad provincial de Andahuaylas, etc.

#### **4.2 Metodología del estudio.**

Esta investigación es de tipo tecnológica, puesto que responde a un problema técnico y transversal. La población estuvo constituida por el cerro Huayhuaca, durante el periodo de septiembre y octubre. La muestra estuvo constituida por 100 (n=100) metros cuadrados del terreno. El tipo de muestreo fue muestreo no probabilístico.

Para la recolección de información primero se hizo la excavación de una calicata, con una profundidad de 1,60 metros, en el cual se ha obtenido muestras para el posterior

análisis de laboratorio. Luego se realizó la obtención de datos para rocas en el que se recogieron bloques de piedra caliza para el análisis posterior en el laboratorio de resistencia a la compresión, además del análisis “insitu” de las características geomecánicas de las rocas. Asimismo se realizaron los ensayos de esclerometría en campo.

Para establecer asociación entre la tecnología aplicada y el terreno, hicimos el levantamiento topográfico para procesar todos los datos.

### **4.3 Resultados de la Investigación**

A continuación, presentamos los resultados de la aplicación del programa SLOPE GEOSTRU, en el análisis de terrenos rocosos realizados con la finalidad de identificar si los resultados de la aplicación del programa SLOPE GEOSTRU, en el análisis de terrenos rocosos, determinan la mejor tecnología de solución y diseño de ingeniería segura, económica y eficaz, para la estabilización del talud, del cerro Huayhuaca, del distrito de Andahuaylas – 2018.

#### **4.3.1 Resultados de las Características Geomecánicas de las rocas del cerro Huayhuaca**

*Tabla 18: Resistencia de la Roca Intacta*

<b>Tipo de Roca</b>	<b>Resistencia a la Compresión Simple (MPa)</b>
Caliza	67.45

En la tabla 18 se aprecia el tipo de roca caliza con Resistencia a la Compresión Simple de 67,45 mega pascales.

Tabla 19: Parámetros de la resistencia de la roca intacta de 67.45 mega pascales

DESCRIPCIÓN	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN SIMPLE (Mpa)	ÍNDICE DE RESISTENCIA DE CARGA PUNTUAL (Mpa)
Muy alta	>200	>8
Alta	100 – 200	4 – 8
Media	50 – 100	2 – 4
Baja	25 – 50	1 – 2
Muy baja	10 – 25	
	3 – 10	<1
	1 – 3	

En la tabla 19 se aprecia que los parámetros de la resistencia de la roca intacta de 67,45 mega pascales lo que indica una resistencia a la compresión simple de valor media con un índice de resistencia de carga puntual de 2 a 4.

#### Designación de la Calidad de la Roca (RQD)

Para la obtención del RQD se hizo la utilización de la siguiente formula:

$$RQD = \frac{\sum \text{trozos de longitud} \geq 10\text{cm}}{\text{longitud del tramo}} \times 100$$

Tabla 20: Designación de la calidad de la roca

DESCRIPCIÓN	RQD	VALOR
N		R
Excelente	90-100%	20
Buena	75-90%	17
Regular	50-70%	13
Mala	25-50%	8
Muy mala	25%	3

En la tabla 20 se aprecia la designación de la calidad de la roca se define como el porcentaje de recuperación de testigos de más de 10 cm de longitud (en su eje) sin tener



en cuenta las roturas frescas del proceso de perforación respecto de la longitud total del sondeo, la cual nos arroja un valor de 8 con un índice RQD malo de 25 a 50%.

*Tabla 21: Espaciamiento de discontinuidades*

<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>ESPACIADO DE DISCONTINUIDADES</b>	<b>TIPO DE MACIZO ROCOSO</b>	<b>VALOR</b>
Muy ancho	>2000mm	Sólido	20
Ancho	600-2000mm	Masivo	15
Moderadamente cerrado	200-600mm	En bloques	10
Cerrado	60-200mm	Fracturado	8
Muy cerrado	<60mm	Machacado	5

En la tabla 21 se presenta las discontinuidades que están presentes en la roca y afectan la resistencia, permeabilidad y durabilidad de la masa. Es importante evaluar la geometría, naturaleza, estado y condición de las discontinuidades, porque ellas definen la fábrica estructural del macizo rocoso. Además de su génesis, la influencia en el comportamiento del macizo, exige evaluar la génesis de los rellenos, la cantidad de agua, las cicatrices y revestimientos en las paredes por materiales solubles, la abertura, rugosidad y persistencia de las discontinuidades, y el número de familias.

La tabla nos arroja un valor de 8 en el que el espaciado de discontinuidades es de 60 a 200mm de características cerrada.

#### Condiciones de las Discontinuidades

Para describir el estado de las discontinuidades se utilizan los siguientes parámetros:

Tabla 22: Abertura

GRADO	DESCRIPCIÓN	SEPARACIÓN DE LAS CARAS	SUB VALOR
1	Abierta	>5mm	0
2	Moderadamente abierta	1 – 5 mm	1
3	Moderadamente cerrada	0.1 – 1 mm	4
4	Muy cerrada	< 0.1 mm	5
5	Cerrada	0	6

En la tabla 22 se aprecian los valores de apertura de las discontinuidades con los siguientes parámetros de grado 3 moderadamente cerrada con una separación de 0,1 a 1mm con un sub valor de 4.

Tabla 23: Continuidad de discontinuidades

GRADO	DESCRIPCIÓN	CONTINUIDAD	SUB VALOR
1	Muy pequeña	<1 mts.	6
2	Pequeña	1 – 3 mts.	4
3	Media	3 – 10 mts.	2
4	Alta	10 – 20 mts	1
5	Muy alta	> 20 mts.	0

En la tabla 23 se aprecia que el cuadro nos muestra los valores de continuidad de discontinuidades con los siguientes parámetros de grado 2 con características pequeñas con una continuidad de 1 a 3 metros con un sub valor de 4.

Tabla 24: Rugosidad

GRADO	DESCRIPCIÓN	SUB VALOR
1	Muy rugosa	6
2	Rugosa	5
3	Moderadamente rugosa	2
4	Ligeramente rugosa	1
5	Lisa	0

Fuente: Análisis de las características geomecánicas de roca en el cerro Huayhuaca

En la tabla 24 se aprecian los valores de rugosidad de las rocas con los siguientes parámetros de grado 2 con característica rugosa y con un sub valor de 5.

*Tabla 25: Rugosidad*

<b>GRADO</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>SUB VALOR</b>
1	Relleno blando > 5 mm	0
2	Relleno blando < 5 mm	2
3	Relleno duro > 5 mm	2
4	Relleno duro < 5 mm	4
5	ninguno	6

En la tabla 25 se aprecia los valores de rugosidad de las rocas con los siguientes parámetros de grado 1 con un relleno blando menor a 5 mm con un sub valor de 2

*Tabla 26: Meteorización*

<b>GRADO</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>SUB VALOR</b>
1	Descompuesta	0
2	Muy meteorizada	1
3	Moderadamente meteorizada	3
4	Ligeramente meteorizada	5
5	No meteorizada	6

En la tabla 26 se verifica los valores de meteorización con los siguientes parámetros de grado 3 moderadamente meteorizada con un sub valor de 3.

*Tabla 27: Condiciones de Agua Subterránea*

<b>GRADO</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>VALOR</b>
1	Seco	15
2	Húmedo	10
3	Mojado	7
4	Goteo	4
5	Flujo de agua	0

La tabla 27 nos muestra los valores de las condiciones de agua subterránea con los siguientes parámetros con grado 1 de características secas con un valor de 15 de acuerdo al cuadro de clasificación.

Tabla 28: Resumen de análisis de parámetros de caracterización

RESUMEN DE PARÁMETROS DE CARACTERIZACIÓN								
PARÁMETRO		RANGO DE VALORES						
Condición de Juntas	Resistencia a la compresión simple (Mpa)	>250	100 a 250	50 a 100	25 a 50	5 a 25	1 a 5	< 1
	Valorización RQD	15	12	7	4	2	1	0
	Valorización	90 a 100	75 a 90	50 a 75	25 a 50		< 25	
	Valorización	20	17	13	8		3	
	Espaciamiento de las Discontinuidades (mm)	> 2000	600 a 2000	200 a 600	60 a 200		< 60	
	Valorización	20	15	10	8		5	
	Continuidad (m)	<1	1 a 3	3 a 10	10 a 20		>20	
	Sub Valorización	6	4	2	1		0	
	Apertura (mm)	Cerrada	<0.1	0.1 a 1.0	1 a 5		>5	
	Sub Valorización	6	5	4	1		0	
	Rugosidad	Muy rugosa	Rugosa	Medianamente rugosa	Ligeramente rugosa		Lisa	
	Sub Valorización	6	5	3	1		0	
	Tipo de Relleno	Limpio	Duro < 5mm	Duro > 5mm	Blando > 5mm		Blando < 5mm	
	Sub Valorización	6	4	3	2		0	
	Meteorización	Sana	Ligera	Moderada	Muy meteorizada		Descompuesta	
	Sub Valorización	6	5	3	1		0	
	Agua Subterránea	Seco	Húmedo	Mojado	Goteo		Flujo	
	Valorización	15	10	7	4		0	
	<b>Valorización Total</b>			<b>56</b>				

Tabla 29: Caracterización del Macizo Rocosó

CLASE	CALIDAD	VALORIZACIÓN RMR	COHESIÓN	ANGULO DE ROZAMIENTO
I	Muy buena	100 – 81	4 kg/cm <sup>2</sup>	> 45°
II	Buena	80 – 61	3 – 4 kg/cm <sup>2</sup>	35° - 45°
III	Media	60 – 41	2 – 3 kg/cm <sup>2</sup>	25° - 35°
IV	Mala	40 – 21	1 – 2 kg/cm <sup>2</sup>	15° - 25°
V	Muy mala	<20	< 1 kg/cm <sup>2</sup>	<15°

En la tabla 29 se aprecia los valores de la caracterización del macizo rocoso con los siguientes parámetros de clase 3 con una calidad media con una valorización (RMR) de 41 a 60 con una cohesión de 2 a 3 kg/cm<sup>2</sup> con un Angulo de rozamiento de 25 a 35 grados.

### 4.3.2 Resultados de la resistencia a la compresión de las rocas del cerro Huayhuaca

<b>ENSAYO DE ROTURA DE PROBETAS DE CONCRETO</b>								
PROYECTO: TESIS DE PREGRADO EVALUACIÓN DEL SISTEMA DE BANQUETAS EN TALUD DEL TALUD DEL CERRO HUAYHUACA CON EL PROGRAMA SLOPE GEOSTRU								
UBICACIÓN: COMUNIDAD DE HUAYHUACA - DISTRITO Y PROVINCIA DE ANDAHUAYLAS								
MUESTRA: ROCA CALIZA								
SOLICITA: BACHILLER: PAULO QUINTANA MALLMA								
FECHA: ANDAHUAYLAS, 12 DE OCTUBRE DEL 2018								
N°	ESTRUCTURA PROCEDENCIA	FECHA MODELO	FECHA ROTURA	EDAD DIAS	LECTURA DIAL	RESIST. Kg/cm2	DISEÑO f'c	RESIST. %
1	M-1 ROCA CALIZA 7Cm*7Cm/10Cm				33700	687.76		
2	M-2 ROCA CALIZA 7Cm*7Cm/10Cm				32050	654.08		
3				30	32000	652.00	30.00	96.19%
4				30	32000	652.00	30.00	96.19%
5				30	32000	652.00	30.00	96.19%
6				30	32000	652.00	30.00	96.19%
7				30	32000	652.00	30.00	96.19%
8				30	32000	652.00	30.00	96.19%
9				30	32000	652.00	30.00	96.19%
10								
11				45	32000	652.00	30.00	96.19%
12				30	32000	652.00	30.00	96.19%
13				30	32000	652.00	30.00	96.19%
14				30	32000	652.00	30.00	96.19%
15				30	32000	652.00	30.00	96.19%

Figura 8: Ensayo de resistencia a la fuerza de compresión

En la figura 8, este es un ensayo de resistencia de suelos, que nos sirve para determinar la resistencia de la roca frente a la compresión este ensayo se calcula por medio de la fracción de la lectura dial sobre el área de compresión  $(33700/49)=687.76\text{kg/cm}^2$  este ensayo será determinante para el cálculo del factor de seguridad en terreno rocoso ya que es una característica geotécnica, se repite la misma fracción para el segundo caso.

## PESO ESPECIFICO Y ABSORCION DE ROCA CALIZA

**PROYECTO** : EVALUACION DEL SISTEMA DE BANQUETAS EN TALUD DEL CERRO HUAYHUACA  
**MUESTRA** : ROCA CALIZA  
**UBICACION** : CERRO HUAYHUACA ANDAHUAYLAS  
**SOLICITANTE** : BACHILLER PAULO JERSON QUINTANA MALLMA  
**FECHA** : 12 DE OCTUBRE DEL 2018

<b>PESO ESPECIFICO Y ABSORCION DEL AGREGADO GRUESO</b>				
<b>ASTM C 127</b>				
PROCEDENCIA : .....				
UBICACIÓN : .....				
MUESTRA : PIEDRA				
RECIPIENTE N°.	1	2		PROMEDIO
Peso seco de la muestra ( gr )	2061.0	2178.0		
Peso SSS de la muestra al aire ( gr )	2068.0	2185.0		
Peso SSS de la muestra al agua ( gr )	1259.0	1297.9		
Peso específico Aparente ( gr/cc )	2.570	2.475		2.522
Peso específico Bulk SSS (gr/cc )	2.556	2.463		2.510
Peso específico Bulk (gr/cc )	2.548	2.455		<b>2.501</b>
Absorción ( % )	0.34	0.32		<b>0.33</b>

*Figura 9: Ensayo de peso específico de la roca*

En la figura 9, se aprecia el ensayo que sirve para determinar el peso específico de las rocas con los siguientes valores peso específico 2.501 gr/cm<sup>2</sup> y una absorción de 0.33 % promedio estos datos serán determinantes para el cálculo del factor de seguridad para terreno rocos ya que es una característica geotécnica

A continuación, presentamos los resultados de la aplicación del programa SLOPE GEOSTRU, en el análisis de terrenos sueltos, para determinar la mejor tecnología de solución y diseño de ingeniería segura, económica y eficaz, para la estabilización del talud, del cerro Huayhuaca, del distrito de Andahuaylas - 2018.

### **4.3.3 Geología del terreno y geomorfología**

#### **4.3.3.1 Geología**

La loma de Huayhuaca, está ubicado al sur del distrito Andahuaylas colindando con la llanura depresiva de Curibamba a los 2900msnm, teniendo una altura máxima promedio de 3050 msnm y poniéndose en contacto con el cerro Apachetayoc perteneciente a la montaña Illarumi, compuesta por granodiorita y los volcánicos cuaternarios.

##### **A) Depósitos Aluviales (Qh-al)**

Esta unidad en el área de estudio, se emplaza y tiene buena exposición a lo largo del río Chumbao. Consiste principalmente en conos aluviales y terrazas.

A lo largo del río Chumbao se puede ver buenos ejemplos de conos aluviales originados por riachuelos que desembocaron en ambas orillas del mencionado río, asociados a estos conos aluviales, frecuentemente se encuentran depósitos de terrazas.

Su composición es principalmente de guijarros subredondeados a redondeados, según la distancia de transporte. Los cantos están envueltos en matriz arenosa y limosa, el tamaño de los elementos varía según su ubicación, es así que por el cauce de los ríos y los conos aluviales se presentan cantos de gran tamaño llegando hasta dos metros de diámetro, sin embargo, alejándose de los cauces y de los conos aluviales el tamaño de los cantos son más pequeños y a su vez se aprecia una mejor distribución granulométrica.

##### **B) Depósitos Eluviales (Qh-el)**



Estos depósitos están emplazados hacia el suroeste del área de estudio.

Estos depósitos son producto del fracturamiento de la roca, sus clastos son por lo general angulosos a sub angulosos a consecuencia de que no sufrieron transporte considerable.

Así mismo los productos eluviales bajo la acción del agua se pueden movilizar formando pequeños huaycos, tal como se puede apreciar hacia el suroeste, donde se puede apreciar depósitos eluviales antiguos de clastos angulosos y de tamaños variables envuelto en una matriz areno arcillosa.

### **C) Unidad Ocobamba (PN-oc/gdi)**

Las rocas que conforman esta unidad afloran extensamente al SE de la hoja de Andahuaylas así como al noroeste y suroeste del área de estudio. En su estructura interna, esta unidad presenta variaciones composicionales que varían desde una granodiorita a diorita.

Macroscópicamente la roca fresca tiene colores gris blanquecinos, crema, rosado pálido y amarillento presenta granos variables de 1 a 3 mm. de diámetro de forma subhedral anhédrica de fractura irregular a veces rellena por epidota, de media a baja densidad de cohesión alta a media y porosidad moderada.

Estas propiedades varían en los afloramientos que presentan fracturamiento y de acuerdo al mayor o menor grado de alteración, como se puede observar en las partes donde las acciones de los glaciares dejaron rastros.

### **D) Formación Arcurquina Kis-ar\_i**

Esta unidad está básicamente representada por calizas intercaladas con proporciones subordinadas de areniscas y lutitas; ocasionalmente se encuentran lentes de evaporitas y horizontes de conglomerados.

Las calizas se presentan masivas o en bancos gruesos bien estratificados de 0.30 a 1.0 metros de grosor, son generalmente detríticas con contenido de numerosos fragmentos de fósiles. Estas calizas en corte fresco presentan una coloración gris oscuro, mientras que en superficie meteorizada adoptan una coloración blanquecina.

Las lutitas encontradas son mayormente gris oscuras, laminadas y endurecidas, se presentan en capas delgadas de algunos centímetros hasta bancos mayores de 1.0 metros, las areniscas son gris blanquecinas y amarillentas, de grano medio a grueso a menudo calcáreas; están asociadas generalmente con calizas arenosas.

Las calizas de la Formación Arcurquina corresponden a depósitos de mar nerítico con influencia continental. El mar del cretáceo medio terminaba con lagunas costaneras, donde reinaba una intensa evaporación que dio lugar a las evaporitas de dicha formación.

Litológicamente la Formación Arcurquina es materia de estudio dentro marco del presente trabajo de tesis, donde esta formación aflora ampliamente sobre el área de estudio (Cerro Huayhuaca).

Geología estructural: El conjunto de deformaciones que ha afectado la región de Andahuaylas se debe a la tectónica andina del oligoceno

Rasgos estructurales: la zona de Andahuaylas afectado por diferentes movimientos tectónicos ha creado diversas estructuras de dimensiones grandes y pequeñas como fallas y pliegues estas muchas veces condicionan el flujo, almacenamiento y descarga de las aguas superficiales y subterráneas del lugar los vacíos generados por la porosidad primaria y secundaria permiten la mayor capacidad de almacenamiento de los reservorios litológicos por tanto el acuífero se hace más potencial estas estructuras afectan a todas las unidades estratigráficas.

Pliegues: los pliegues sinclinales se comportan como reservorios de agua mientras que los anticlinales aparecen fallados y bastante fracturados a lo largo de su eje axial superior cubierto de materiales aluviales sirve como área de recepción para la captación de aguas especialmente de las precipitaciones pluviales que se infiltran hacia los sinclinales.

Los pliegues generalmente están cortados transversalmente por fallas del lugar.

Fallas : las fallas se comportan como sellos delimitados en bloques acuíferos a veces hacen el papel de conductos controlando y condicionando el movimiento del movimiento de flujo de ingreso o salida de un reservorio.

Muchas fallas aparecen cubiertas de panizos lo que indica que hubo fricción en el plano de ruptura cuando se movieron los bloques y muchas veces están acompañados por filtraciones de agua dándonos indicio que sirve de conducto para descargar.

Existen fallas menores que cortan transversalmente a fallas mayores en el área de estudio afloran tres sistemas de fallas:

Una principal en dirección EW paralelo al cause del río del Chumbao y fallas con dirección NS y NW – SW transversales a la falla principal.

Entre las principales fallas tenemos:

- Falla Uchuuran
- Falla Suramachay
- Falla Chacrapata
- Falla de San Carlos
- Falla de Hualalachi
- Falla de Tonlinco Huaycco
- Falla Chontahuilca

Fracturas: a consecuencia del conjunto de fallas existentes en la zona de estudio se tiene la presencia de fracturas principalmente en granodioritas y calizas las cuales se encuentran bien fracturadas próximas a las zonas de fallas principales como se observa a lo largo de valle donde afloran. Estas fracturas se presentan en distintas direcciones lo que hace suponer una actividad tectónica fuerte.

Por causa de esta actividad tectónica y como consecuencia de los pliegues las areniscas y lutitas de la formación yura se presentan fracturadas.

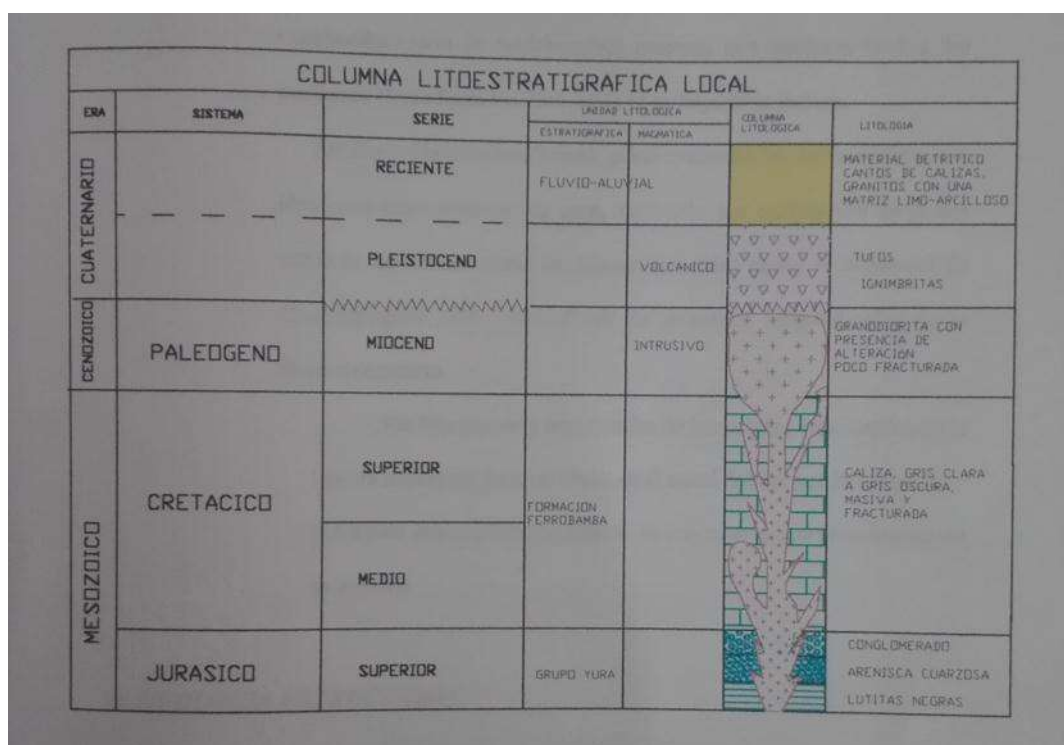


Figura 10: Columna litoestratigráfica local

En la figura 10, se presenta el plano geológico de la ciudad de Andahuaylas, litológicamente la formación Arcurquina es materia de estudio dentro del marco del presente trabajo de tesis esta formación aflora ampliamente sobre el área de estudio.

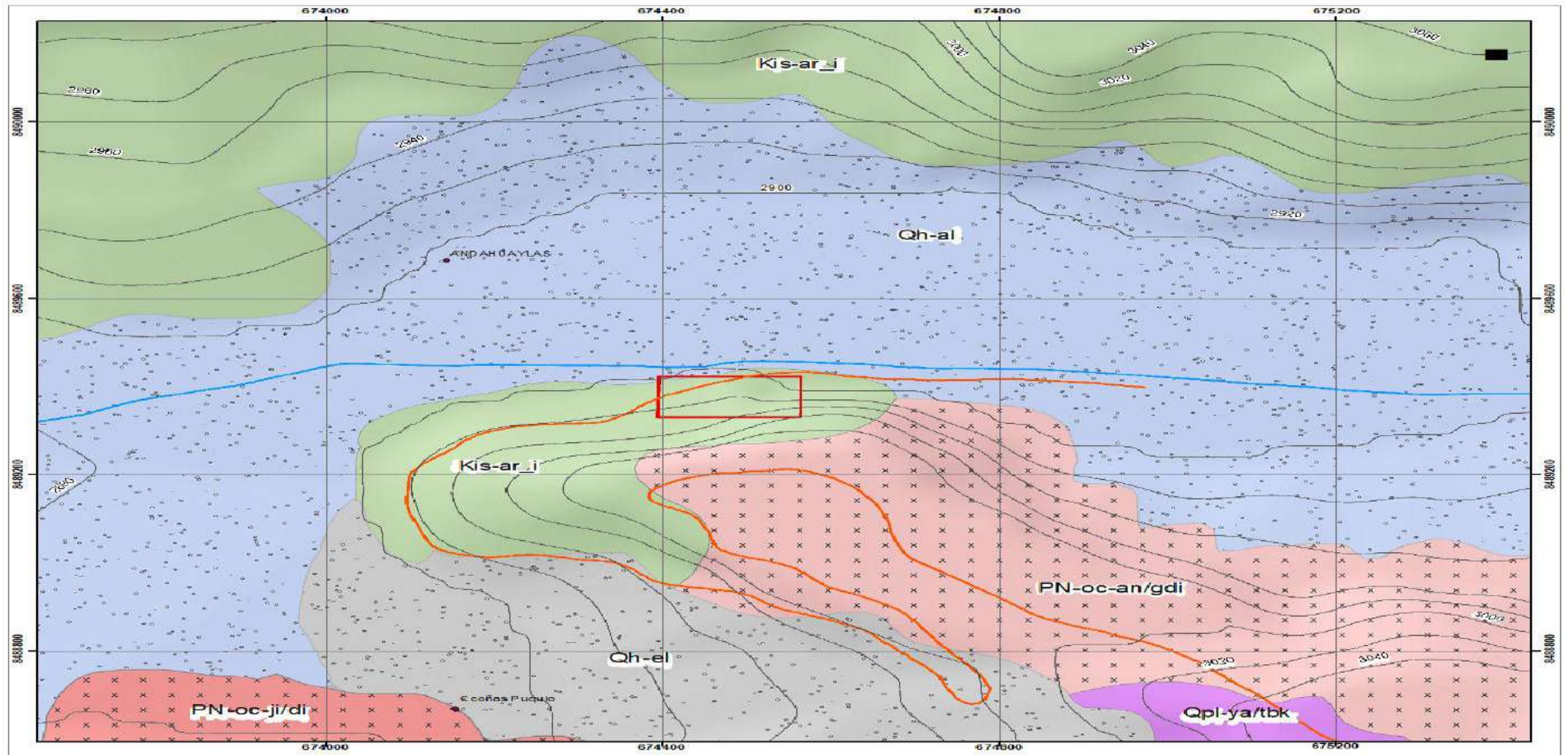


Figura 11: Plano geológico de Andahuaylas

En la figura 11, se presenta el plano geológico de la ciudad de Andahuaylas, litológicamente la formación Arcurquina es materia de estudio dentro del marco del presente trabajo de tesis esta formación aflora ampliamente sobre el área de estudio del cerro Huayhuaca.

<b>CONTENIDO DE HUMEDAD ASTM D - 2216 / MTC E 108 - 2000</b>	
PROYECTO	: Evaluacion del sistema de banquetas en talud del cerro huayhuaca
MUESTRA	: C-1
PROFUNDIDA:	1.60M
UBICACION	: CERRO HUAYHUACA DISTRITO DE ANDAHUAYLAS
SOLICITADO	: Bachiller Paulo Jerson Quintana Mallma
fecha	: 12 de octubre del 2018

Nº MUESTRAS	1	2	PROMEDIO
Peso de la Cápsula gr.	13.44	13.60	
Peso de la Cápsula + Suelo Humedo gr.	56.52	57.85	
Peso de la Cápsula + Suelo Seca gr.	51.82	53.04	
Peso del Agua gr.	4.70	4.81	
Peso de Suelo Seca gr.	38.38	39.44	
Porcentaje de Humedad %	12.25	12.20	12.22

PROMEDIO DE HUMEDAD % = **12.22**

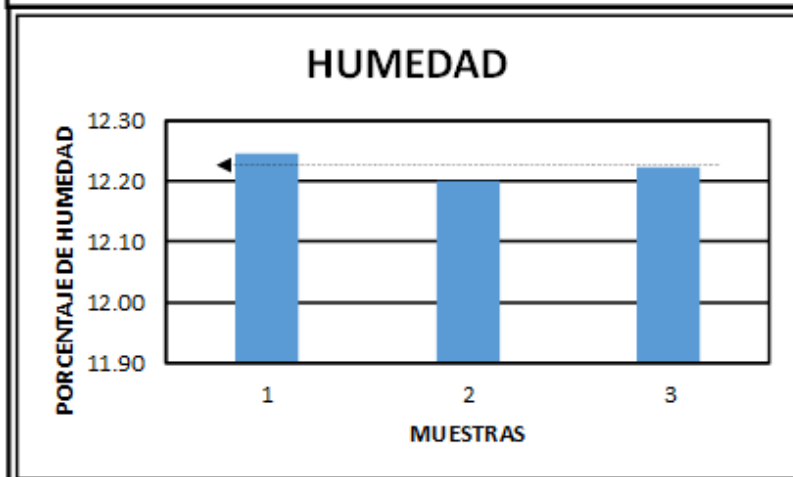


Figura 12: Ensayo de contenido de humedad

En la figura 12, se presenta el ensayo de contenido de humedad este es un ensayo de estado de suelo que sirve para determinar básicamente el contenido de humedad en porcentaje, la muestra fue obtenida de la calicata C-1 del cerro Huayhuaca la cual nos arroja un valor de 12.22% promedio de humedad.

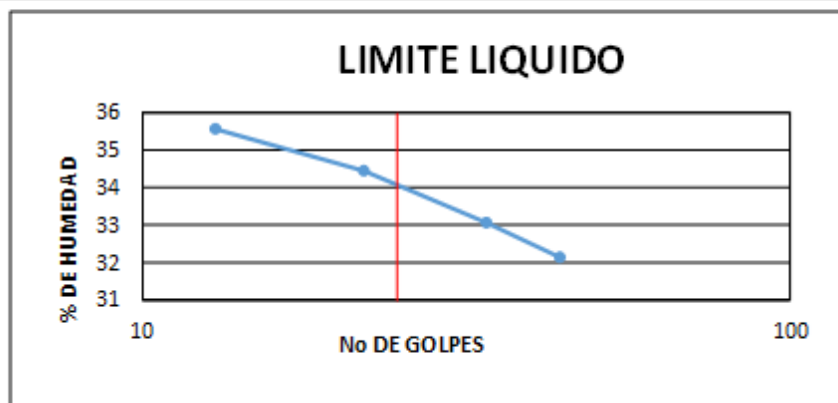
## ENSAYO DE LIMITES DE CONSISTENCIA ASTM D - 4318

PROYECTO : EVALUACION DEL SISTEMA DE BANQUETAS EN TALUD DEL CERRO HUYHUACA  
 MUESTRA : C-1  
 PROF. :1.60 M  
 UBICACION : CERRO HUYHUACA DISTRITO DE ANDAHUAYLAS  
 SOLICITADO : BACHILLER PAULO JERSON QUINTANA MALLMA  
 FECHA :12 DE OCTUBRE DEL 2018

<b>LIMITE LIQUIDO</b>					<b>OBSERVACIONES:</b>
Muestra N°	4	3	2	1	
Peso de la capsula	14.10	13.80	13.50	13.40	
Peso capsula. + suelo humedo	32.60	30.30	29.90	31.70	
Peso capsula + suelo seco	28.10	26.20	25.70	26.90	
Numero de golpes	44	34	22	13	
Peso suelo seco	14.00	12.40	12.20	13.50	
Peso agua	4.50	4.10	4.20	4.80	
% humedad	32.1	33.1	34.4	35.6	

<b>LIMITE PLASTICO</b>				<b>RESULTADOS</b>
Muestra	1	2	3	
Peso de la capsula	13.50	13.40	13.40	LIMITE LIQUIDO <span style="border: 1px solid black; padding: 2px 10px;">34.1</span>  LIMITE PLASTICO <span style="border: 1px solid black; padding: 2px 10px;">24.5</span>  INDICE PLASTICO <span style="border: 1px solid black; padding: 2px 10px;">9.6</span>
Peso capsula. + suelo humedo	24.82	25.10	24.50	
Peso capsula + suelo seco	22.60	22.80	22.30	
Peso suelo seco	9.10	9.40	8.90	
Peso agua	2.22	2.30	2.20	
% humedad	24.4	24.5	24.7	



*Figura 13: Ensayo de límites de consistencia e índice de plasticidad*

En la figura 13, se aprecia el ensayo de límites de consistencia este es un ensayo de identificación de suelos que nos sirve para determinar los límites de consistencia



tanto el límite líquido como el límite plástico e índice de plasticidad, Resultados que son obtenidos en el laboratorio los resultados nos arrojan los valores de límite líquido de 34.10 % de humedad, límite plástico de 24.5% de humedad y el índice de plasticidad de 9.6% de humedad siendo esta la diferencia de los límites

ENSAYO DE DENSIDAD DE CAMPO		
PROYECTO : EVALUACION DEL SISTEMA DE BANQUETAS EN TALUD DEL CERRO HUAYHUACA		
UBICACIÓN : CERRO HUAYHUACA DISTRITO DE ANDAHUAYLAS		
SOLICITA : BACHILLER EN INGENIERIA CIVIL PAULO JERSON QUINTANA MALLMA		
FECHA : 12 DE OCTUBRE DEL 2018		
DENSIDAD DE CAMPO		
1	Peso del material + deposito (gr)	5110.000
2	Peso del deposito (gr)	529.000
3	Peso del material neto (gr)	4581.000
4	Peso de la arena + frasco (gr)	6629.000
5	Peso de la arena que queda + frasco (gr)	1560.000
6	Peso de la arena en el embudo (gr)	1493.000
7	Peso de la arena en el hueco (gr)	3576.000
8	Densidad de la arena (gr/cm <sup>3</sup> )	1330.000
9	Volumen del hueco (cm <sup>3</sup> )	2688.720
10	Densidad de humedad (gr/cm <sup>3</sup> )	1.880
11	Contenido de humedad (%)	2.826
12	Densidad seca (gr/cm <sup>3</sup> )	1.670
13	Maxima densidad determinada (gr/cm <sup>3</sup> )	1.860
14	Porcentaje de compactacion obtenido	88.886

Figura 14: Ensayo de densidad de campo

En la figura 14, se aprecia el ensayo de densidad de campo este es un ensayo de estado de los suelos, este ensayo será determinante para realizar los cálculos de factor de seguridad ya que se utilizará los valores de densidad de humedad 1.88gr/cm<sup>3</sup> y densidad natural seca 1.67gr/cm<sup>3</sup> en los parámetros de caracterización geotécnica.

<b>ENSAYO DE ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO</b>	
<b>MTC E 107- 2000</b>	
PROYECTO	: EVALUACION DEL SISTEMA DE BANQUETAS EN TALUD DEL CERRO HUAYHUACA
MUESTRA	: C-1
PROF.	: 1.60M
UBICACION	: CERRO HUAYHUACA DISTRITO DE ANDAHUAYLAS
SOLICITADO	: BACHILLER EN INGENIERIA CIVIL PAULO JERSON QUINTANA MALLMA
FECHA	: 12 DE OCTUBRE DEL 2018

TAMAÑO DE TAMIZES	PESO RETENIDO (gr)	% RETENIDO (%)	% QUE PASA (%)
4" (101.60 mm.)	0.00	0.00	100.00
2" (50.80 mm.)	223.00	8.93	91.07
1 1/2" (38.10 mm.)	178.00	7.13	83.95
1" (25.40 mm.)	476.00	19.06	64.89
3/4" (19.10 mm.)	116.00	4.64	60.25
1/2" (12.70 mm.)	105.00	4.20	56.04
3/8" (9.52 mm.)	172.00	6.89	49.16
Nº 4 (4.76 mm.)	293.00	11.73	37.43
Nº 10 (2.00 mm.)	183.00	7.33	30.10
Nº 40 (0.43 mm.)	173.00	6.93	23.18
Nº 100 (0.14 mm.)	125.00	5.00	18.17
Nº 200 (0.07 mm.)	92.00	3.68	14.49
CAZUELA	362.00	14.49	0.00
<b>TOTAL :</b>	<b>2,498.00</b>	<b>100</b>	

**GRAFICO DE GRANULOMETRIA**

ABERTURA EN MM

% QUE PASA

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO MTC E 107- 2000			DATOS PARA CLASIFICACION		
SISTEMA UNIFICADO DE CLASIFICACION DE SUELOS					
SUELO DE GRANO GRUESO, MAS DEL 50% RETENIDO EN LA MALLA Nº 200	GRANOS Y SUELO GRUESO (GRANOS, mezcla de arena y arcilla)	GW	Gravas bien graduadas, mezclas de grava y arena con poco o nada de finos	PASANº 4	37.43
		GP	Gravas mal graduadas, mezcla de grava y arena con poco o nada de finos	PASANº 10	30.10
		GM	Gravas limosas, mezclas de grava, arena y limo	PASANº 40	23.18
		GC	Gravas arcillosas, mezclas de grava, arena y arcilla	PASANº 200	14.49
		RETENEDOR Nº	62.57		
SUELO DE GRANO FINO, 50% O MAS PASA LA MALLA Nº 200	ARENA Y SUELO FINE (ARENA, mezcla de arena y arcilla)	SW	Arenas bien graduadas, arenas con grava con poco o nada de finos	D10	0.051
		SP	Arenas mal graduadas, arenas con grava con poco o nada de finos	D30	1.98
		SM	Arenas limosas, mezcla de arena y limo	D60	18.72
		SC	Arenas arcillosas, mezcla de arena y arcilla	Cu	366.64
		CL	Arcillas inorgánicas de baja plasticidad, arcillas con grava, arcillas arena- limosas,	Cc	4.086
OL	Limos Orgánicas y Arcillas Limosas Orgánicas de baja plasticidad	LL	34.1%		
Limos inorgánicos, Limos micáceos, o limos mixtos, Limos elásticos	MH	Limos inorgánicos, Limos micáceos, o limos mixtos, Limos elásticos	LP	24.5%	
	CH	Arcillas inorgánicas de alta plasticidad.	IP	9.6%	
	OH	Arcillas Orgánicas de media a alta plasticidad, Limos orgánicas de media plasticidad	<b>CLASIFICACION</b>		
Altamente Orgánico	Pt	Turba y otros suelos altamente orgánicos	ASSTHO	A-2-4	
			SUCS	<b>GC</b>	

Figura 15: Ensayo de granulometría del suelo

En la figura 15, se aprecia el ensayo de granulometría de suelos este es un ensayo de identificación de suelo que nos sirve para determinar la distribución granulométrica

del suelo la cual nos arroja una clasificación en la tabla ASSTHO: A-2-4 y en la tabla de  
 Sucs: GC lo que indica que es una Grava Arcillosa

<b>LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y MATERIALES</b>									
<b>ENSAYO DE CORTE DIRECTO (A STM D 3080)</b>									
PROYECTO : EVALUACION DEL SISTEMA DE BANQUETAS EN TALUD DEL CERRO HUAYHUACA MUESTRA : C-1 PROF. : 1.60M UBICACION : CERRO HUAYHUACA DISTRITO DE ANDAHUAYLAS SOLICITADO : BACHILLER EN INGENIERIA CIVIL PAULO JERSON QUINTANA MALLMA FECHA : 12 DE OCTUBRE DEL 2018									
<b>MUESTRA N° C-1</b>			<b>PROF.</b>	1.60m	<b>CONST ANILI 0.001"</b>		0.0025 Cm.		
<b>CONTENIDO DE HUMEDAD</b>									
Capsula N°	gr.		<b>1</b>	Ancho de la seccion b	Cm				<b>6.00</b>
Suelo humado + capsula	gr.		<b>135.00</b>	Altura H	Cm				<b>2.00</b>
Suelo seco + capsula	gr.		<b>120.40</b>	Area de la sección A <sub>o</sub>	Cm <sup>2</sup>				<b>36.00</b>
Peso del agua	gr.		14.60	Volumen	Cm <sup>3</sup>				72.00
Peso de la capsula.	gr.		<b>0.00</b>	Peso Húm edo	gr.				<b>135.00</b>
Peso del suelo seco	gr.		120.40	Densidad Natural Hum eda	Gr./Cm <sup>3</sup>				1.88
Porcentaje de Humedad	%		12.13	Densidad Natural Seca	Gr./Cm <sup>3</sup>				1.67
<b>OBSERVACIONES:</b>									
DEFORMACION	ACORTAMIENTO	AREA CORREGIDA	FUERZA DE CORTE HORIZONTAL			ESFUERZO CORTANTE τ			
Horizontal D 0.001"	Horizontal AD d°0.00254	A' = A <sub>o</sub> - b*AD Cm <sup>2</sup>	Ph : Kg.			Ph/A' : Kg/Cm <sup>2</sup>			
			N° 1	N° 2	N° 3	N° 1	N° 2	N° 3	
20	0.0508	35.6952	4	4	8	0.11	0.11	0.22	
40	0.1016	35.3904	8	13	15	0.23	0.37	0.42	
60	0.1524	35.0856	19	21	26	0.54	0.60	0.74	
80	0.2032	34.7808	28	37	57	0.81	1.06	1.64	
100	0.254	34.4760	32	48	73	0.93	1.39	2.12	
120	0.3048	34.1712	43	61	88	1.26	1.79	2.58	
140	0.3556	33.8664	59	71	91	1.74	2.10	2.69	
160	0.4064	33.5616	66	80	105	1.97	2.38	3.13	
180	0.4572	33.2568	84	97	117	2.53	2.92	3.52	
200	0.508	32.9520		112	128	0.00	3.40	3.88	
220	0.5588	32.6472		121	146	0.00	3.71	4.47	
240	0.6096	32.3424			193	0.00	0.00	5.96	
260	0.6604	32.0376			206	0.00	0.00	6.43	
280	0.7112	31.7328				0.00	0.00	0.00	
300	0.762	31.4280				0.00	0.00	0.00	
320	0.8128	31.1232	φ			0.00	0.00	0.00	
<b>COHESION = 0.03 Kg/cm<sup>2</sup></b> <b>ANGULO DE FRICCION φ = 21.31 °</b>									

Figura 16: Ensayo de corte directo

En la figura 16, se aprecia el ensayo de corte directo este es un ensayo de resistencia de suelo el cual nos sirve para determinar la cohesión y el Angulo de fricción, la cual nos arroja un valor de cohesión de 0.03 kg/ cm<sup>2</sup> y un Angulo de fricción de 21.31°

<b><u>CALCULO DE CAPACIDAD DE CARGA</u></b>	
PROYECTO : EVALUACION DEL SISTEMA DE BANQUETAS EN TALUD DEL CERRO HUAYHUCA MUESTRA : C-1 PROF. : 1.60M UBICACION : CERRO HUYHUCA DISTRITO DE ANDAHUAYLAS SOLICITADO : BACHILLER EN INEGNIERIA CIVIL PAULO JERSON QUINTANA MALLMA FECHA : 12 DE OCTUBRE DEL 2018	
Densidad Natural	= 1.67 gr/cm <sup>3</sup>
Cohesion	= 0.03 Kg/cm <sup>2</sup>
Angulo de fricción	= 21.31 °
% Pasa N° 200	= 14.49 %
<b>DATOS PARA DETERMINAR LA CAPACIDAD DE CARGA</b>	
DENSIDAD NATURAL $\gamma_{nat}$ (Kg/cm <sup>3</sup> )	= 0.0017
Para Df = 1.50 m	PARA DETERMINAR LA CAPACIDAD DE CARGA SE HA UTILIZADO LA FORMULA DE: LA ECUACION GENERAL DE LA CAPACIDAD DE CARGA MEYERHOF
B = 1.50 m	
L = 1.50 m	
<b>FACTORES DE CAPACIDAD DE CARGA</b>	
Nc = 16.14	
Nq = 7.30	
Ng = 6.47	
<b>FACTORES DE PROFUNDIDAD</b>	
dc = 1.40	
dq = 1.32	
dg = 1.00	
<b>FACTORES DE FORMA</b>	
Sc = 1.45	
Sq = 1.39	
Sg = 0.60	
<b>TENSIÓN VERTICAL = <math>q = q_p</math></b>	
$q = 0.251$ Kg./Cm <sup>2</sup>	
<b>CAPACIDAD DE CARGA ÚLTIMA (<math>q_u</math>)</b>	
$q_u = 4.957$ Kg./Cm <sup>2</sup>	
<b>CAPACIDAD DE CARGA ÚLTIMA NETO (<math>q_{neto}</math>)</b>	
$q_{neto} = 4.706$ Kg./Cm <sup>2</sup>	
FACTOR DE SEGURIDAD = FS=1/3=	0.33
<b>CAPACIDAD DE CARGA ADMISIBLE</b>	
$q_{adm} =$	<b>1.57 Kg./Cm<sup>2</sup></b>

Figura 17: Ensayo de capacidad de carga

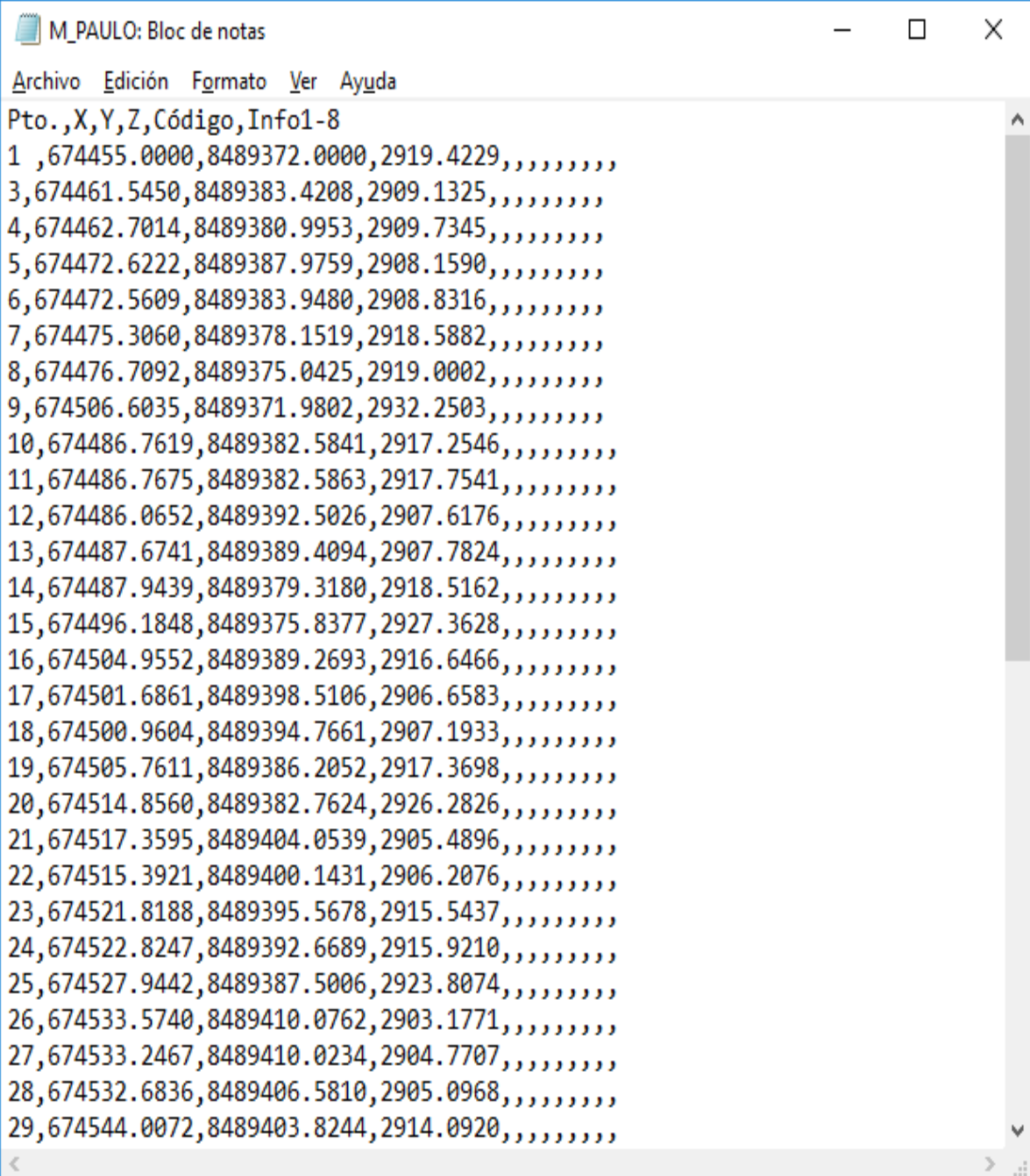
En la figura 17, se aprecia el ensayo de capacidad de carga admisible del suelo este es un ensayo de resistencia de suelos nos sirve para determinar la capacidad portante del terreno el cual nos arroja un resultado de 1.57 kg/cm<sup>2</sup>

PARÁMETROS FÍSICO MECÁNICOS Y CARACTERÍSTICAS	
CUADRO DE RESUMEN DE RESULTADO DE ENSAYOS DE SUELOS Y ROCA	
CALICATA	C-01
PROFUNDIDAD	1.60M
COORDENADAS	0674452 E 8489368N
LÍMITE LIQUIDO	34.10%
LÍMITE PLÁSTICO	24.50%
ÍNDICE DE PLASTICIDAD	9.60%
DENSIDAD NATURAL HÚMEDA	1.88 gr/cm <sup>3</sup>
DENSIDAD NATURAL SECA	1.67 gr/cm <sup>3</sup>
PASA N° 200	14.49%
ANGULO DE FRICCIÓN	21.31°
COHESIÓN	0.03 kg/cm <sup>2</sup>
NIVEL FREÁTICO	0
TIPO DE SUELO (SUCS)	GC
TIPO DE SUELO (AASTHO)	A-2-4
COMPOSICIÓN DE LA ROCA	CALIZA
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN SIMPLE	M-1 (687.76kg/cm <sup>2</sup> )
	M-2 (654.08 kg/cm <sup>2</sup> )
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (ESCLEROMETRIA)	480kg/cm <sup>2</sup>
PESO ESPECIFICO DE LAS ROCAS	2500 gr/cm <sup>2</sup>
CAPACIDAD DE CARGA	q <sub>adm</sub> = 1.57 kg/cm <sup>2</sup>

*Figura 18: Parámetros físico mecánicos y características de suelo y roca*

En la figura 18, se aprecia el resumen general de los ensayos de suelos determinados en campo y en laboratorio por medio de diversos ensayos.

### 4.3.3 Resultados del procesamiento de datos en el programa Civil3D



```

M_PAULO: Bloc de notas
Archivo Edición Formato Ver Ayuda
Pto.,X,Y,Z,Código,Info1-8
1 ,674455.0000,8489372.0000,2919.4229,,,,,,,,,
3,674461.5450,8489383.4208,2909.1325,,,,,,,,,
4,674462.7014,8489380.9953,2909.7345,,,,,,,,,
5,674472.6222,8489387.9759,2908.1590,,,,,,,,,
6,674472.5609,8489383.9480,2908.8316,,,,,,,,,
7,674475.3060,8489378.1519,2918.5882,,,,,,,,,
8,674476.7092,8489375.0425,2919.0002,,,,,,,,,
9,674506.6035,8489371.9802,2932.2503,,,,,,,,,
10,674486.7619,8489382.5841,2917.2546,,,,,,,,,
11,674486.7675,8489382.5863,2917.7541,,,,,,,,,
12,674486.0652,8489392.5026,2907.6176,,,,,,,,,
13,674487.6741,8489389.4094,2907.7824,,,,,,,,,
14,674487.9439,8489379.3180,2918.5162,,,,,,,,,
15,674496.1848,8489375.8377,2927.3628,,,,,,,,,
16,674504.9552,8489389.2693,2916.6466,,,,,,,,,
17,674501.6861,8489398.5106,2906.6583,,,,,,,,,
18,674500.9604,8489394.7661,2907.1933,,,,,,,,,
19,674505.7611,8489386.2052,2917.3698,,,,,,,,,
20,674514.8560,8489382.7624,2926.2826,,,,,,,,,
21,674517.3595,8489404.0539,2905.4896,,,,,,,,,
22,674515.3921,8489400.1431,2906.2076,,,,,,,,,
23,674521.8188,8489395.5678,2915.5437,,,,,,,,,
24,674522.8247,8489392.6689,2915.9210,,,,,,,,,
25,674527.9442,8489387.5006,2923.8074,,,,,,,,,
26,674533.5740,8489410.0762,2903.1771,,,,,,,,,
27,674533.2467,8489410.0234,2904.7707,,,,,,,,,
28,674532.6836,8489406.5810,2905.0968,,,,,,,,,
29,674544.0072,8489403.8244,2914.0920,,,,,,,,,

```

Figura 19: Coordenadas del levantamiento topográfico en el cerro Huayhuaca en formato TXT

En la figura 19, se aprecia las coordenadas obtenidas del levantamiento topográfico del cerro Huayhuaca, se aprecia el norte, el este y la altitud del terreno

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1	P	E	N	Z					
2	1	674455	8489372	2919.4229					
3	3	674461.545	8489383.42	2909.1325					
4	4	674462.701	8489381	2909.7345					
5	5	674472.622	8489387.98	2908.159					
6	6	674472.561	8489383.95	2908.8316					
7	7	674475.306	8489378.15	2918.5882					
8	8	674476.709	8489375.04	2919.0002					
9	9	674506.604	8489371.98	2932.2503					
10	10	674486.762	8489382.58	2917.2546					
11	11	674486.768	8489382.59	2917.7541					
12	12	674486.065	8489392.5	2907.6176					
13	13	674487.674	8489389.41	2907.7824					
14	14	674487.944	8489379.32	2918.5162					
15	15	674496.185	8489375.84	2927.3628					
16	16	674504.955	8489389.27	2916.6466					
17	17	674501.686	8489398.51	2906.6583					
18	18	674500.96	8489394.77	2907.1933					
19	19	674505.761	8489386.21	2917.3698					
20	20	674514.856	8489382.76	2926.2826					
21	21	674517.36	8489404.05	2905.4896					
22	22	674515.392	8489400.14	2906.2076					
23	23	674521.819	8489395.57	2915.5437					
24	24	674522.825	8489392.67	2915.921					
25	25	674527.944	8489387.5	2923.8074					
26	26	674533.574	8489410.08	2903.1771					
27	27	674533.247	8489410.02	2904.7707					

Figura 20: Coordenadas del levantamiento topográfico importados al Excel

En la figura 20, se aprecia las coordenadas del levantamiento topográfico para posterior exportación en formato CSV delimitado por comas que nos será útil para generar la superficie del terreno en el programa civil 3D.







Figura 21: Perfil longitudinal de las banquetas

En la figura 21, se aprecia el perfil longitudinal de las 3 banquetas del talud del cerro Huayhuaca, luego de haber procesado realizado el trabajo de gestión de puntos topográficos, gestión de superficies mapas y datos geo referenciados, gestión de alineamiento horizontal y gestión de perfil longitudinal alineamiento vertical.

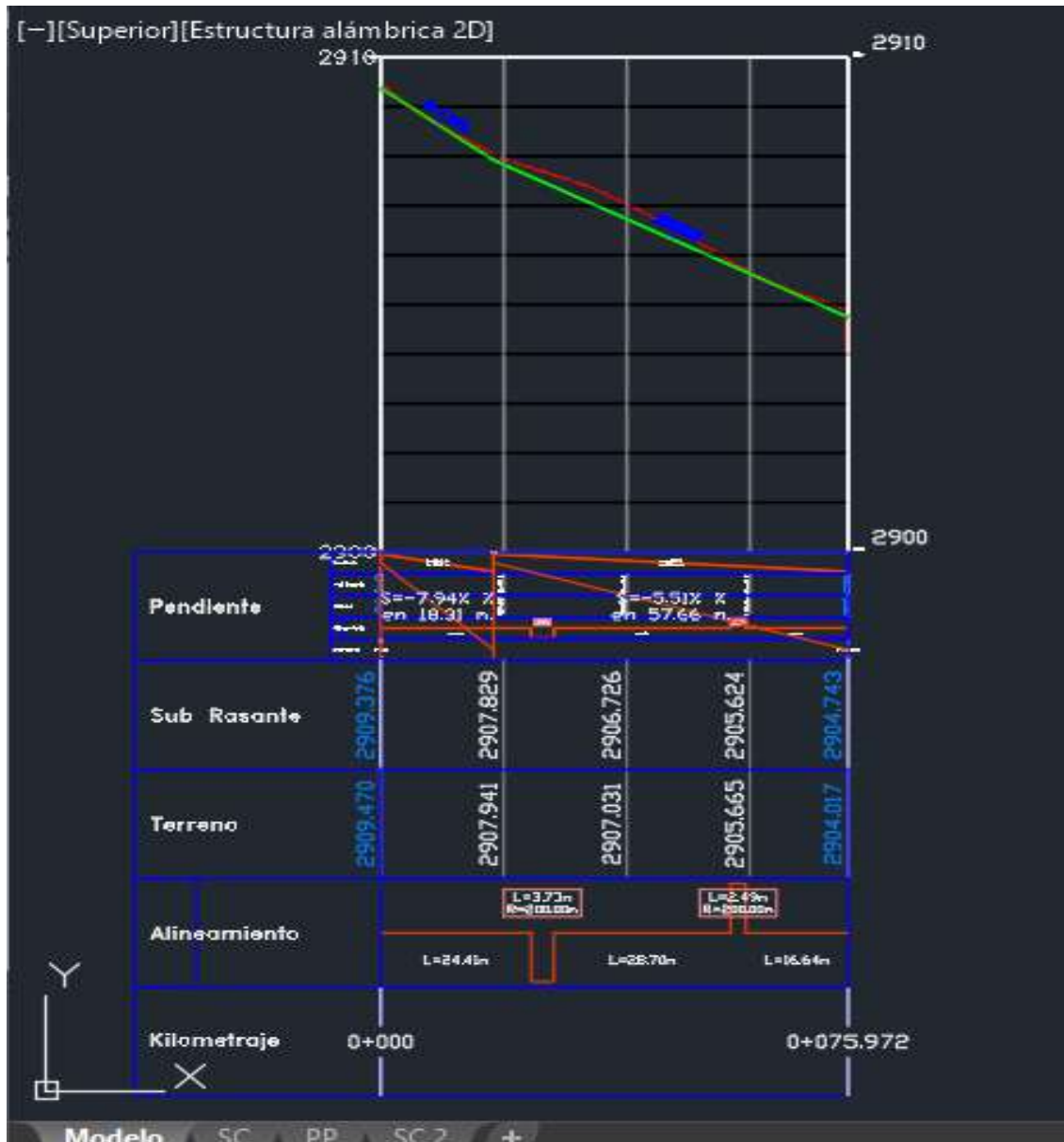


Figura 22: Perfil longitudinal de la banqueta 1

En la figura 22, se aprecia el perfil longitudinal de la banquetta 1 del talud del cerro Huayhuaca con los siguientes valores pendiente de -7.94 % en 18.31 ml y -5.51% en 57.66 ml los valores de la sub rasante se muestran en cotas de altitud acorde a las progresivas , los valores del terreno se aprecian en cotas de altitud acorde a las progresivas , el alineamiento que es el eje principal se muestra con los valores de 3.73m y 2.49 y las progresiva correspondientes desde el 0+000 hasta la progresiva 0+075

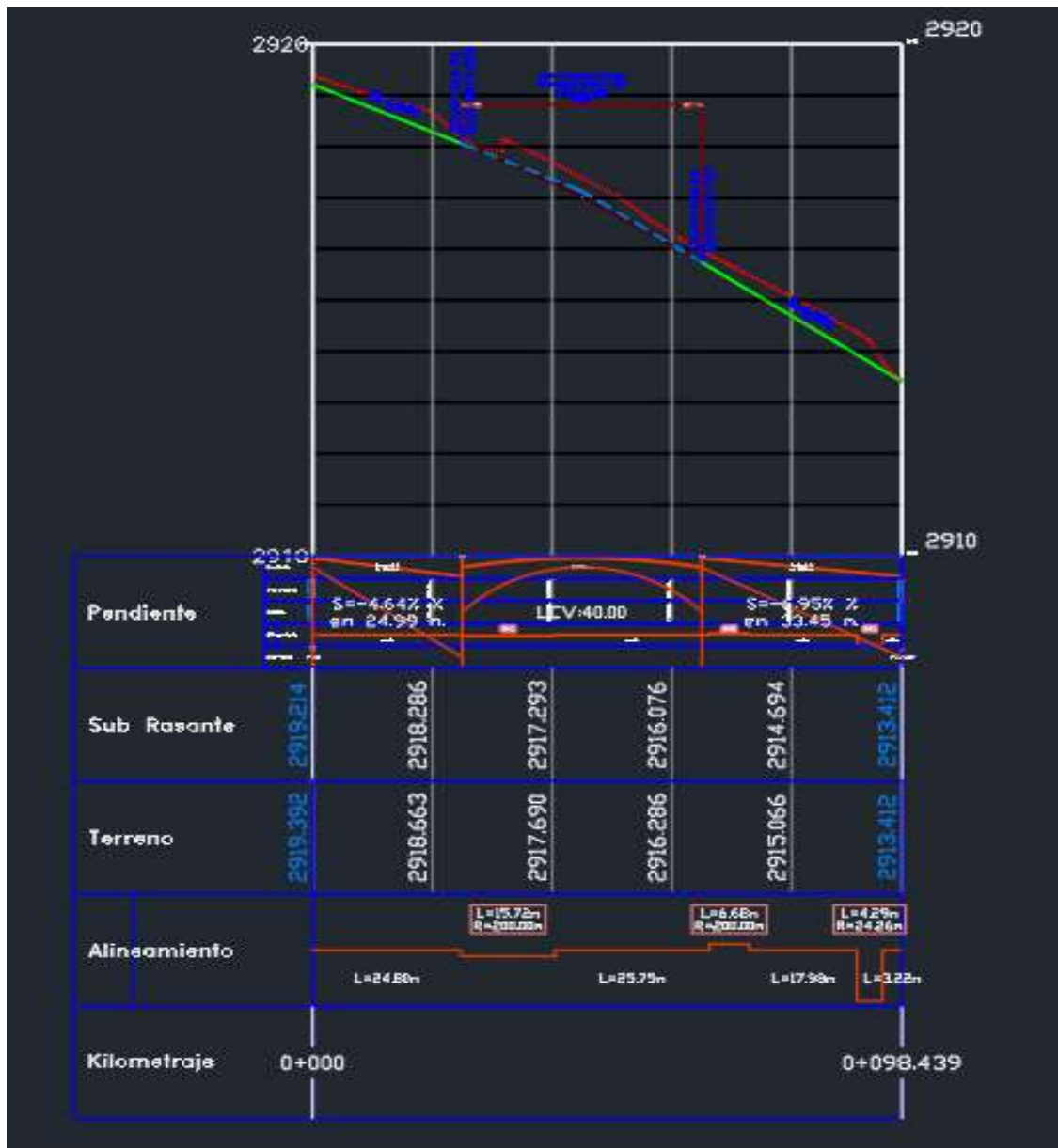


Figura 23: Perfil longitudinal de la banquetta 2

En la figura 23, se aprecia el perfil longitudinal de la banqueta 1 del talud del cerro Huayhuaca con los siguientes valores pendiente de -4.64 % en 24.99 ml y -6.95% en 33.45 ml los valores de la sub rasante se muestran en cotas de altitud acorde a las progresivas, los valores del terreno se aprecian en cotas de altitud acorde a las progresivas, el alineamiento que es el eje principal se muestra con los valores de 15.72m, 6.68 y 4.29 y las progresiva correspondientes desde el 0+000 hasta la progresiva 0+098.

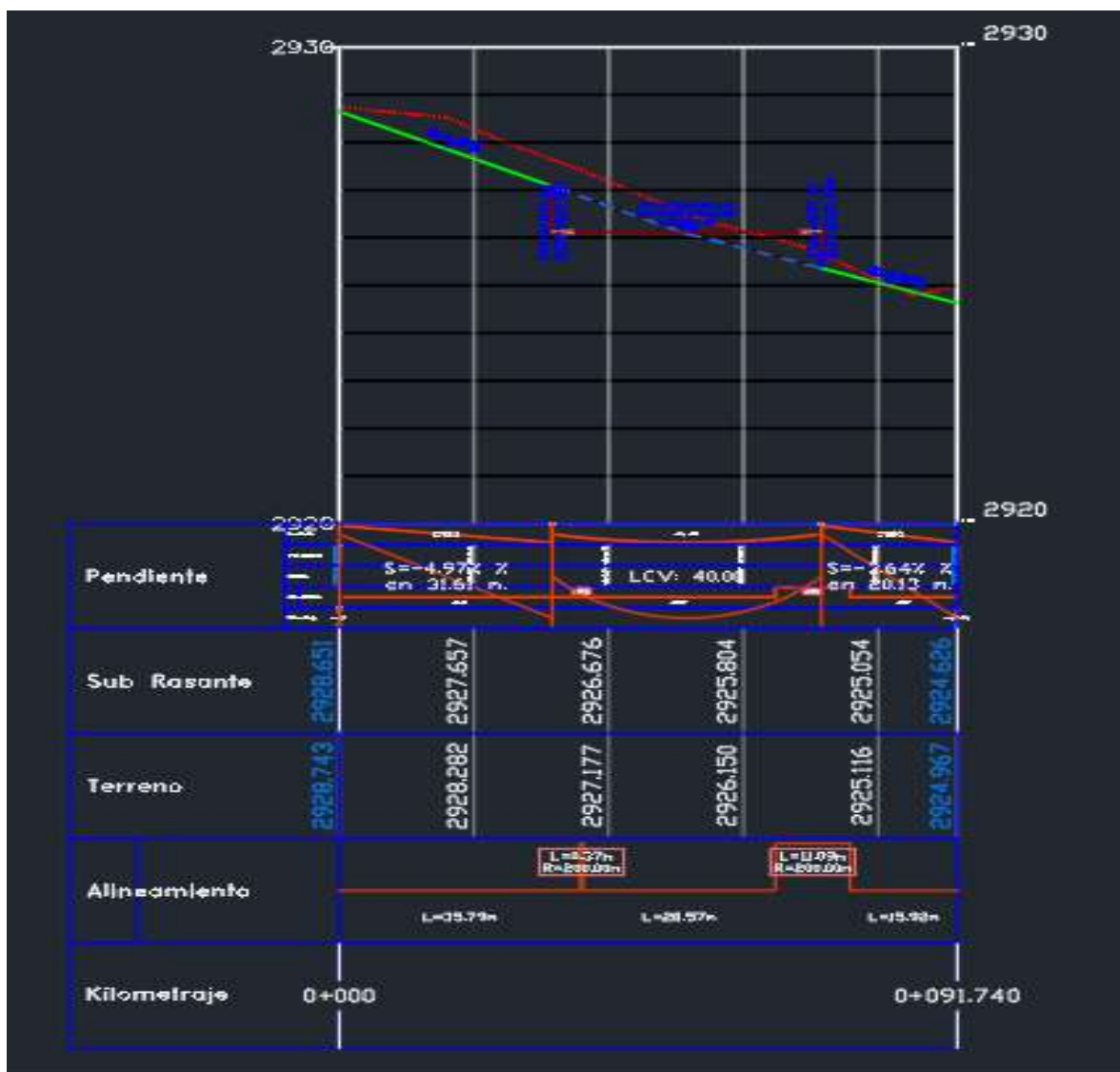
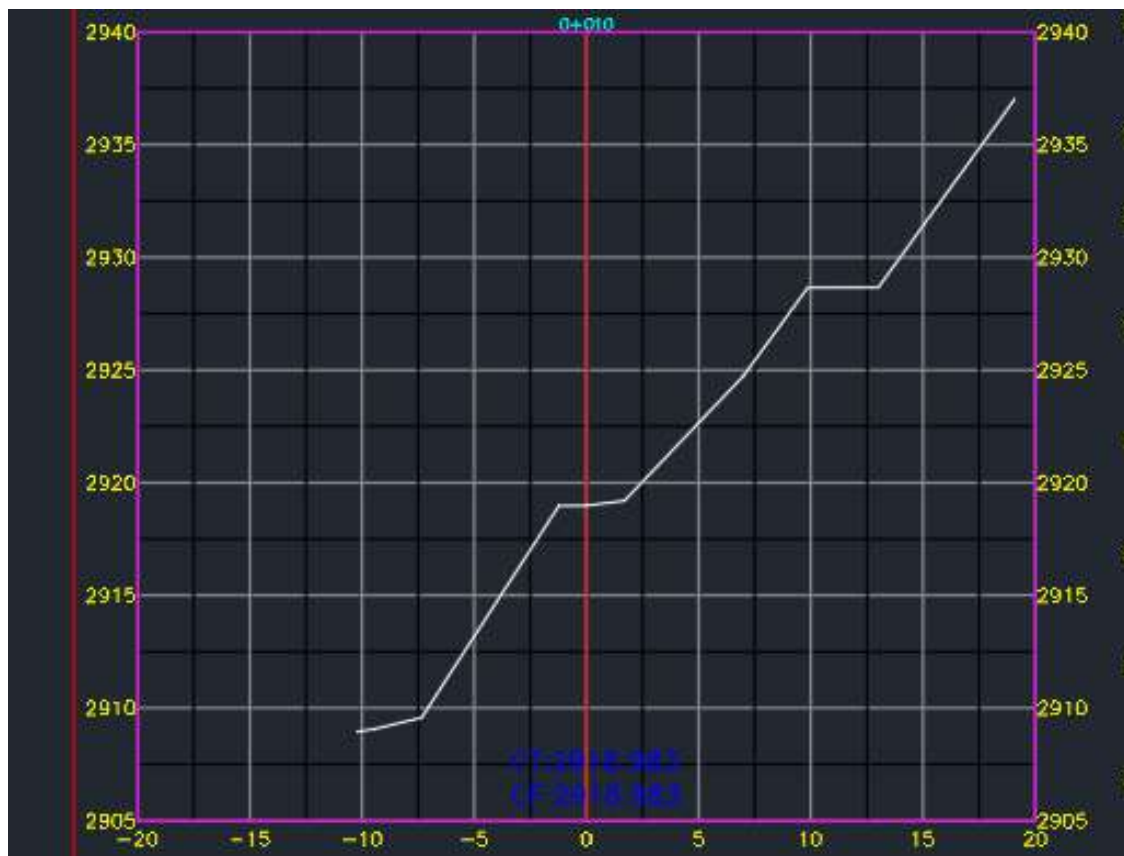


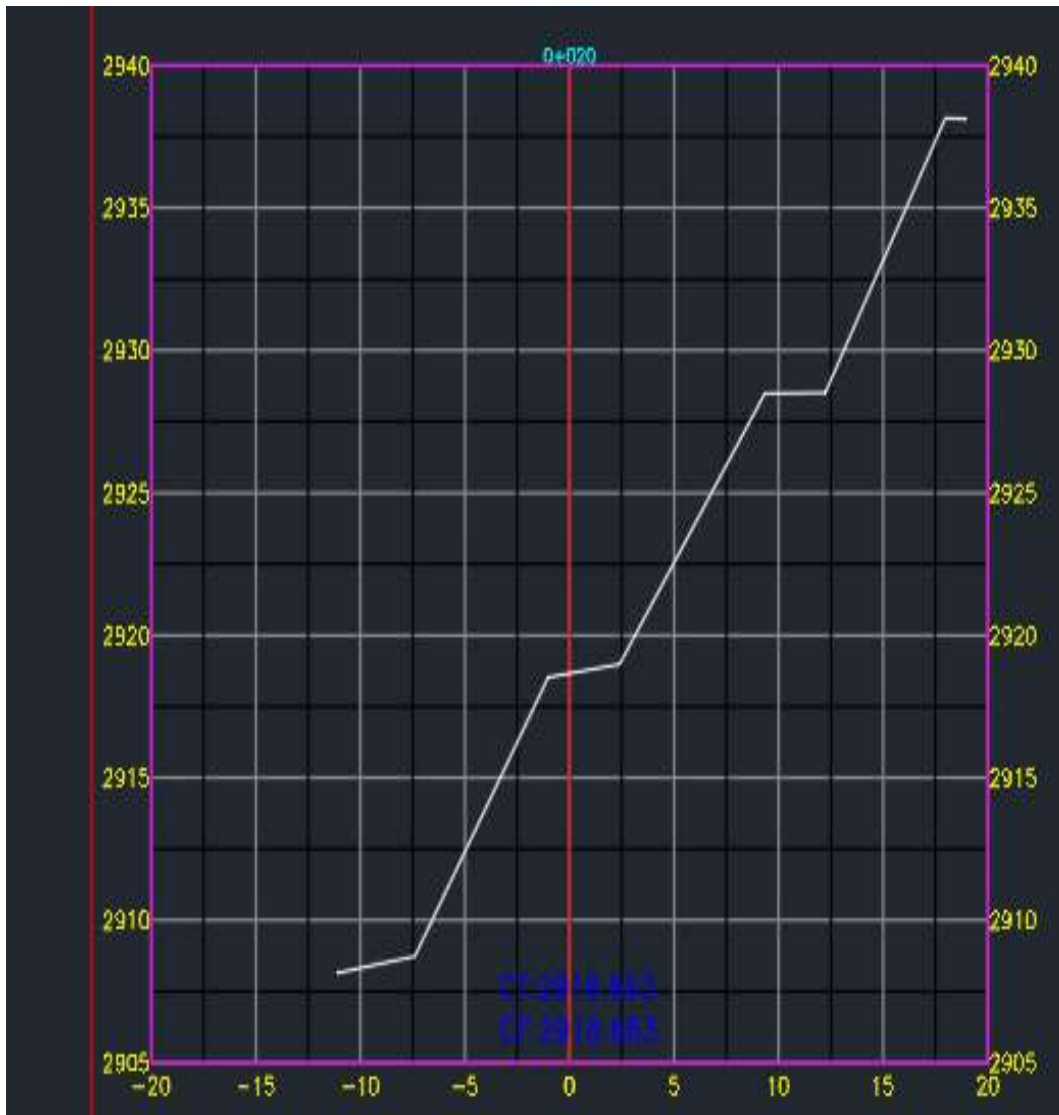
Figura 24: Perfil longitudinal de la banqueta 3

En la figura 24, se aprecia el perfil longitudinal de la banquetta 1 del talud del cerro Huayhuaca con los siguientes valores pendiente de -4.97 % en 31.61 ml y -3.64% en 20.13 ml los valores de la sub rasante se muestran en cotas de altitud acorde a las progresivas, los valores del terreno se aprecian en cotas de altitud acorde a las progresivas, el alineamiento que es el eje principal se muestra con los valores de 0.37m y 11.09m, las progresiva correspondientes desde el 0+000 hasta la progresiva 0+091



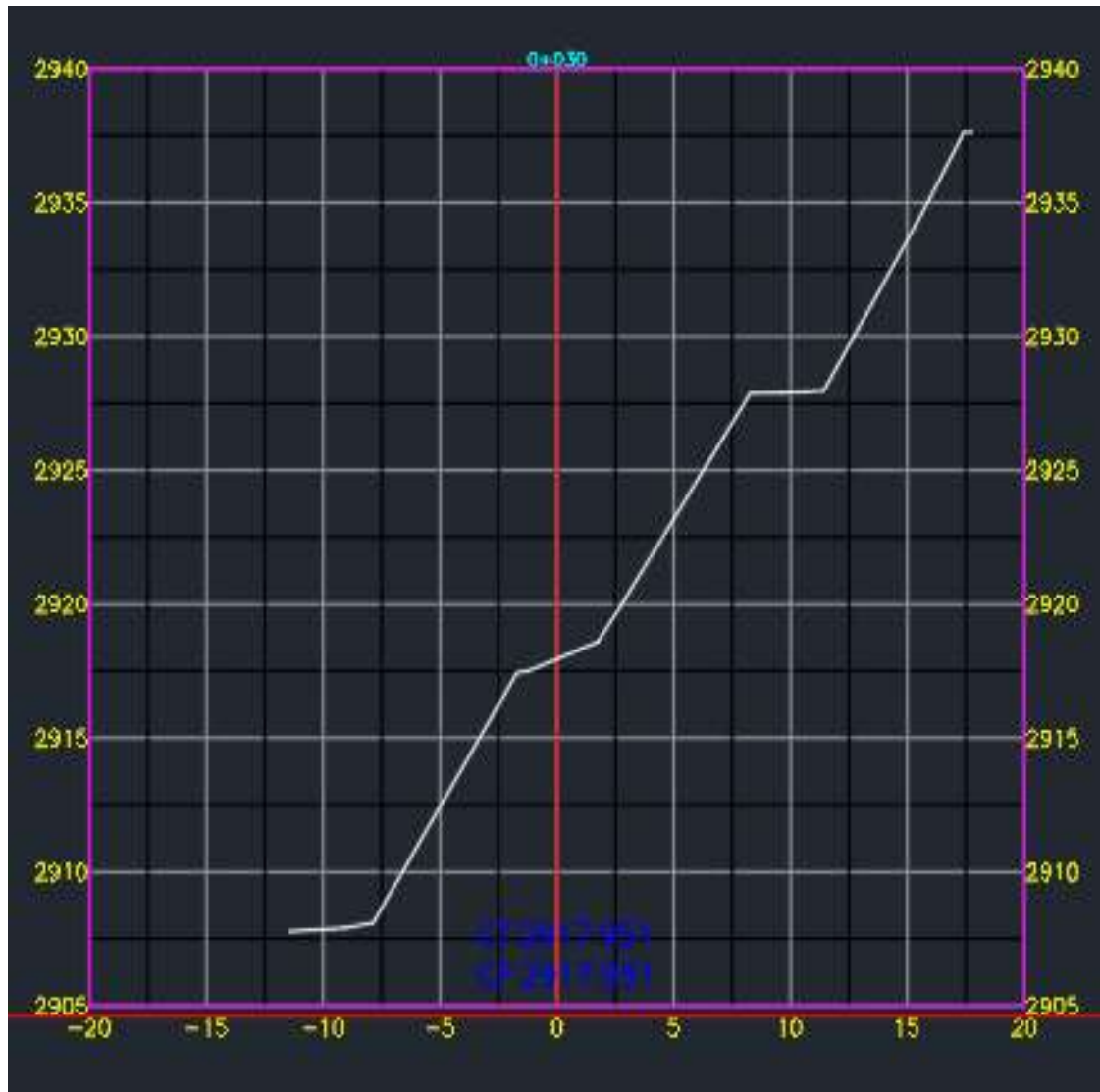
*Figura 25: Sección 0+010 del talud del cerro Huayhuaca*

En la figura 18: Se aprecia la sección 0+010 del talud del cerro Huayhuaca vista en corte, cabe resaltar que las coordenadas de los vértices nos serán útiles para generar la superficie en el programa slope para posteriores análisis de factor de seguridad en terreno natural.



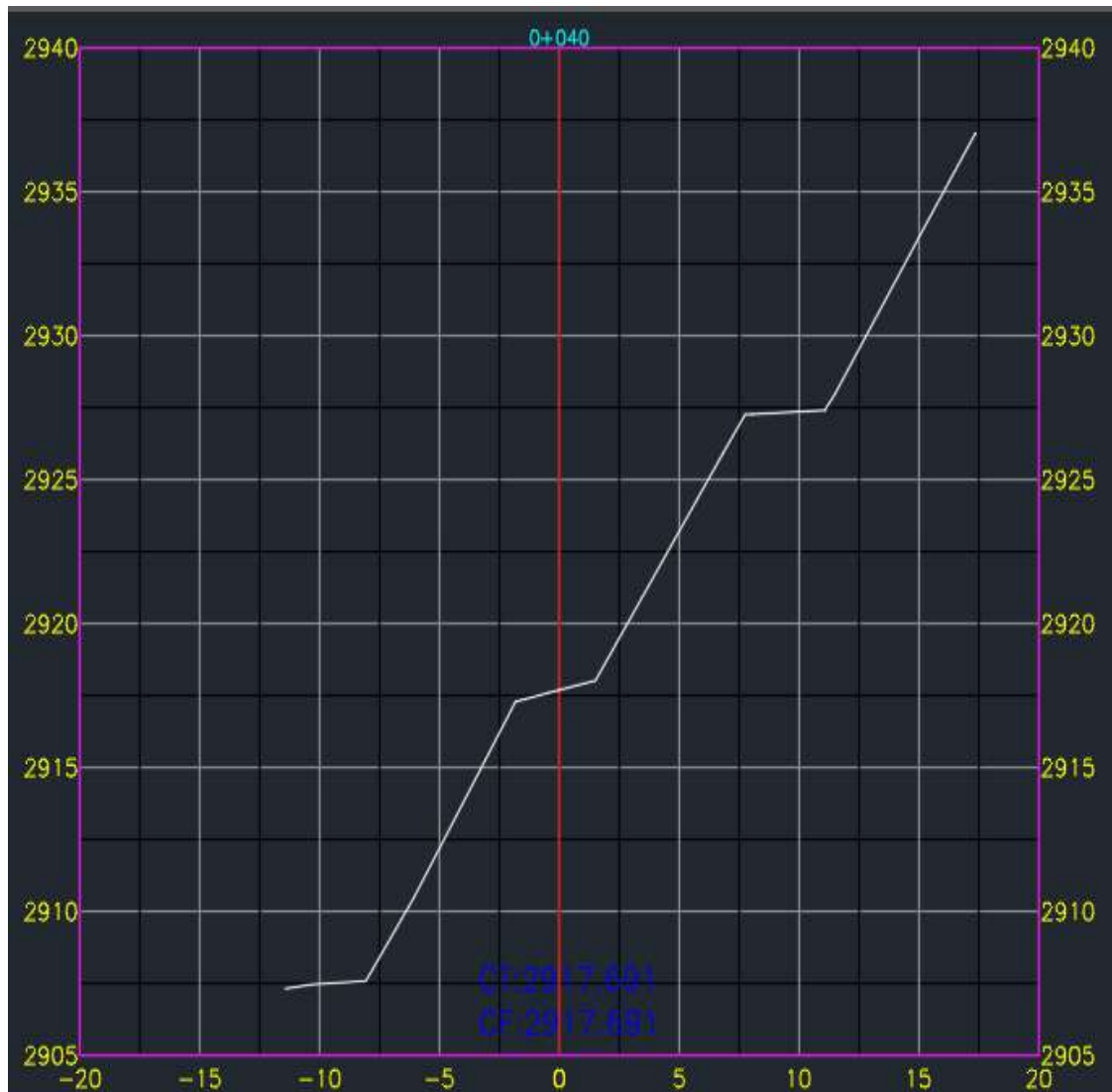
*Figura 26: Sección 0+020 del talud del cerro Huayhuaca*

En la figura 26, se aprecia la sección 0+020 del talud del cerro Huayhuaca vista en corte, cabe resaltar que las coordenadas de los vértices nos serán útiles para generar la superficie en el programa slope para posteriores análisis de factor de seguridad en terreno natural.



*Figura 27: Sección 0+030 del talud del cerro Huayhuaca*

En la figura 27, se aprecia la sección 0+010 del talud del cerro Huayhuaca vista en corte, cabe resaltar que las coordenadas de los vértices nos serán útiles para generar la superficie en el programa slope para posteriores análisis de factor de seguridad en terreno natural.



*Figura 28: Sección 0+040 del talud del cerro Huayhuaca*

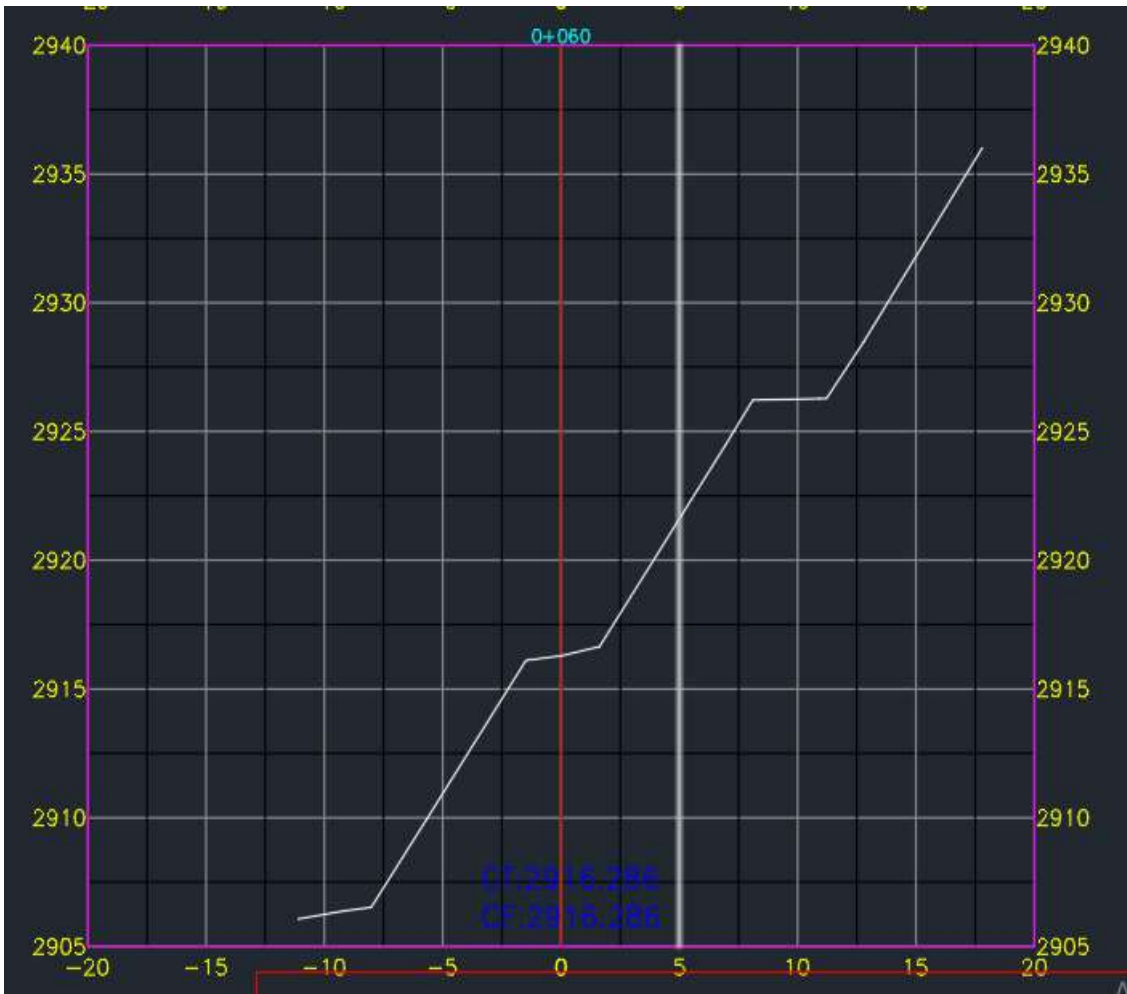
En la figura 28, se aprecia la sección 0+040 del talud del cerro Huayhuaca vista en corte, cabe resaltar que las coordenadas de los vértices nos serán útiles para generar la superficie en el programa slope para posteriores análisis de factor de seguridad en terreno natural.





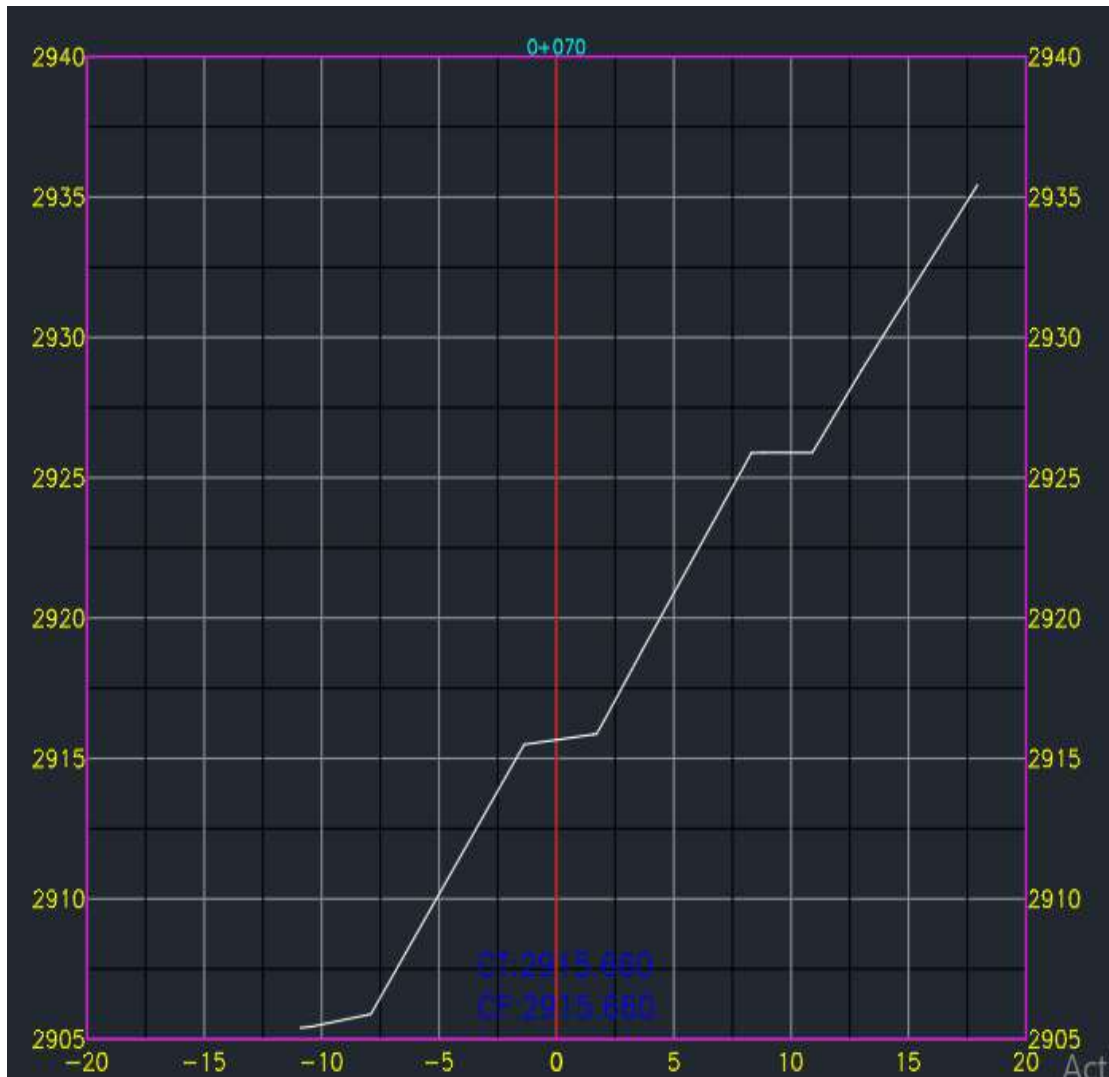
*Figura 29: Sección 0+050 del talud del cerro Huayhuaca*

En la figura 29, se aprecia la sección 0+050 del talud del cerro Huayhuaca vista en corte, cabe resaltar que las coordenadas de los vértices nos serán útiles para generar la superficie en el programa slope para posteriores análisis de factor de seguridad en terreno rocoso.



*Figura 30: Sección 0+060 del talud del cerro Huayhuaca*

En la figura 30, se aprecia la sección 0+060 del talud del cerro Huayhuaca vista en corte, cabe resaltar que las coordenadas de los vértices nos serán útiles para generar la superficie en el programa slope para posteriores análisis de factor de seguridad en terreno natural.



*Figura 31: Sección 0+070 del talud del cerro Huayhuaca*

En la figura 31, se aprecia la sección 0+070 del talud del cerro Huayhuaca vista en corte, cabe resaltar que las coordenadas de los vértices nos serán útiles para generar la superficie en el programa slope para posteriores análisis de factor de seguridad en terreno rocoso.

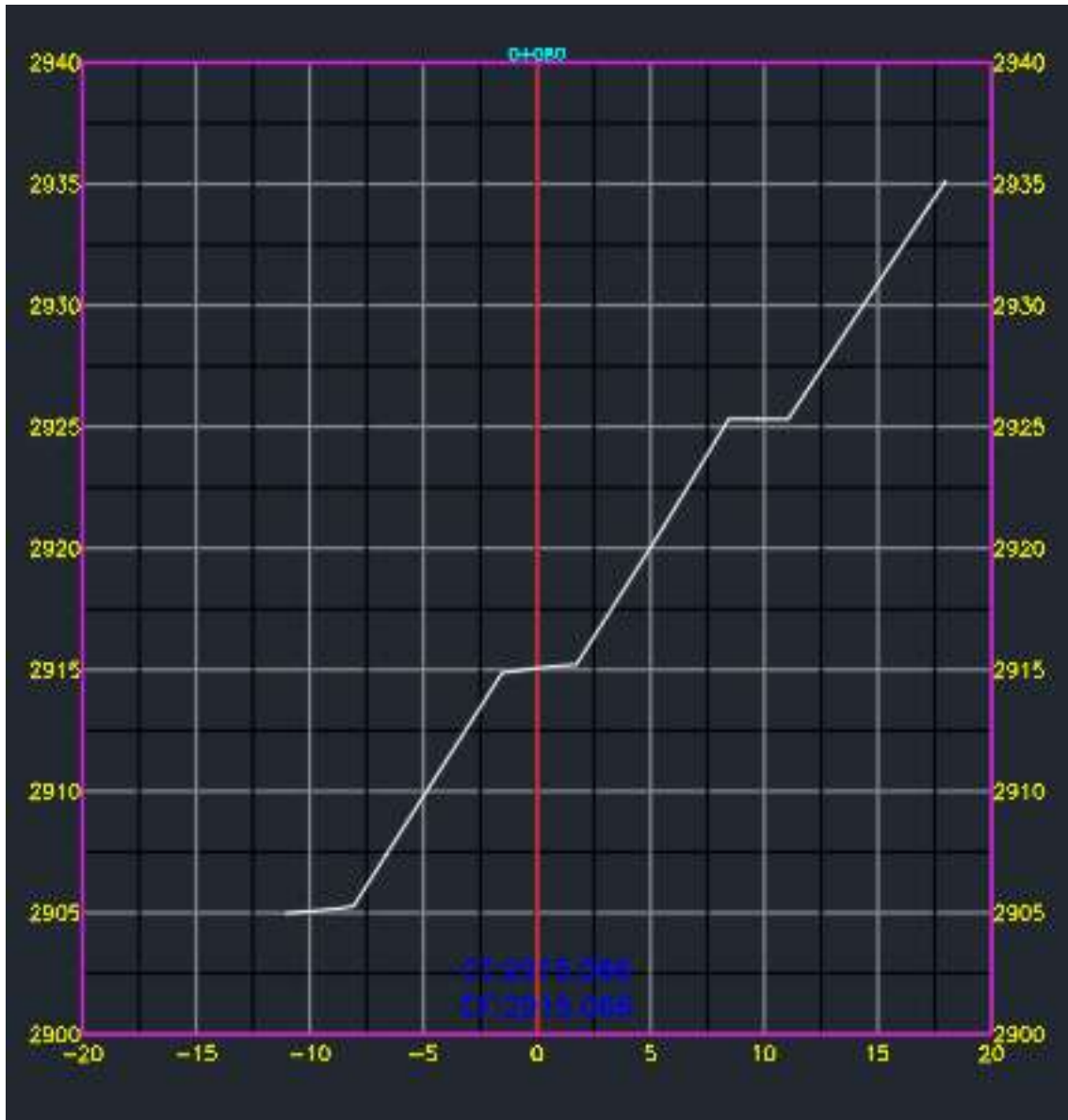
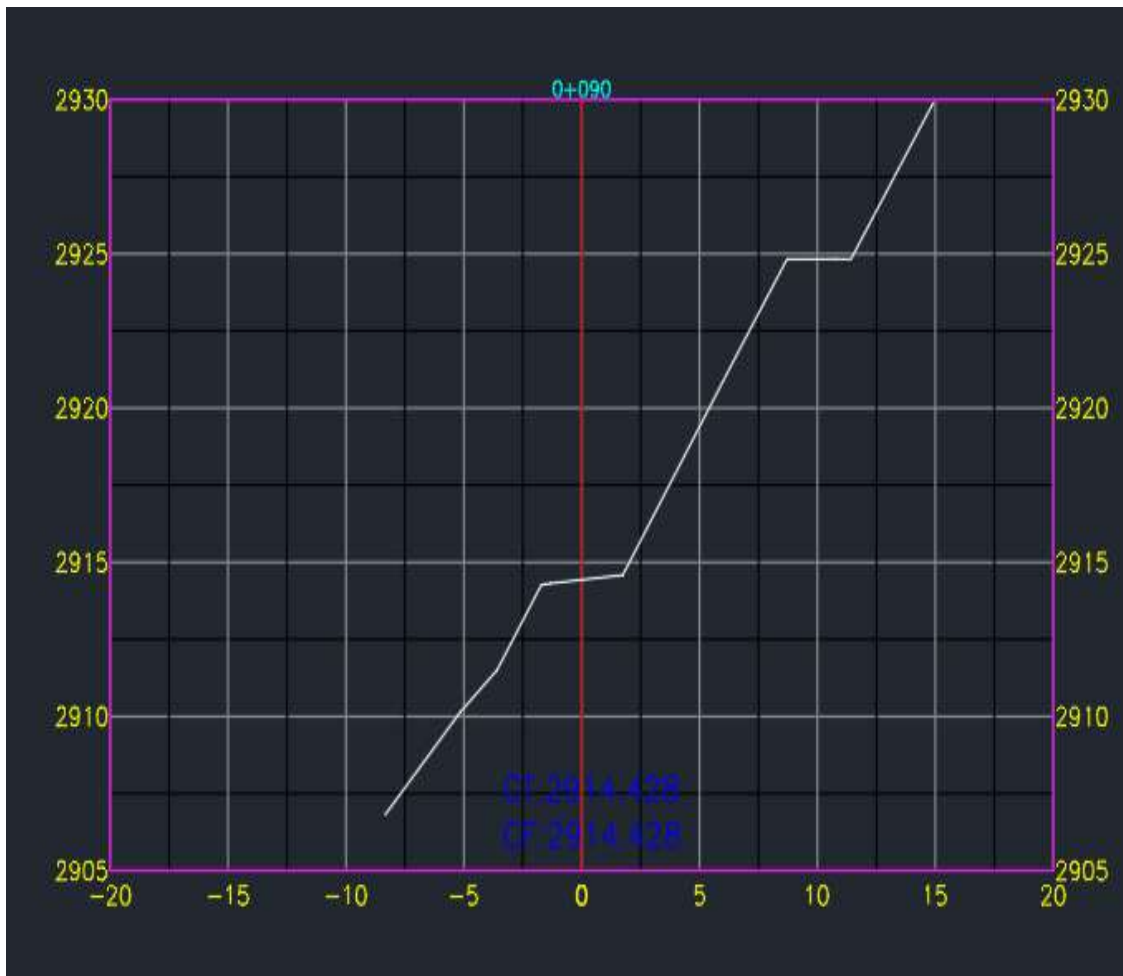


Figura 32: Sección 0+080 del talud del cerro Huayhuaca

En la figura 32, se aprecia la sección 0+080 del talud del cerro Huayhuaca vista en corte, cabe resaltar que las coordenadas de los vértices nos serán útiles para generar la superficie en el programa slope para posteriores análisis de factor de seguridad en terreno rocoso.



*Figura 33: Sección 0+090 del talud del cerro Huayhuaca*

En la figura 33, se aprecia la sección 0+090 del talud del cerro Huayhuaca vista en corte, cabe resaltar que las coordenadas de los vértices nos serán útiles para generar la superficie en el programa slope para posteriores análisis de factor de seguridad en terreno rocoso.

### 4.3.4 Resultados del procesamiento de datos en el programa SLOPE GEOSTRU aplicado en rocas del cerro Huayhuaca

seccion 0+050						
	P	E	N	Z	Z	D
16	4	674945.319	8490028.353		13.162	10.812
17	5	674951.845	8490037.64		19.688	20.099
18	6	674954.989	8490037.736		22.832	20.195
19	7	674960.961	8490047.402		28.804	29.861
20	8	674961.366	8490047.388		29.209	29.847
seccion 0+050						
	P	E	N	Z	Z	D
25	1	674932.163	8490092.951		0	0
26	2	674935.397	8490093.366		3.234	0.415
27	3	674941.943	8490102.922		9.78	9.971
28	4	674945.106	8490103.627		12.943	10.676
29	5	674951.491	8490112.927		19.328	19.976
30	6	674954.741	8490113.035		22.578	20.084
31	7	674961.194	8490122.784		29.031	29.833
seccion 0+050						
	P	E	N	Z	Z	D
35	1	674978.891	8490036.196		0	0
36	2	674982.002	8490036.654		3.111	0.458
37	3	674988.541	8490046.242		9.65	10.046
38	4	674991.647	8490046.777		12.756	10.581
39	5	674998.124	8490056.351		19.233	20.155
40	6	675001.236	8490056.41		22.345	20.214
41	7	675007.819	8490066.142		28.928	29.946

Figura 34: Coordenadas de los vértices del talud sección 0+050

En la figura 34, se aprecia las coordenadas de los vértices del talud en corte del cerro Huayhuaca convertidas a código alterno.

Vértices perfil			
Nr	Xi (m)	Yi (m)	
1	0	0	
2	3.234	0.415000001	
3	9.78	9.971000001	
4	12.943	10.676	
5	19.328	19.976	
6	22.578	20.084	
7	29.031	29.833	

Figura 35: Coordenadas en el programa slope geostru

En la figura 35, se aprecia las coordenadas de los vértices del talud en corte del cerro Huayhuaca insertadas en el programa SLOPE GEOSTRU con un código alterno generado para crear la superficie a analizar sección 0+050 terreno rocoso.

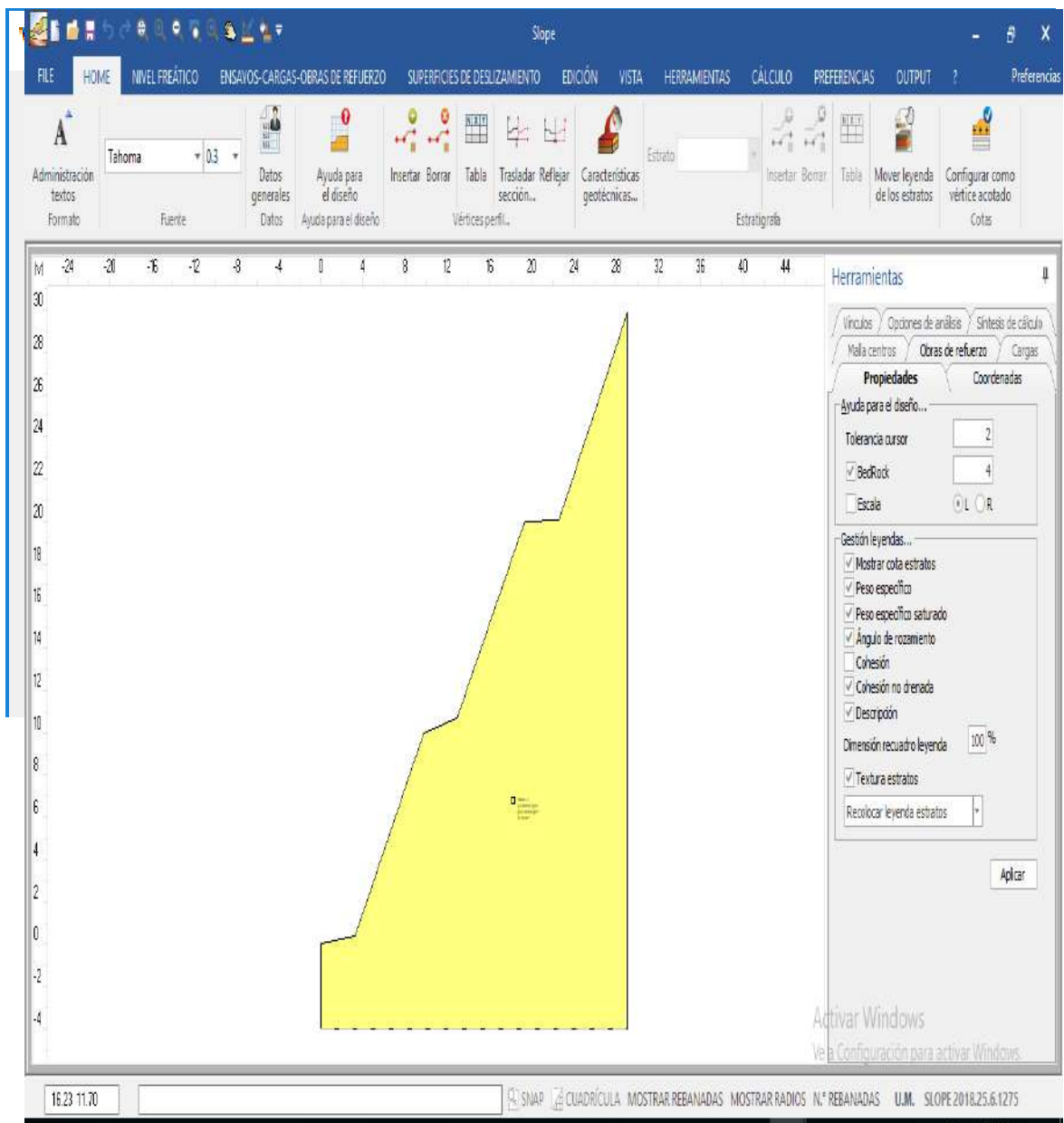


Figura 36: superficie de estudio sección 0+050

En la figura 36, se aprecia la superficie generada de la sección 0+050 para análisis en terreno rocoso.



**Datos generales** X

**i** En presencia de sismo, en cada rebanada se aplica una fuerza horizontal de módulo igual a  $F_h = K_x W$  y una fuerza vertical de módulo igual a  $F_v = K_y W$ ,  $W$  Peso de la rebanada.

---

**Descripción**

Descripción proyecto

TESIS EVALUACION DEL SISTEMA DE BANQUETAS EN TALUD DEL CERRO HUAYHUACA

Proyectista: PAULO QUINTANA MALLMA

Fecha:  miércoles, 22 de agosto de 20: ▼

**Acción sísmica**

Descripción:

Normativa:  ▼

Aceleración máxima (amax/g):  ⊞

Coefficientes de acciones sísmicas:  $K_h$ :   $K_v$ :

Incremento de las presiones neutras

Intensidad de Arias:  $I_a$ :  m/s

Intensidad de las intersecciones del acelerograma con el eje del tiempo:  s<sup>-1</sup>

Duración acelerograma Trifunac y Brady (1975):  $T_d$ :  ▶

---

Zona:

Lat./Long. [WGS84]:   ⊞

**Coefficientes de acciones parciales**

Desventajas: permanente, variable:

Favorable: permanente, variable:

---

**Datos generales**

Litotipo / Taludes en roca:  ▼

Forma superficie:  ▼

Grado de seguridad aceptable:

Amplitud búsqueda factor de seguridad (10):

Número rebanadas:

Profundidad Bedrock (m):

**Coefficientes parciales parámetros geotécnicos**

Tangente ángulo de resistencia al corte:  $g_j$ :

Cohesión efectiva:  $g_c'$ :

Cohesión no drenada:  $g_{cu}$ :

Utilizar estos coeficientes para reducir la resistencia del material

---

**Coefficiente parcial resistencia**

Coefficiente parcial resistencia:  $g_R$ :

OK    Deshacer    Help

Figura 37: Datos generales del programa slope geostru

En la figura 37, se aprecia la configuración de los datos generales en el programa SLOPE GEOSTRU de la sección 0+050 para análisis en terreno rocoso.



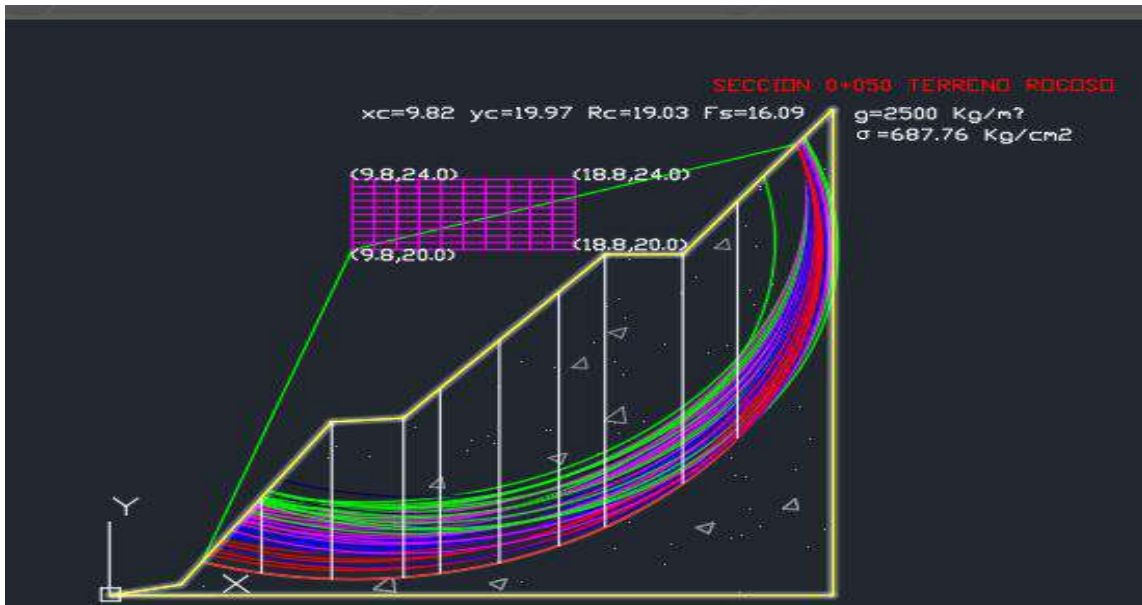


Figura 39: Síntesis de cálculo numero 1

En la figura 39, se aprecia la síntesis de cálculo de la sección 0+050 con un total de 221 superficies analizadas.

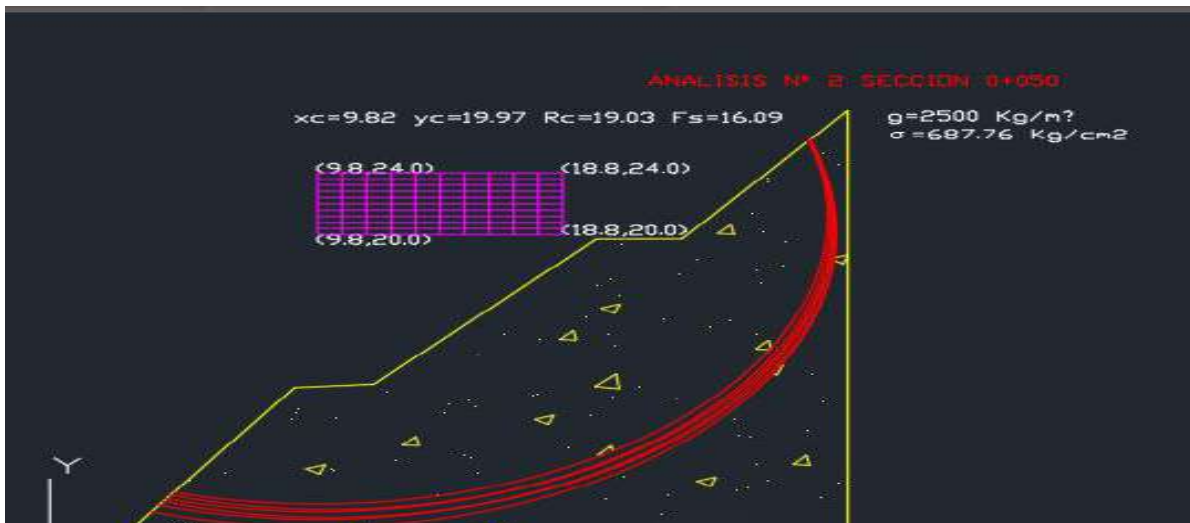


Figura 40: Síntesis de cálculo numero 2

En la figura 40, se aprecia la síntesis de cálculo en el cual se muestra la superficie con el menor factor de seguridad de 16.09, valor que supera ampliamente lo determinado por la norma C.E. 020 la cual indica un valor de 1.5 como factor de seguridad aceptable en la sección 0+050 para terreno rocoso.

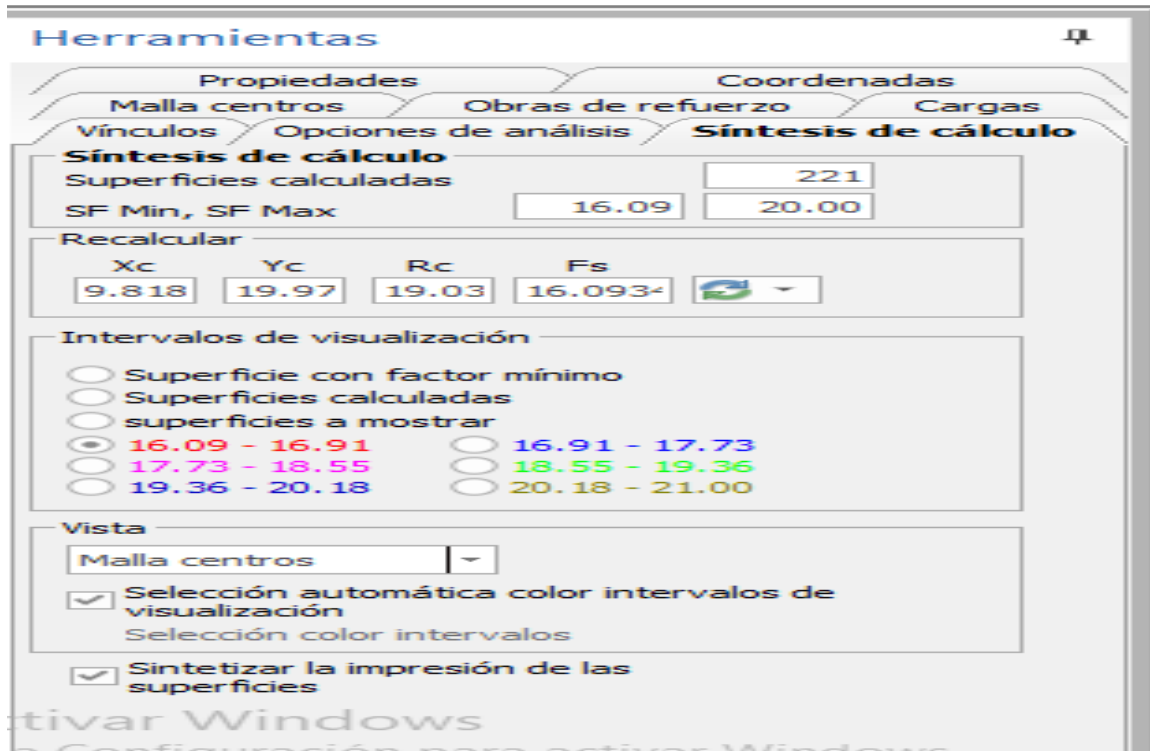


Figura 41: Cuadro de herramientas

En la figura 41, se aprecia la herramienta de la síntesis de cálculo en el que se puede observar el punto de análisis con el menor factor de seguridad de todas las superficies analizadas en la sección 0+050 para terreno rocoso.

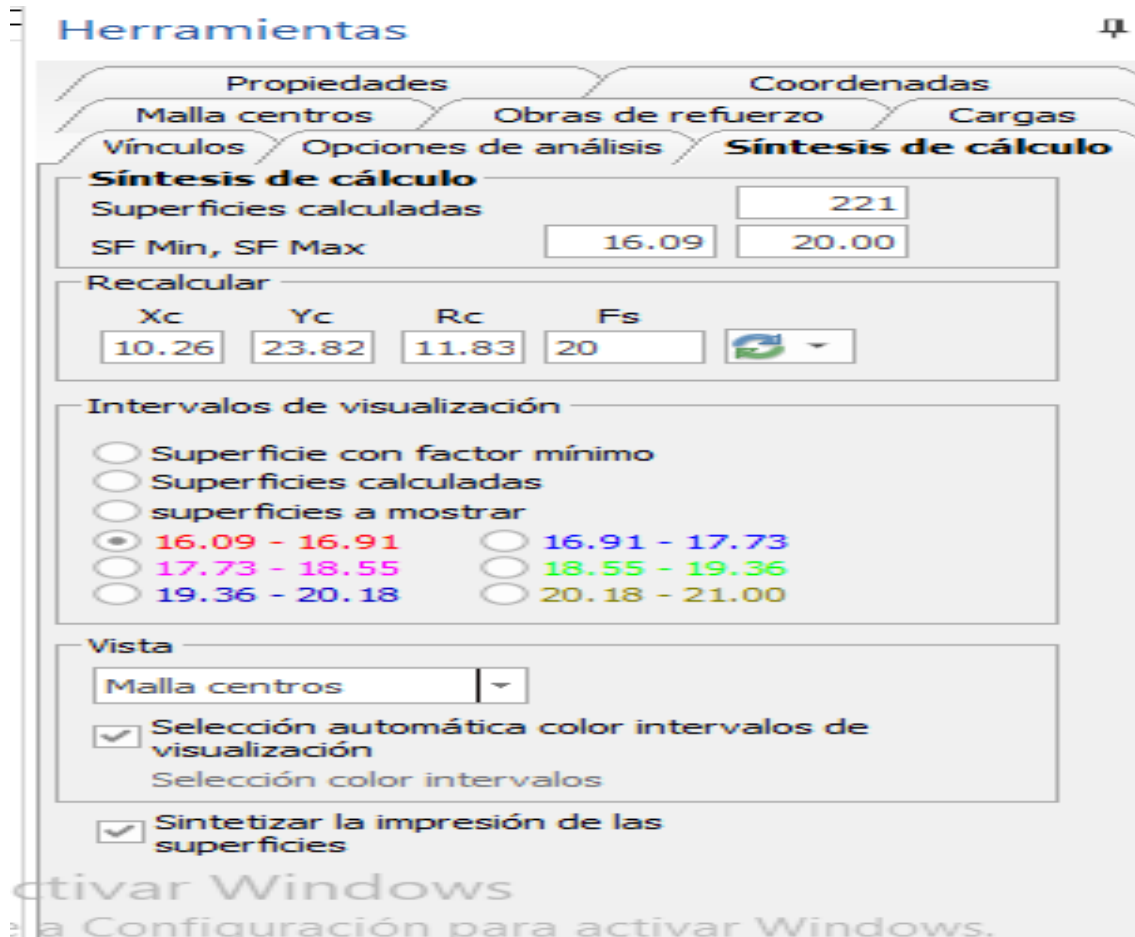


Figura 42: Síntesis de cálculo numero 3

En la figura 42, se aprecia la síntesis de cálculo en el que se puede observar un punto que se considera crítico a pesar que se supera el factor de seguridad ampliamente se observa que el punto de análisis tiene la superficie totalmente fragmentada la cual representa un peligro latente para los transeúntes peatonales y vehiculares en la sección 0+050 para terreno rocoso.

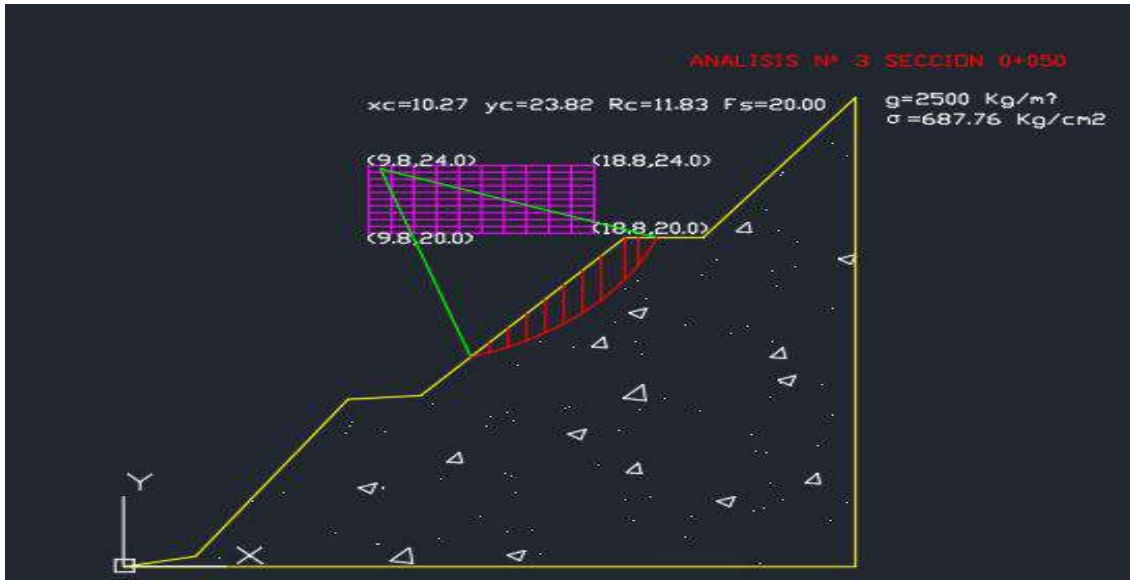


Figura 43: Cuadro de herramientas

En la figura 43, se aprecia las herramientas de la síntesis de cálculo en el que se puede observar el punto de análisis con el factor de seguridad de 20.00 el factor más alto de todas las superficies analizadas en la sección 0+050 para terreno rocoso.

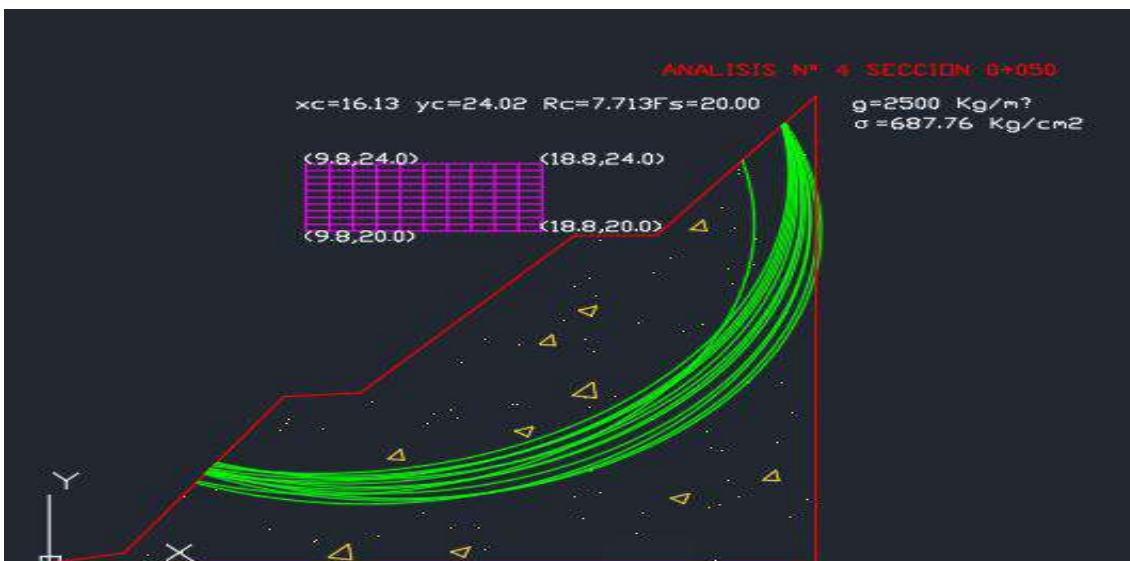


Figura 44: Síntesis de cálculo numero 4

En la figura 44, se aprecia la síntesis de cálculo en el que se puede observar el punto de análisis con el factor de seguridad más alto de todas las superficies analizadas en la sección 0+050 para terreno rocoso.

**Herramientas**

Propiedades      Coordenadas

Malla centros      Obras de refuerzo      Cargas

Vínculos      Opciones de análisis      **Síntesis de cálculo**

**Síntesis de cálculo**

Superficies calculadas      221

SF Min, SF Max      16.09      20.00

Recalcular

Xc      Yc      Rc      Fs

16.13      24.02      7.713      20

Intervalos de visualización

Superficie con factor mínimo

Superficies calculadas

superficies a mostrar

16.09 - 16.91       16.91 - 17.73

17.73 - 18.55       18.55 - 19.36

19.36 - 20.18       20.18 - 21.00

Vista

Malla centros

Selección automática color intervalos de visualización

Selección color intervalos

Sintetizar la impresión de las superficies

Figura 45: Cuadro de herramientas

En la figura 45, se aprecia las herramientas de la síntesis de cálculo en el que se puede observar el punto de análisis con el factor de seguridad más alto de las superficies analizadas en la sección 0+050 para terreno rocoso.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
25	1	674932.163	8490092.951		0	0						
26	2	674935.397	8490093.366		3.234	0.415						
27	3	674941.943	8490102.922		9.78	9.971						
28	4	674945.106	8490103.627		12.943	10.676						
29	5	674951.491	8490112.927		19.328	19.976						
30	6	674954.741	8490113.035		22.578	20.084						
31	7	674961.194	8490122.784		29.031	29.833						
32												
33	seccion 0+060											
34	P	E	N	Z	Z	D						
35	1	674978.891	8490036.196		0	0						
36	2	674982.002	8490036.654		3.111	0.458						
37	3	674988.541	8490046.242		9.65	10.046						
38	4	674991.647	8490046.777		12.756	10.581						
39	5	674998.124	8490056.351		19.233	20.155						
40	6	675001.236	8490056.41		22.345	20.214						
41	7	675007.819	8490066.142		28.928	29.946						
42												
43	seccion 0+070											
44	P	E	N	Z	Z	D						
45	1	674979.137	8490073.075		0	0						
46	2	674982.12	8490073.563		2.983	0.488						
47	3	674988.647	8490083.167		9.51	10.092						
48	4	674991.73	8490083.537		12.593	10.462						
49	5	674998.327	8490093.553		19.19	20.478						
50	6	675000.921	8490093.562		21.784	20.487						
51	7	675007.958	8490103.106		28.821	30.031						

Figura 46: Coordenadas en el programa slope geostru

En la figura 46, se aprecia las coordenadas de los vértices del talud en corte del cerro Huayhuaca en la sección 0+060 para terreno rocoso.



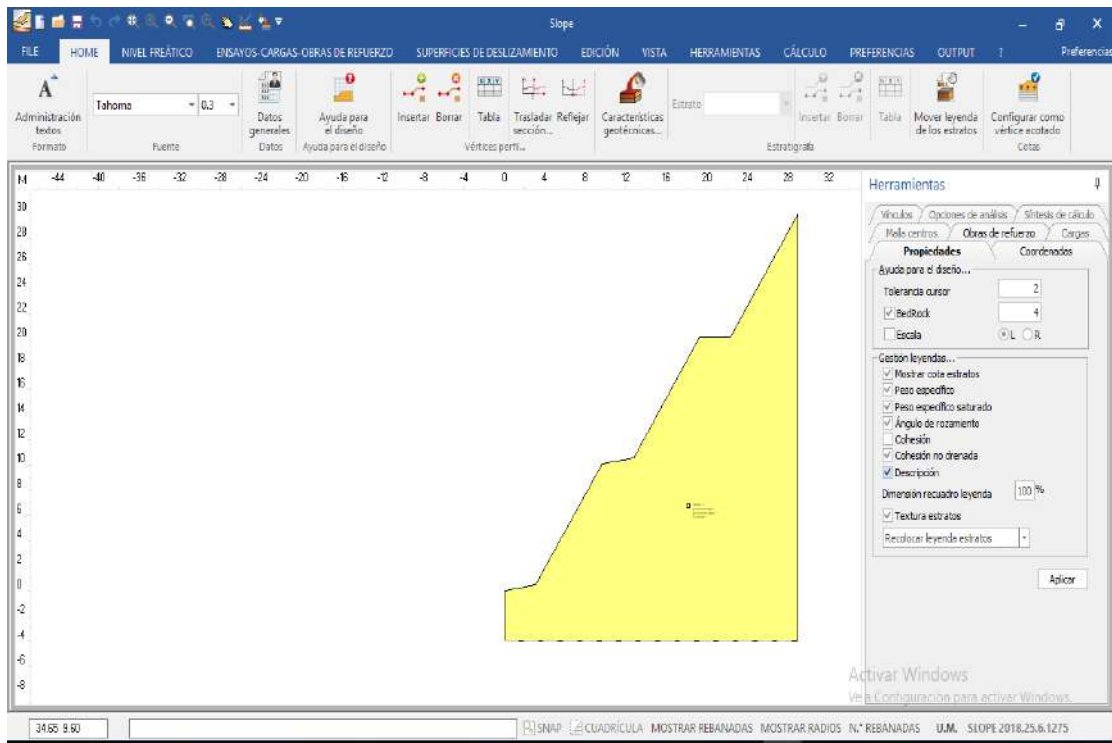


Figura 47: Coordenadas de los vértices insertadas en el programa slope geostru

En la figura 47, se aprecia las coordenadas de los vértices del talud en corte del cerro Huayhuaca insertadas en el programa SLOPE GEOSTRU con un código alaterno generado para crear la superficie a analizar sección 0+060 terreno rocoso.

Nr	Xi (m)	Yi (m)
1	0	0
2	3.111	0.4579999999
3	9.65	10.046
4	12.756	10.581
5	19.233	20.155
6	22.345	20.214
7	28.928	29.946



Figura 50: Características geotécnicas de las rocas

En la figura 50, se aprecia la configuración de las características geotécnicas para el análisis de terreo rocosa sección 0+060.

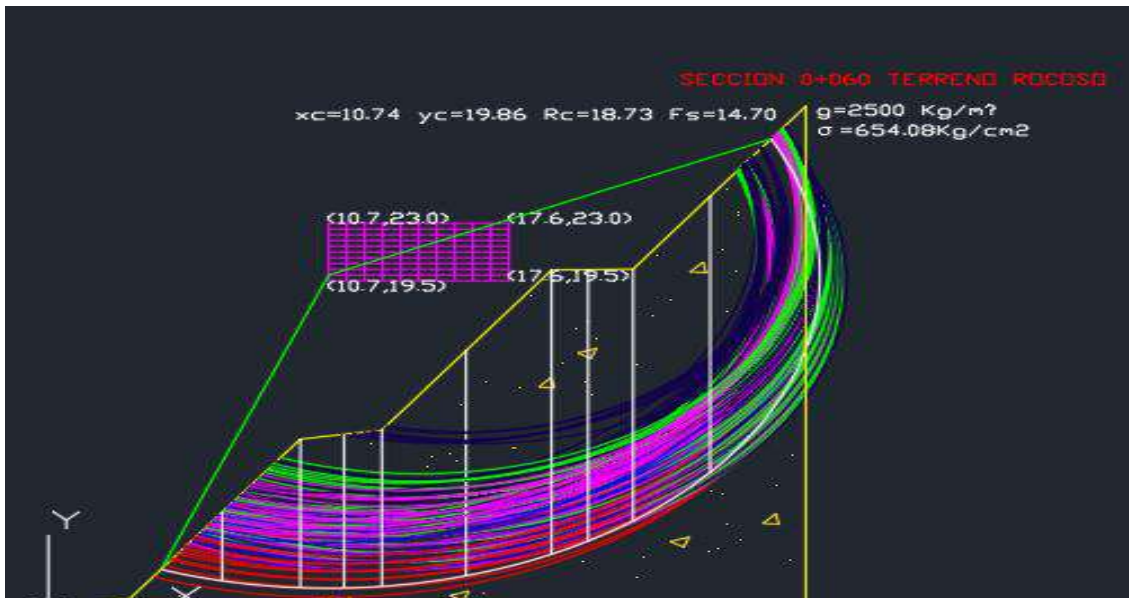


Figura 51: Síntesis de cálculo numero 1 sección 0+060 para rocas

En la figura 51, se aprecia la síntesis de cálculo de la sección 0+060 con un total de 221 superficies analizadas.

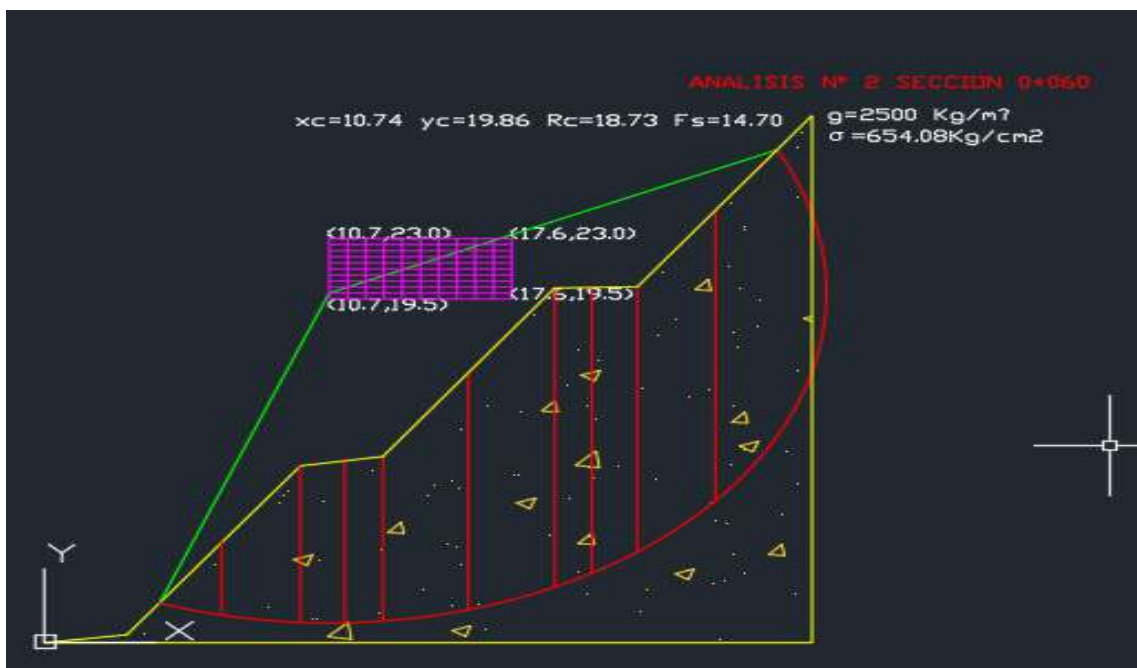


Figura 52: Síntesis de cálculo numero 2 sección 0+060 para rocas

En la figura 52, se aprecia la síntesis de cálculo de la superficie con menor factor de seguridad de 14.70 para la sección 0+060 en terreno rocoso que supera ampliamente lo normado.

**Herramientas**

Propiedades      Coordenadas

Malla centros      Obras de refuerzo      Cargas

Vínculos      Opciones de análisis      **Síntesis de cálculo**

**Síntesis de cálculo**

Superficies calculadas      221

SF Min, SF Max      14.70      20.00

Recalcular

Xc      Yc      Rc      Fs

11.76      22.44      8.948      20

Intervalos de visualización

Superficie con factor mínimo

Superficies calculadas

superficies a mostrar

14.70 - 15.75       15.75 - 16.80

16.80 - 17.85       17.85 - 18.90

18.90 - 19.95       19.95 - 21.00

Vista

Malla centros

Selección automática color intervalos de visualización

Selección color intervalos

Sintetizar la impresión de las superficies

N.º REBANADAS      U.M.      SLOPE 2018.25.6.1275

Figura 53: Cuadro de herramientas

En la figura 53, se aprecia el cuadro de herramientas de la síntesis de cálculo de la superficie con menor factor de seguridad de 14.70 para la sección 0+060 en terreno rocoso que supera ampliamente lo normado.

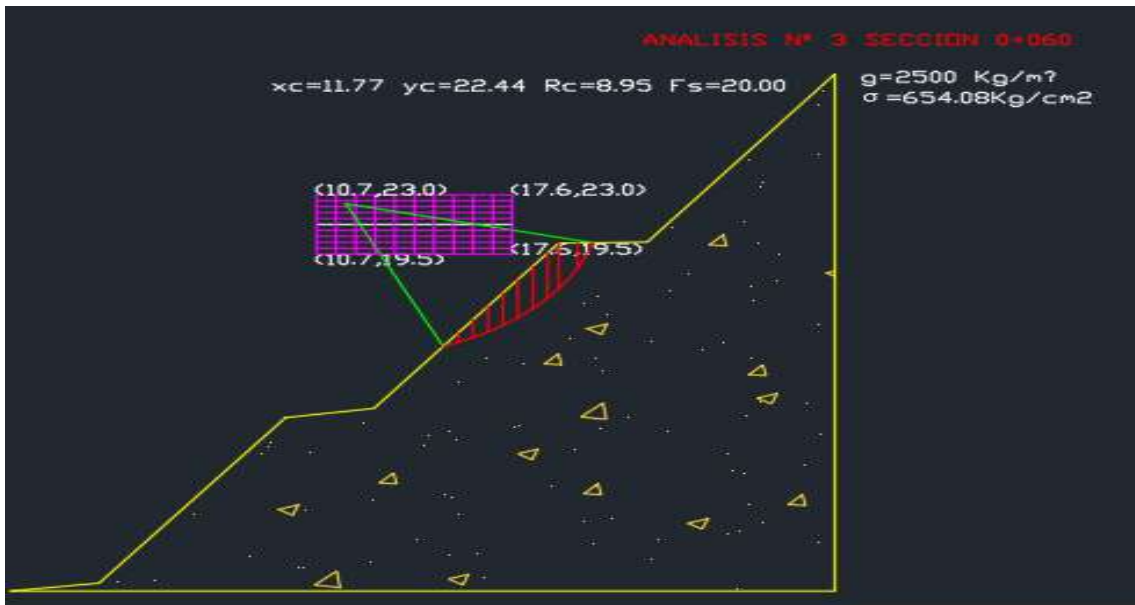


Figura 54: Síntesis de cálculo numero 3 sección 0+060 terreno rocoso

En la figura 54, se aprecia la síntesis de cálculo en el que se puede observar un punto que se considera crítico a pesar que se supera el factor de seguridad ampliamente se observa que el punto de análisis tiene la superficie totalmente fragmentada la cual representa un peligro latente para los transeúntes peatonales y vehiculares en la sección 0+060 para terreno rocoso.

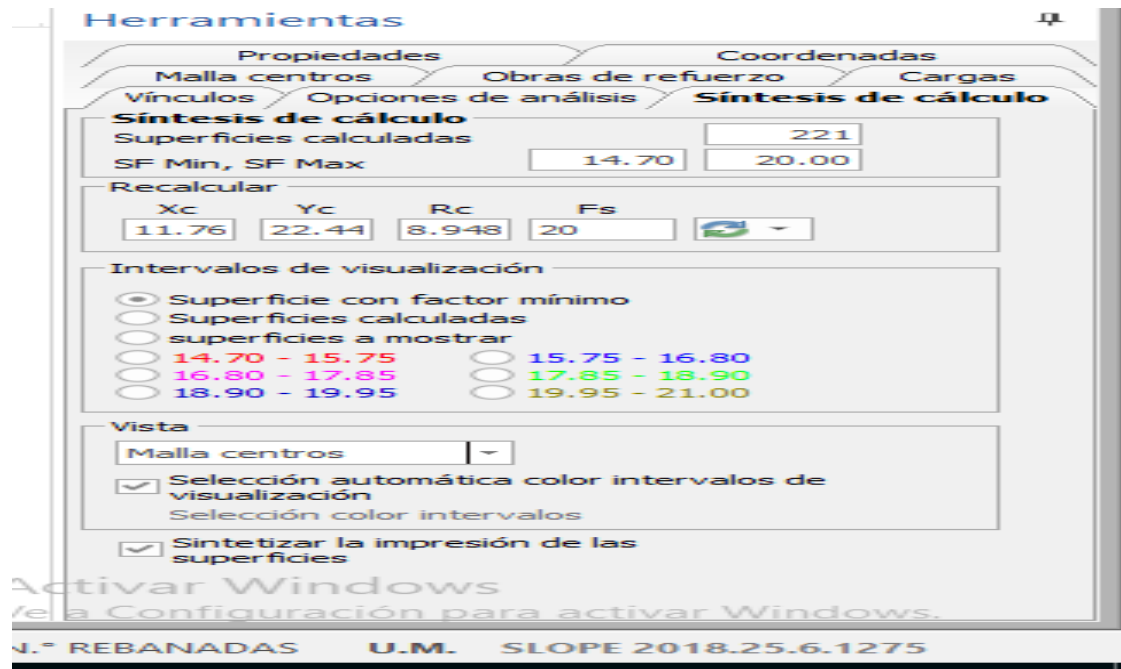


Figura 55: Cuadro de herramientas

En la figura 55, se aprecia el cuadro de herramientas de la síntesis de cálculo en el que se puede observar el punto de análisis con el factor de seguridad de 20.00 el factor más alto de todas las superficies analizadas en la sección 0+060 para terreno rocoso.

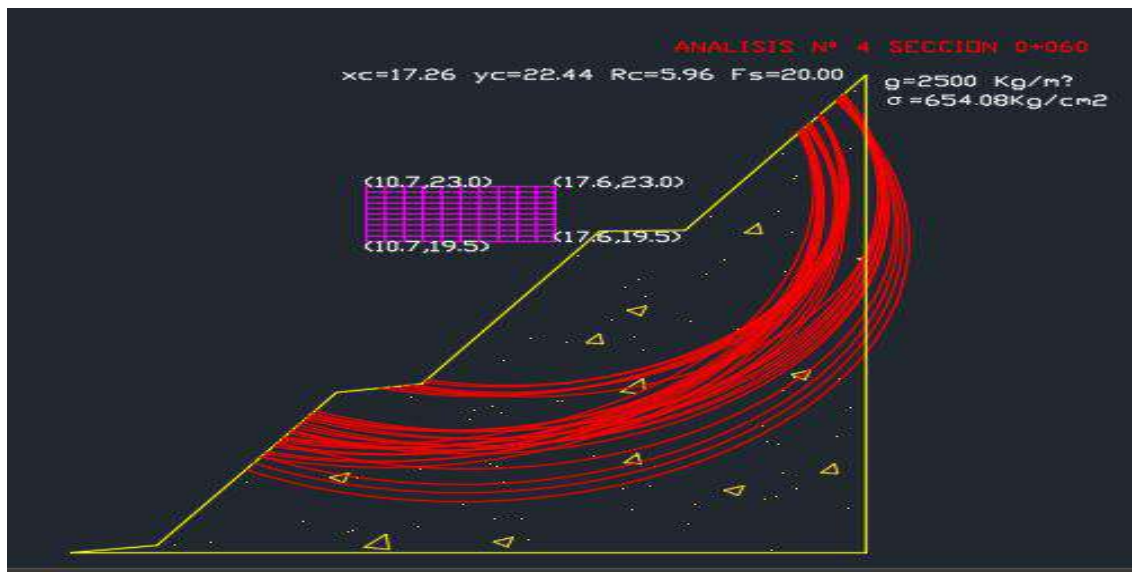


Figura 56: Síntesis de cálculo numero 4 sección 0+060 para rocas

En la figura 56, se aprecia la síntesis de cálculo en el que se puede observar el punto de análisis con el factor de seguridad de 20. Factor más alto de todas las superficies analizadas en la sección 0+060 para terreno rocoso.

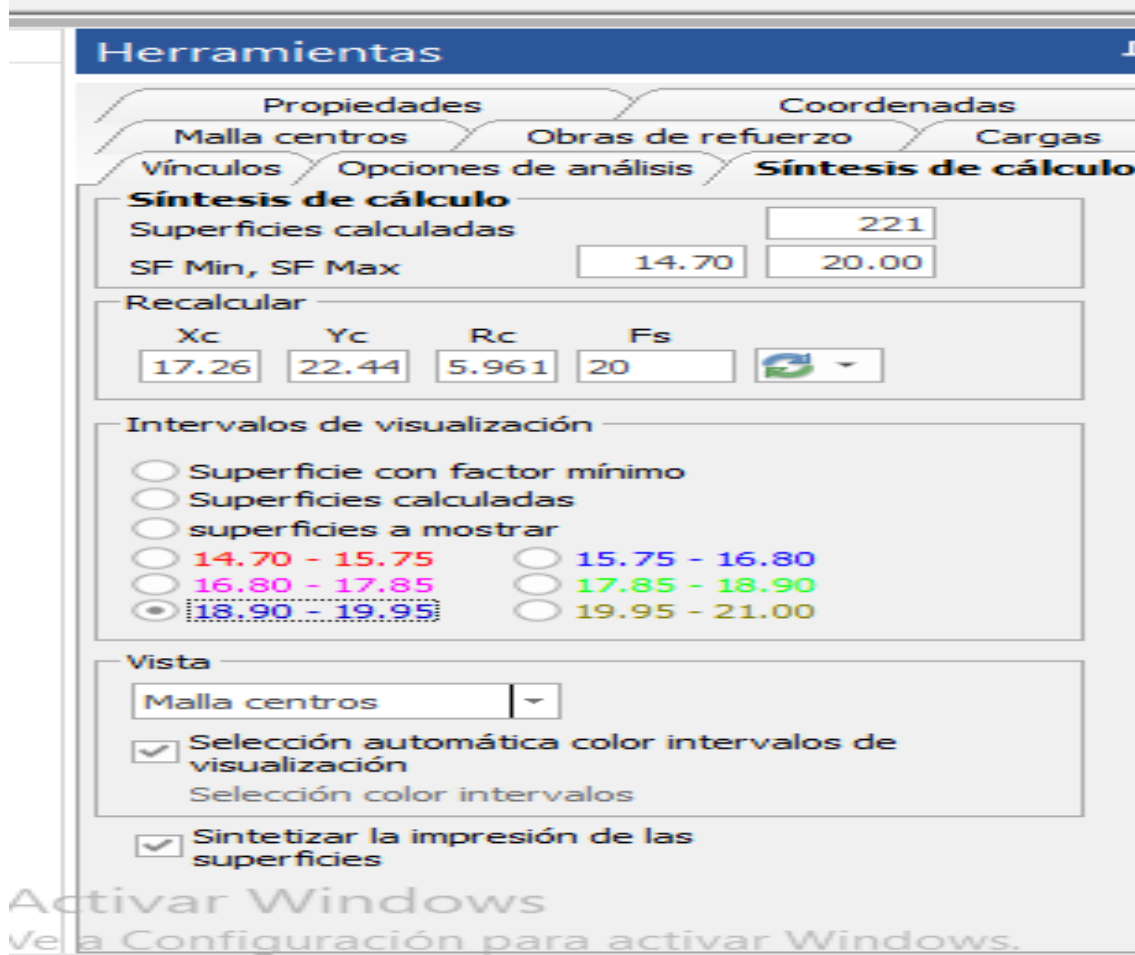


Figura 57: Cuadro de herramientas

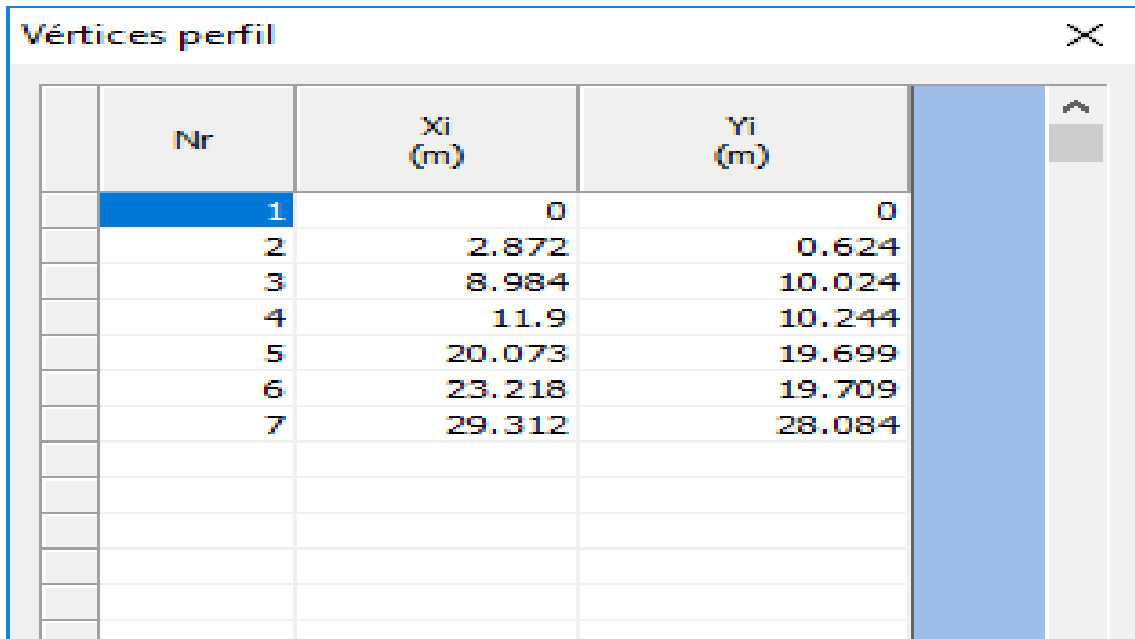
En la figura 57, se aprecia el cuadro de herramientas de la síntesis de cálculo en el que se puede observar el punto de análisis con el factor de seguridad de 20.00 el factor más alto de todas las superficies analizadas en la sección 0+060 para terreno rocoso.

seccion 0+010						
	P	E	N	Z	Z	D
1	1	674887.077	8490026.799	0	0	0
2	2	674889.949	8490027.423		2.872	0.624
3	3	674896.061	8490036.823		8.984	10.024
4	4	674898.977	8490037.043		11.9	10.244
5	5	674907.15	8490046.498		20.073	19.699
6	6	674910.295	8490046.508		23.218	19.709
7	7	674916.389	8490054.883		29.312	28.084
VERTICES DE LA SECCION 0+020						
	P	E	N	Z	Z	D
12	1	674932.157	8490017.541		0	0
13	2	674935.703	8490017.854		3.546	0.313
14	3	674941.858	8490027.205		9.701	9.664
15	4	674945.319	8490028.353		13.162	10.812
16	5	674951.845	8490037.64		19.688	20.099
17	6	674954.989	8490037.736		22.832	20.195
18	7	674960.961	8490047.402		28.804	29.861
19	8	674961.366	8490047.388		29.209	29.847
seccion 0+050						
	P	E	N	Z	Z	D
24	1	674932.163	8490092.951		0	0
25	2	674935.397	8490093.366		3.234	0.415
26	3	674941.943	8490102.922		9.78	9.971

Figura 58: Coordenadas de los vértices del talud sección 0+010 terreno natural

En la figura 58, se aprecia las coordenadas de los vértices del talud en corte del cerro Huayhuaca en la sección 0+010 para terreno natural.





Nr	Xi (m)	Yi (m)
1	0	0
2	2.872	0.624
3	8.984	10.024
4	11.9	10.244
5	20.073	19.699
6	23.218	19.709
7	29.312	28.084

*Figura 59: Coordenadas insertadas en el programa slope geostru*

En la figura 59, se aprecia las coordenadas de los vértices del talud en corte del cerro Huayhuaca insertadas en el programa SLOPE GEOSTRU con un código alterno generado para crear la superficie a analizar sección 0+010 para terreno natural.

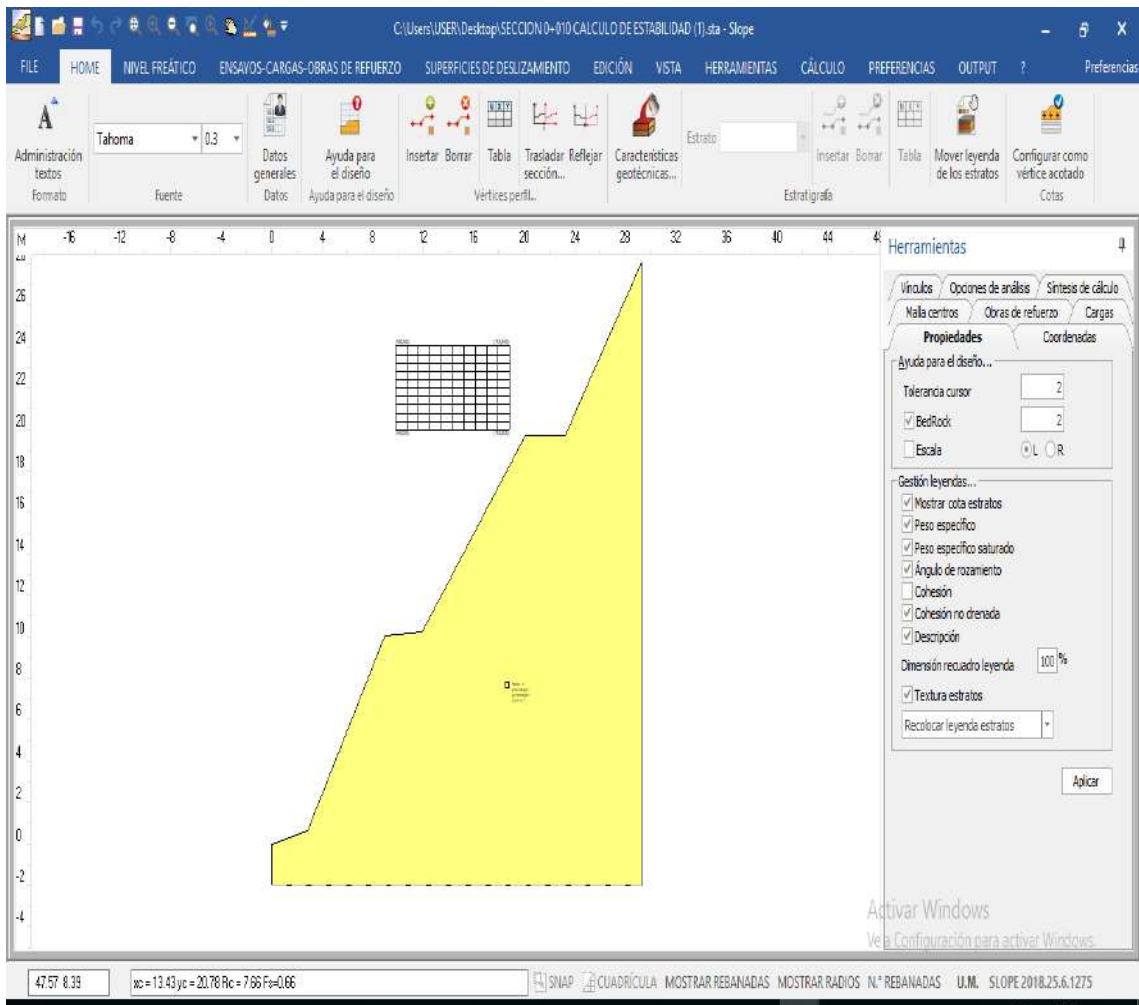


Figura 60: Superficie de estudio para terreno natural sección 0+010

En la figura 60, se aprecia la superficie generada a partir de los vértices sección 0+010 para terreno natural.

**Datos generales** X

**i** En presencia de sismo, en cada rebanada se aplica una fuerza horizontal de módulo igual a  $F_h = K_x W$  y una fuerza vertical de módulo igual a  $F_v = K_y W$ ,  $W$  Peso de la rebanada.

---

**Descripción**

Descripción proyecto

tesis evaluacion del sistema de banquetas estabilidad de taludes cerro huayhuaca- Andahuaylas 2018

Proyectista: PAULO QUINTANA MALLMA

Fecha:  miércoles, 22 de agosto de 20: ▼

**Acción sísmica**

Descripción: Usuario

Normativa: Usuario ▼

Aceleración máxima (amax/g): 0 ↻

Coefficientes de acciones sísmicas:  $K_h$ : 0.0  $K_v$ : 0.0

Incremento de las presiones neutras

Intensidad de Arias: Ia: 0 m/s

Intensidad de las intersecciones del acelerograma con el eje del tiempo: 0 s<sup>-1</sup>

Duración acelerograma Trifunac y Brady (1975): Td: 0 ▶

---

Zona:

Lat./Long. [WGS84]:  0  0 🏠

**Coefficientes de acciones parciales**

Desventajas: permanente, variable:  1  1

Favorable: permanente, variable:  1  1

---

**Datos generales**

Litotipo / Taludes en roca: Taludes de tierra ▼

Forma superficie: Circular ▼

Grado de seguridad aceptable: 1.5

Amplitud búsqueda factor de seguridad (10): 10

Número rebanadas: 10

Profundidad Bedrock (m): 2

**Coefficientes parciales parámetros geotécnicos**

Tangente ángulo de resistencia al corte:  $g_j$  1.25

Cohesión efectiva:  $g_c'$  1.25

Cohesión no drenada:  $g_{cu}$  1.4

Utilizar estos coeficientes para reducir la resistencia del material

**Coefficiente parcial resistencia**

Coefficiente parcial resistencia:  $g_R$  1

OK    Deshacer    Help

*Figura 61: Datos generales*

En la figura 61, se aprecia la configuración de los datos generales en el programa SLOPE GEOSTRU de la sección 0+010 para análisis de terreno natural.

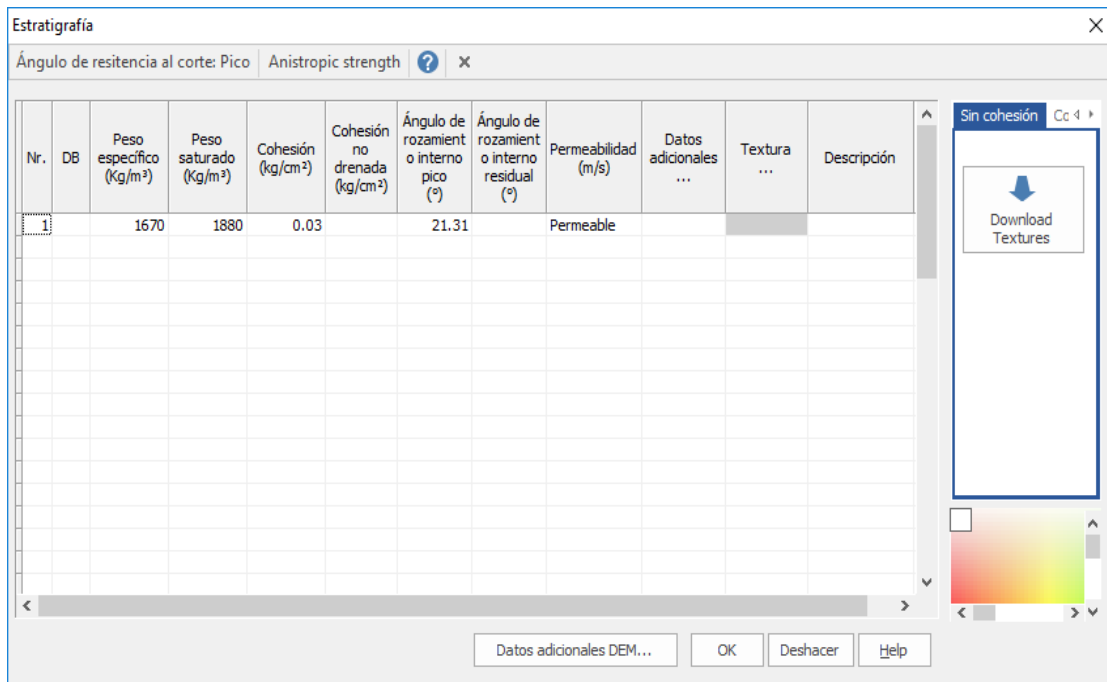


Figura 62: Caracterización geotécnica

En la figura 62, se aprecia la configuración de las características geotécnicas para el análisis para terreno natural en la sección 0+010.

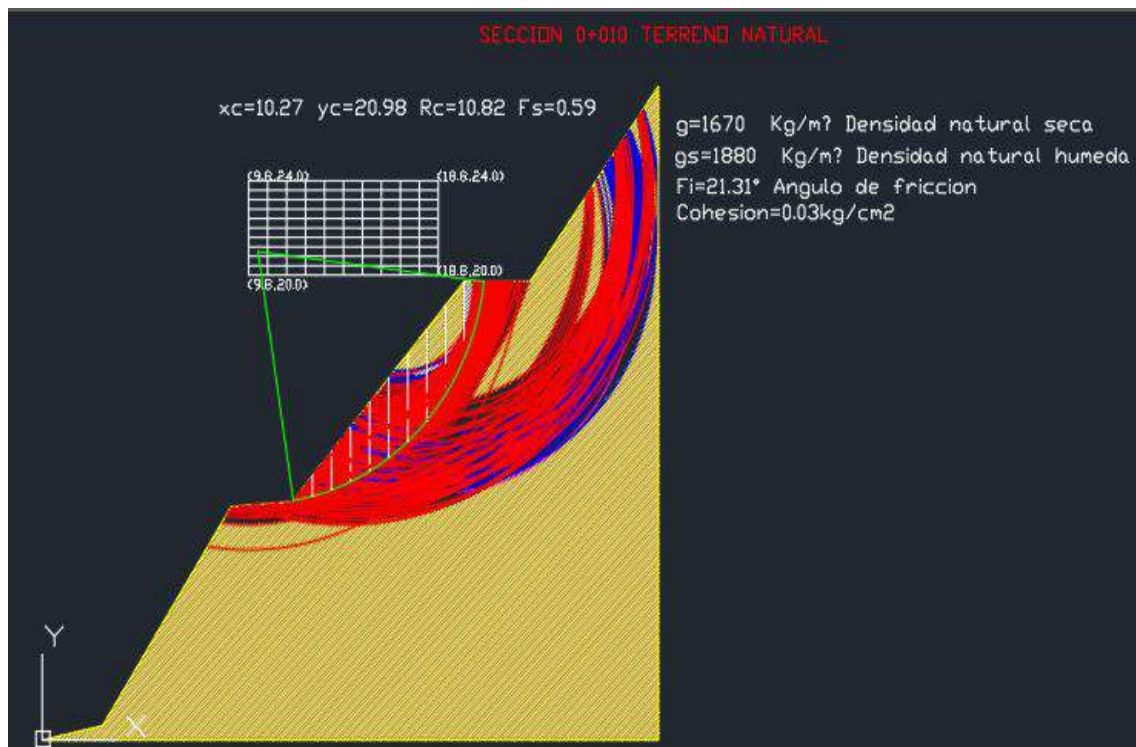


Figura 63: Síntesis de cálculo numero 1 sección 0+010

En la figura 63, se aprecia la síntesis de cálculo de la sección 0+010 con un total de 221 superficies analizadas.

The screenshot shows the 'Herramientas' (Tools) window with the 'Síntesis de cálculo' (Calculation Summary) tab selected. The interface is organized into several sections:

- Propiedades (Properties):**
  - Malla centros (Center Grid):** Includes 'Vínculos' (Links) and 'Opciones de análisis' (Analysis Options).
  - Coordenadas (Coordinates):** Includes 'Obras de refuerzo' (Reinforcement Works) and 'Cargas' (Loads).
- Síntesis de cálculo (Calculation Summary):**
  - Superficies calculadas (Calculated Surfaces):** 221
  - SF Min, SF Max (SF Min, SF Max):** 0.64, 1.45
- Recalcular (Recalculate):**
  - Xc:** 9.818
  - Yc:** 21.59
  - Rc:** 11.23
  - Fs:** 0.6418
- Intervalos de visualización (Visualization Intervals):**
  - Superficie con factor mínimo (Surface with minimum factor)
  - Superficies calculadas (Calculated surfaces)
  - superficies a mostrar (surfaces to show)
  - Color-coded intervals: 0.64 - 0.94, 0.94 - 1.24, 1.24 - 1.54, 1.54 - 1.84, 1.84 - 2.15, 2.15 - 2.45
- Vista (View):**
  - Malla centros (Center Grid):** Selected view.
  - Selección automática color intervalos de visualización (Automatic selection of visualization interval colors)
  - Sintetizar la impresión de las superficies (Synthesize the printing of the surfaces)

Figura 64: Síntesis de cálculo numero 2 sección 0+010

En la figura 64, se aprecia la síntesis de cálculo de la superficie con menor factor de seguridad de 0.64 para la sección 0+010 en terreno natural.

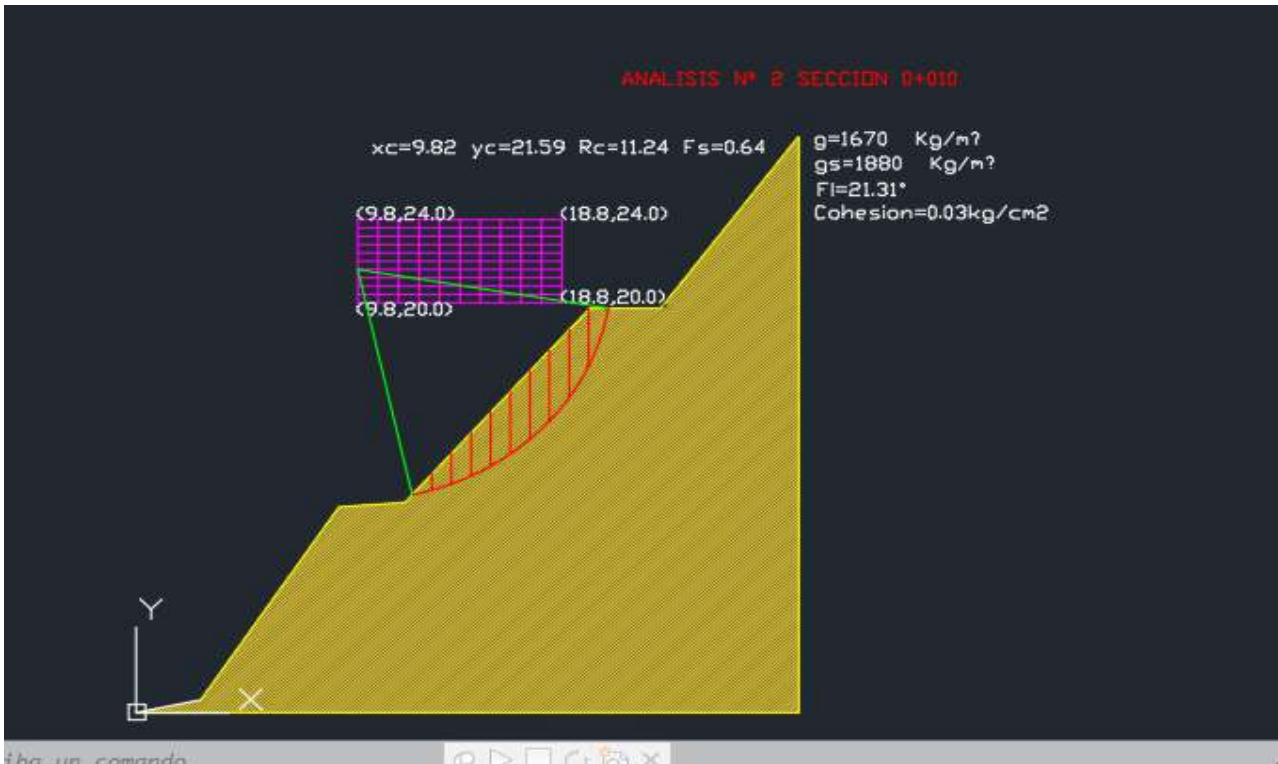


Figura 65: Cuadro de herramientas

En la figura 65, se aprecia el cuadro de herramientas de la síntesis de cálculo de la superficie con menor factor de seguridad de 0.64 para la sección 0+010 en terreno natural.

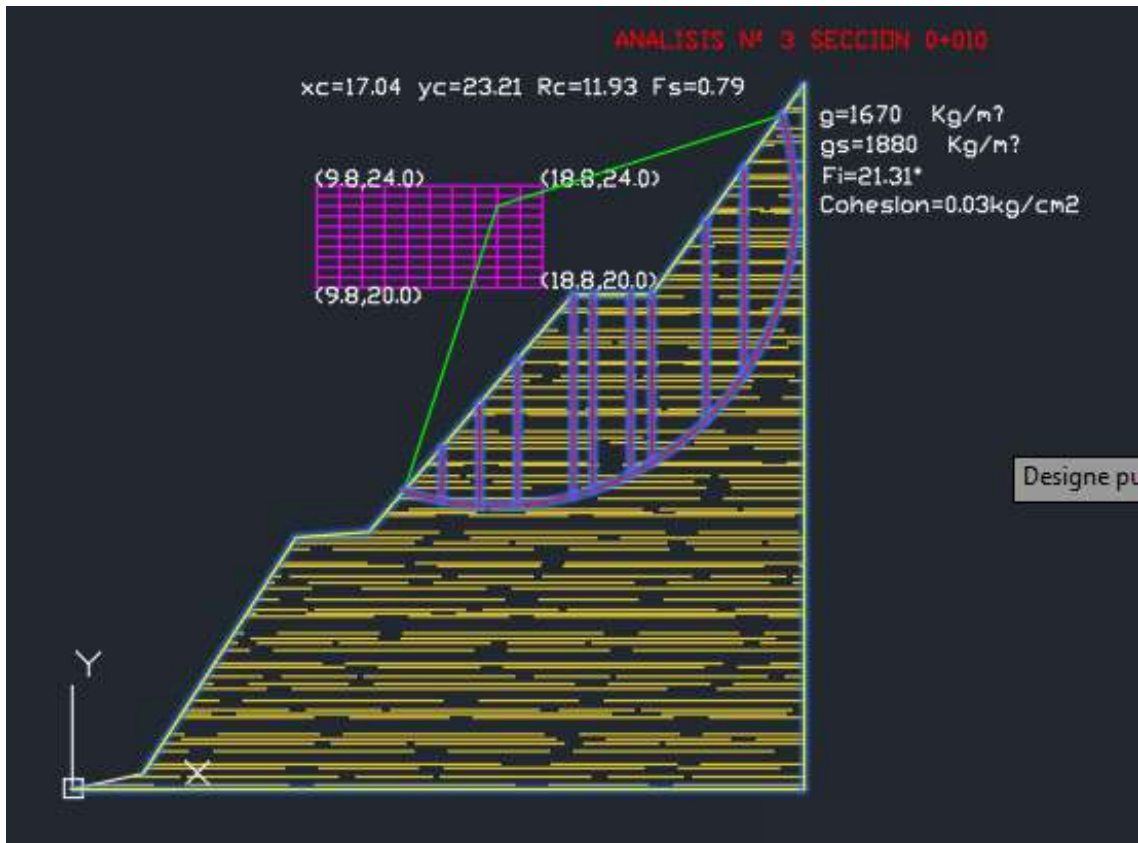


Figura 66: Síntesis de cálculo numero 3 sección 0+010

En la figura 66, se aprecia la síntesis de cálculo en el que se puede observar un punto que se considera crítico con un factor de seguridad de 0.79 para la sección 0+010 en terreno natural.

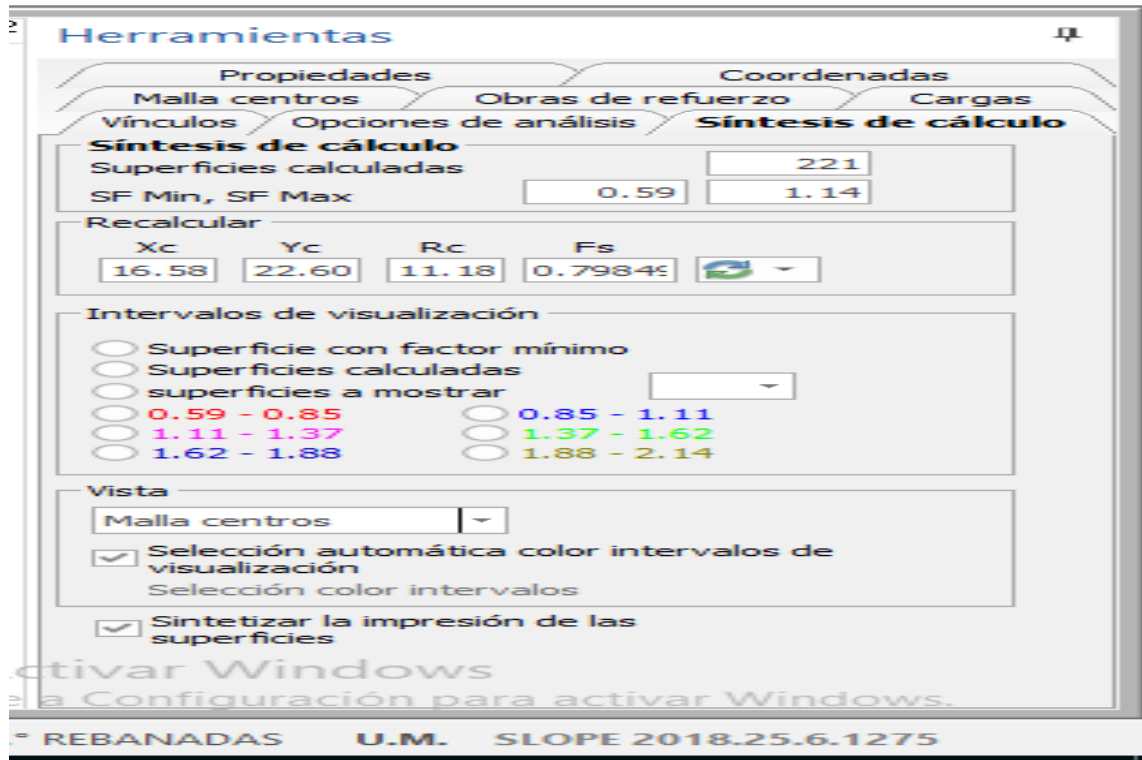


Figura 67: Cuadro de herramientas

En la figura 67, se aprecia la síntesis de cálculo en el que se puede observar un punto que se considera crítico con un factor de seguridad de 0.79 para la sección 0+010 en terreno natural.



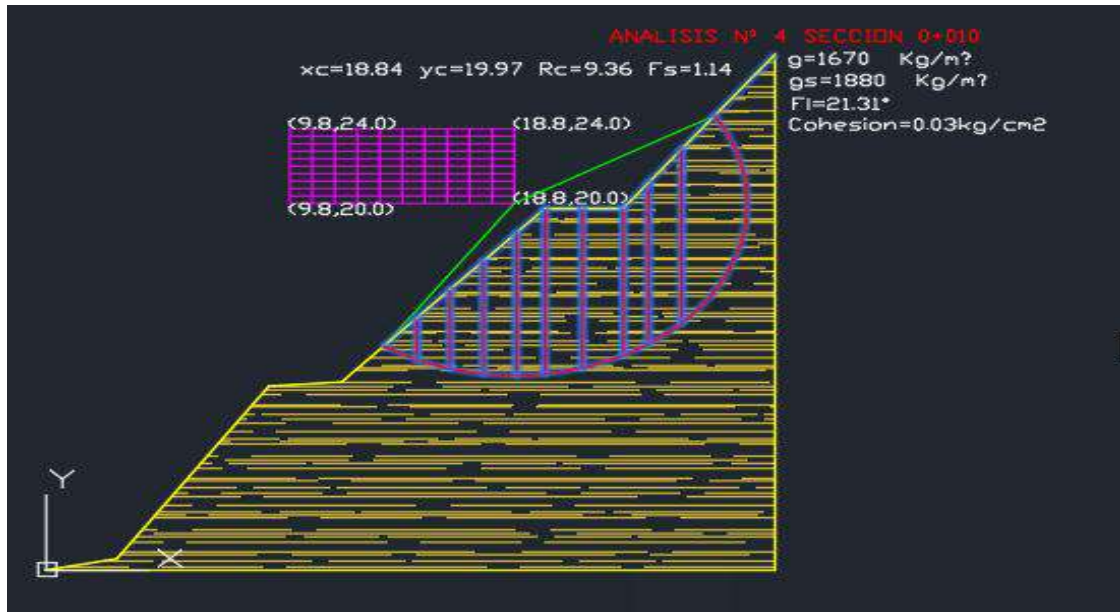


Figura 68: Síntesis de cálculo numero 4 sección 0+010

En la figura 68, se aprecia la síntesis de cálculo en el que se puede observar el punto de análisis con el factor de seguridad de 1.14 para la sección 0+010 en terreno natural.

**Herramientas** ↑

Propiedades Coordenadas

Malla centros Obras de refuerzo Cargas

Vínculos Opciones de análisis **Síntesis de cálculo**

**Síntesis de cálculo**

Superficies calculadas

SF Min, SF Max

Recalcular

Xc	Yc	Rc	Fs	
<input type="text" value="18.83"/>	<input type="text" value="19.97"/>	<input type="text" value="9.355"/>	<input type="text" value="1.13962"/>	<input type="button" value="↺"/>

Intervalos de visualización

Superficie con factor mínimo  
 Superficies calculadas  
 superficies a mostrar  
 0.59 - 0.85  0.85 - 1.11  
 1.11 - 1.37  1.37 - 1.62  
 1.62 - 1.88  1.88 - 2.14

Vista

▾

Selección automática color intervalos de visualización  
Selección color intervalos

Sintetizar la impresión de las superficies

Figura 69: Cuadro de herramientas

En la figura 69, se aprecia el cuadro de las herramientas de la síntesis de cálculo en el que se puede observar el punto de análisis con el factor de seguridad de 1.14 para la sección 0+010 en terreno natural.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
4	2	674889.949	8490027.423		2.872	0.624			
5	3	674896.061	8490036.823		8.984	10.024			
6	4	674898.977	8490037.043		11.9	10.244			
7	5	674907.15	8490046.498		20.073	19.699			
8	6	674910.295	8490046.508		23.218	19.709			
9	7	674916.389	8490054.883		29.312	28.084			
10									
11	VERTICES DE LA SECCION 0+020								
12	P	E	N	Z	Z	D			
13	1	674932.157	8490017.541		0	0			
14	2	674935.703	8490017.854		3.546	0.313			
15	3	674941.858	8490027.205		9.701	9.664			
16	4	674945.319	8490028.353		13.162	10.812			
17	5	674951.845	8490037.64		19.688	20.099			
18	6	674954.989	8490037.736		22.832	20.195			
19	7	674960.961	8490047.402		28.804	29.861			
20	8	674961.366	8490047.388		29.209	29.847			
21									
22									
23	seccion 0+050								

Figura 70: Coordenadas de los vértices sección 0+020

En la figura 70, se aprecia las coordenadas de los vértices del talud en corte del cerro Huayhuaca en la sección 0+020 para terreno natural.

Nr	Xi (m)	Yi (m)
1	0	0
2	3.546	0.313000001
3	9.701	9.664000001
4	13.162	10.812
5	19.688	20.099
6	22.832	20.195
7	28.804	29.861
8	29.209	29.847

Figura 71: Coordenadas insertadas en el programa slope geostru

En la figura 71, se aprecia las coordenadas de los vértices del talud en corte del cerro Huayhuaca insertadas en el programa SLOPE GEOSTRU con un código alterno generado para crear la superficie a analizar sección 0+020 para terreno natural.

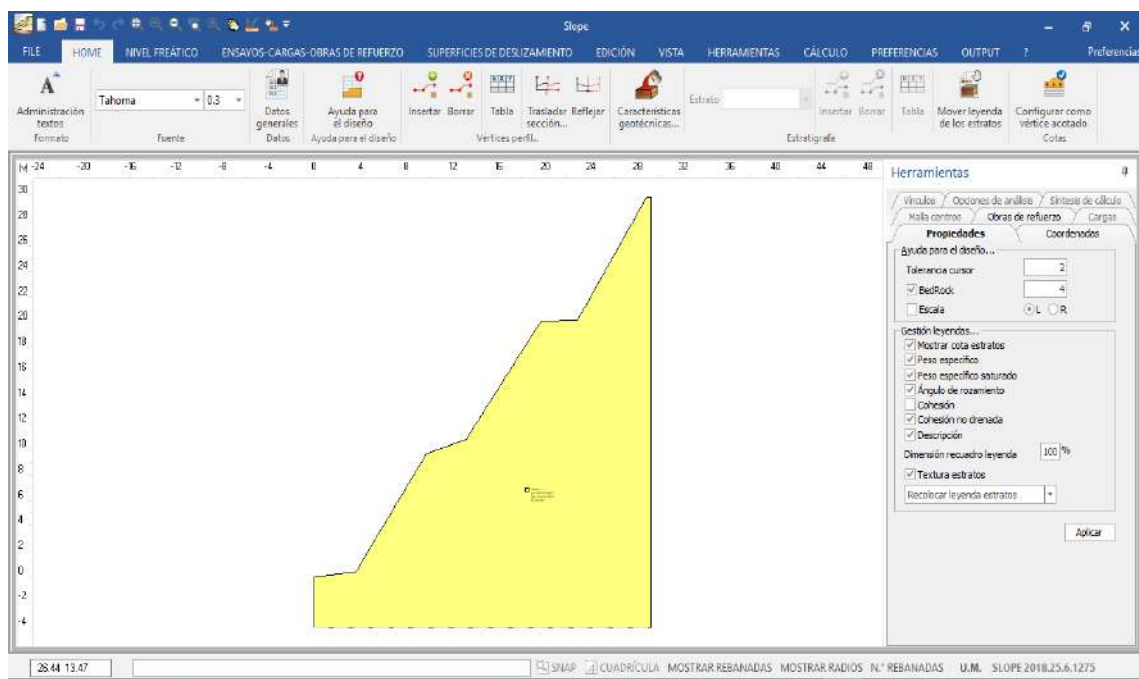


Figura 72: Superficie de estudio sección 0+020

En la figura 72, se aprecia la superficie generada a partir de los vértices sección 0+020 para terreno natural.

**Datos generales**

En presencia de sismo, en cada rebanada se aplica una fuerza horizontal de módulo igual a  $F_h = K_x W$  y una fuerza vertical de módulo igual a  $F_v = K_y W$ ,  $W$  Peso de la rebanada.

**Descripción**

Descripción proyecto  
 TESIS EVALUACION DEL SISTEMA DE BANQUETAS ESTABILIDAD DE TALUDES CERRPO HUYHUACA- ANDAHUAYLAS SECCION 0+020

Proyectista: PAULO JERSON QUINTANA MALLMA  
 Fecha:  sábado, 1 de setiembre de 20: ▼

**Acción sísmica**

Descripción: Usuario  
 Normativa: Usuario ▼  
 Aceleración máxima (amax/g): 0 ↻  
 Coeficientes de acciones sísmicas: Kh: 0.0 Kv: 0.0

Incremento de las presiones neutras

Intensidad de Arias: Ia: 0 m/s  
 Intensidad de las intersecciones del acelerograma con el eje del tiempo: 0 s<sup>-1</sup>  
 Duración acelerograma Trifunac y Brady (1975): Td: 0 ▶

**Coeficientes de acciones parciales**

Desventajas: permanente, variable: 1 1  
 Favorable: permanente, variable: 1 1

**Datos generales**

Litotipo / Taludes en roca: Taludes de tierra ▼  
 Forma superficie: Circular ▼  
 Grado de seguridad aceptable: 1.5  
 Amplitud búsqueda factor de seguridad (10): 10  
 Número rebanadas: 10  
 Profundidad Bedrock (m): 4

**Coeficientes parciales parámetros geotécnicos**

Tangente ángulo de resistencia al corte:  $\rho_j$  1.25  
 Cohesión efectiva:  $g_c'$  1.25  
 Cohesión no drenada:  $g_{cu}$  1.4  
 Utilizar estos coeficientes para reducir la resistencia del material

**Coeficiente parcial resistencia**

Coeficiente parcial resistencia:  $g_R$  1

OK Deshacer Help

Figura 73: Datos generales

En la figura 73, se aprecia la configuración de los datos generales en el programa SLOPE GEOSTRU de la sección 0+020 para análisis de terreno natural.

Nr.	DB	Peso específico (Kg/m³)	Peso saturado (Kg/m³)	Cohesión (kg/cm²)	Cohesión no drenada (kg/cm²)	Ángulo de rozamiento o interno pico (°)	Ángulo de rozamiento o interno residual (°)	Permeabilidad (m/s)	Datos adicionales ...	Textura ...	Descripción
1		1670.00	1880.00	0.03		21.31		Permeable			

Figura 74: Características geotécnicas

En la figura 74, se aprecia la configuración de las características geotécnicas para el análisis de terreo natural en la sección 0+020 en terreno natural.

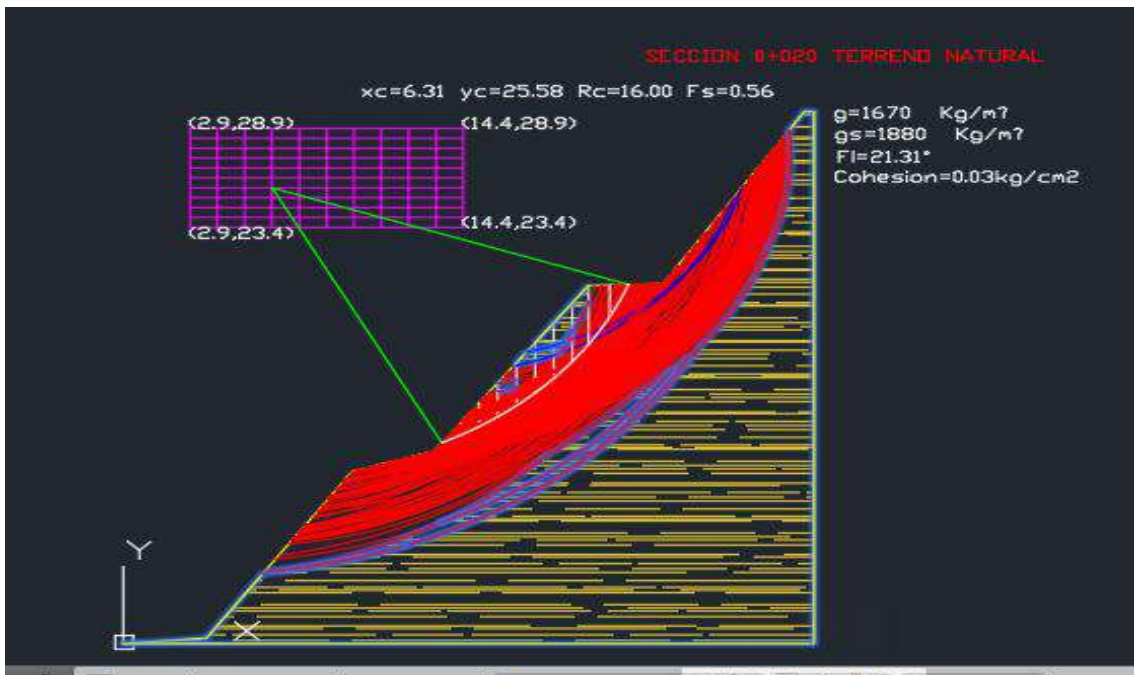


Figura 75: Síntesis de cálculo número 1 sección 0+020

En la figura 75, se aprecia la síntesis de cálculo de la sección 0+020 con un total de 221 superficies analizadas.

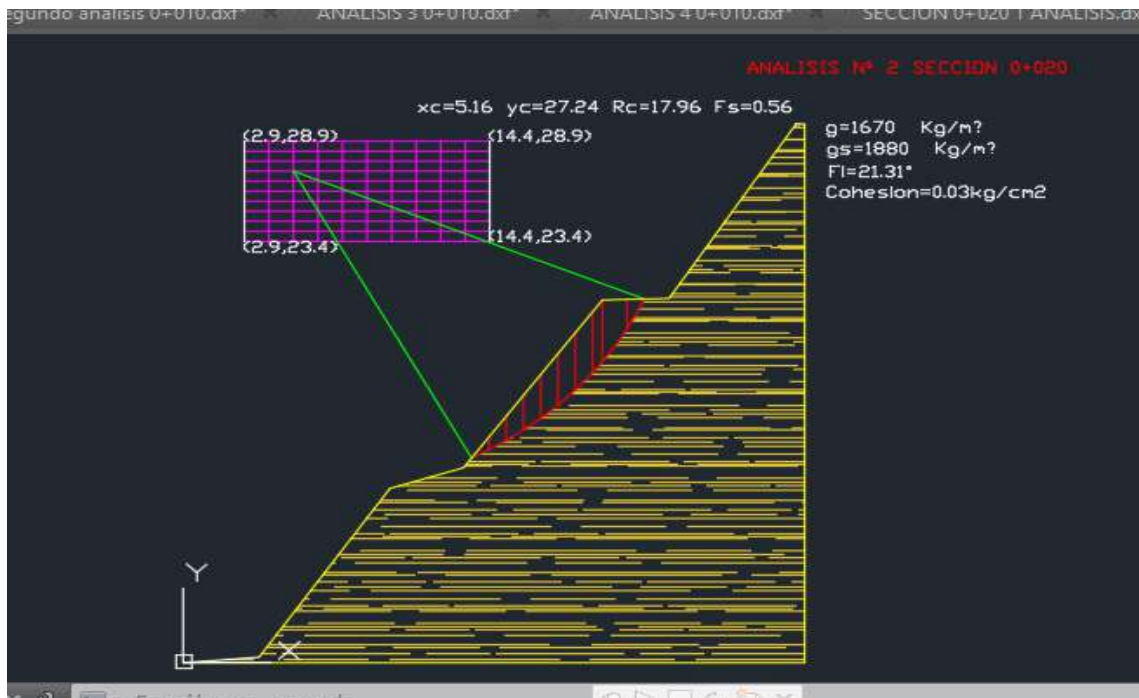


Figura 76: Síntesis de cálculo número 2 sección 0+020

En la figura 76, se aprecia la síntesis de cálculo de la superficie con menor factor de seguridad de 0.56 para la sección 0+020 en terreno natural.

**Herramientas**

Propiedades      Coordenadas

Malla centros      Obras de refuerzo      Cargas


Vínculos      Opciones de análisis      **Síntesis de cálculo**

**Síntesis de cálculo**

Superficies calculadas      221

SF Min, SF Max      0.56      0.89

Recalcular

Xc      Yc      Rc      Fs      

5.159      27.24      17.96      0.5637%

Intervalos de visualización

Superficie con factor mínimo

Superficies calculadas

superficies a mostrar

0.56 - 0.78       0.78 - 1.00

1.00 - 1.23       1.23 - 1.45

1.45 - 1.67       1.67 - 1.89

Vista

Malla centros

Selección automática color intervalos de visualización

Selección color intervalos

Sintetizar la impresión de las superficies

*Figura 77: Datos generales*

En la figura 77, se aprecia la síntesis de cálculo de la superficie con menor factor de seguridad de 0.56 para la sección 0+020 en terreno natural.



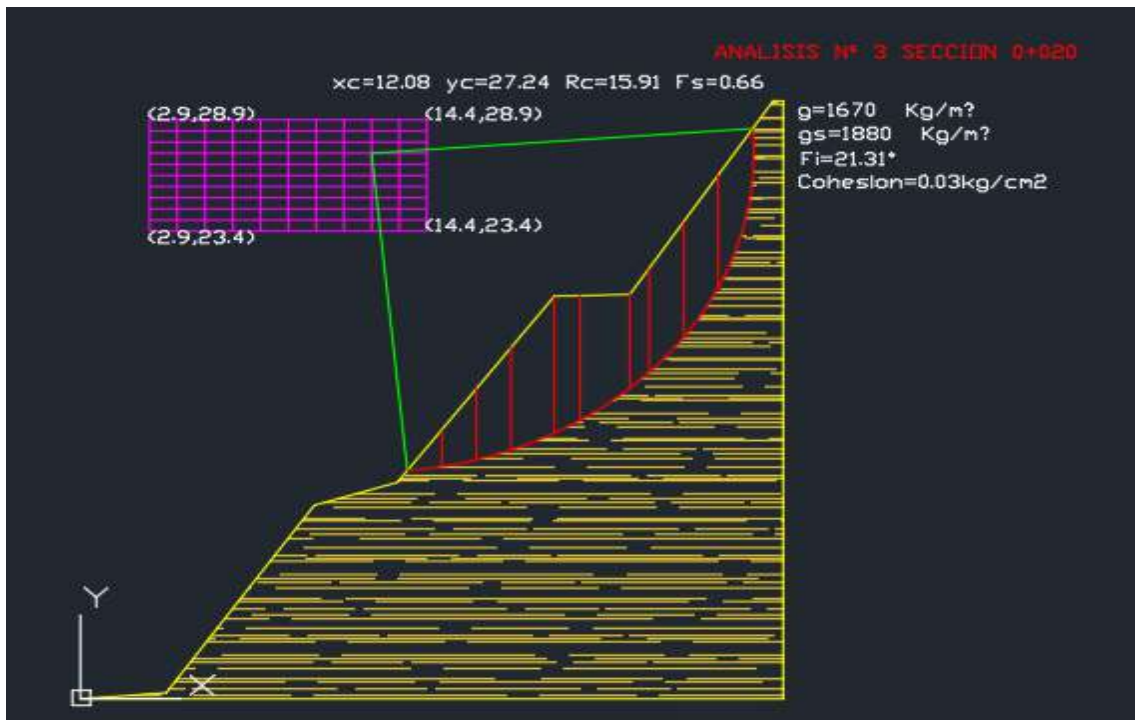


Figura 78: Síntesis de cálculo número 3 sección 0+020

En la figura 78, se aprecia la síntesis de cálculo en el que se puede observar un punto que se considera crítico con un factor de seguridad de 0.66 en terreno natural en la sección 0+020.

**Herramientas**

Propiedades      Coordenadas

Malla centros      Obras de refuerzo      Cargas

Vínculos      Opciones de análisis      **Síntesis de cálculo**

**Síntesis de cálculo**

Superficies calculadas: 221

SF Min, SF Max: 0.56      0.89

Recalcular

Xc: 12.08      Yc: 27.24      Rc: 15.90      Fs: 0.6631!

Intervalos de visualización

Superficie con factor mínimo  
 Superficies calculadas  
 superficies a mostrar  
 0.56 - 0.78       0.78 - 1.00  
 1.00 - 1.23       1.23 - 1.45  
 1.45 - 1.67       1.67 - 1.89

Vista

Malla centros

Selección automática color intervalos de visualización  
Selección color intervalos

Sintetizar la impresión de las superficies

N.º REBANADAS      U.M.      SLOPE 2018.25.6.1275

Figura 79: Cuadro de herramientas

En la figura 79, se aprecia el cuadro de herramientas de la síntesis de cálculo en el que se puede observar un punto que se considera crítico con un factor de seguridad de 0.66 en terreno natural en la sección 0+020.

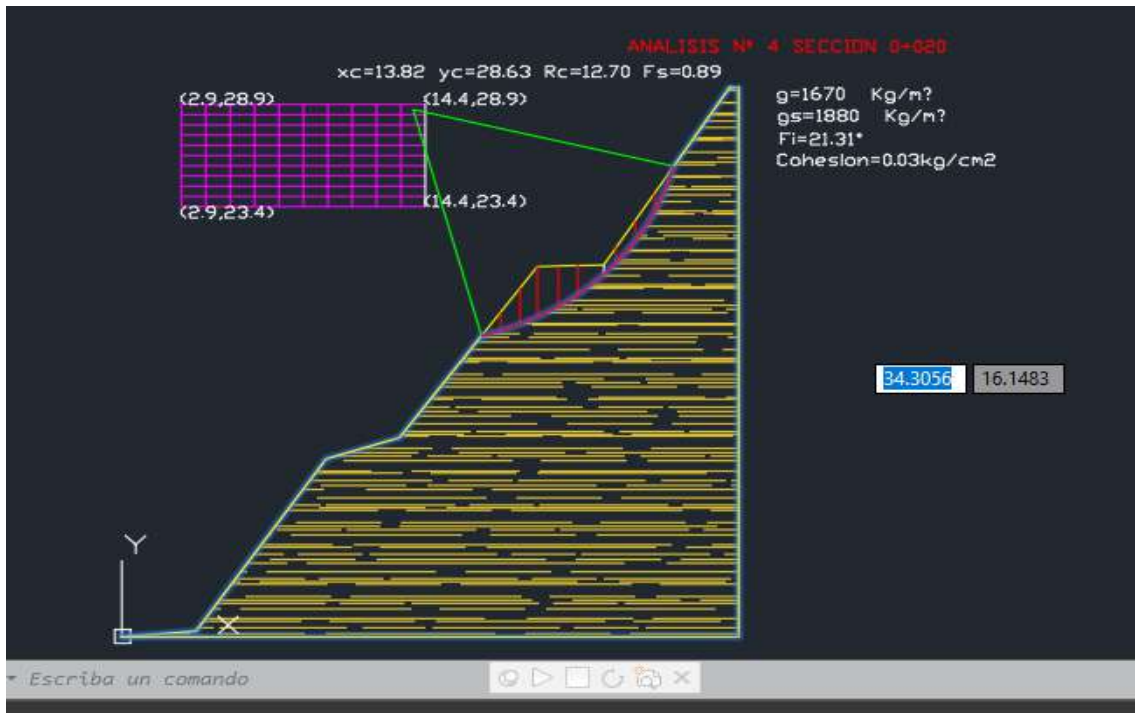


Figura 80: Síntesis de cálculo número 4 sección 0+020

En la figura 80, se aprecia la síntesis de cálculo en el que se puede observar el punto de análisis con el factor de seguridad más alto del análisis con un valor de 0.89 pero que no supera lo normado de 0.5 por lo que se tendrá que buscar una alternativa de solución. En terreno natural en la sección 0+020.

**Herramientas**

Propiedades      Coordenadas

Malla centros      Obras de refuerzo      Cargas

Vínculos      Opciones de análisis      **Síntesis de cálculo**

**Síntesis de cálculo**

Superficies calculadas: 221

SF Min, SF Max: 0.56      0.89

Recalcular

Xc: 13.81      Yc: 28.63      Rc: 12.70      Fs: 0.8931

Intervalos de visualización

Superficie con factor mínimo

Superficies calculadas

superficies a mostrar

0.56 - 0.78       0.78 - 1.00

1.00 - 1.23       1.23 - 1.45

1.45 - 1.67       1.67 - 1.89

Vista

Malla centros

Selección automática color intervalos de visualización

Selección color intervalos

Sintetizar la impresión de las superficies

Figura 81: Cuadro de herramientas

En la figura 81, se aprecia el cuadro de herramientas de la síntesis de cálculo en el que se puede observar el punto de análisis con el factor de seguridad más alto del análisis con un valor de 0.89 pero que no supera lo normado de 0.5 por lo que se tendrá que buscar una alternativa de solución. En terreno natural en la sección 0+020.

## **CAPÍTULO V**

### **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

#### **5.1 Conclusiones**

A continuación, se presentan los resultados de la aplicación del programa SLOPE GEOSTRU, en el análisis de terrenos rocosos, para la estabilización del talud, del cerro Huayhuaca, del Distrito de Andahuaylas – 2018.

El tipo de roca caliza muestra una resistencia a la compresión simple de 67,45 mega pascales, para una calidad de la roca equivalente a un valor de 8 con un índice RQD malo de 25 a 50%. Para el que espaciado de discontinuidades su valor es de 8 en la tabla, de 60 a 200mm de características cerrada, los valores de abertura de las discontinuidades del parámetro son de grado 3, moderadamente cerrada con una separación de 0,1 a 1mm con un sub valor de 4. En cuanto a los valores de continuidad de discontinuidades del parámetro de grado 2, con características pequeñas con un valor de 1 a 3 metros con un sub valor de 4.

Para los valores de rugosidad de las rocas del parámetro de grado 2 con característica rugosa y posee un sub valor de 5, y para el parámetro de grado 1 con un relleno blando menor a 5 mm con un sub valor de 2, asimismo los valores de meteorización de los parámetros de grado 3 moderadamente meteorizada poseen un sub valor de 3, para los valores de las condiciones de agua sub terrena del parámetro con grado 1, presentan un valor de 15 de acuerdo al cuadro de clasificación.

Se aprecia los valores de la caracterización del macizo rocoso con los siguientes parámetros de clase 3 con una calidad media con una valorización (RMR) de 41 a 60 con una cohesión de 2 a 3 kg/cm<sup>2</sup> con un Angulo de rozamiento de 25 a 35 grados.

El ensayo de resistencia a la compresión se calculó por medio de la fracción de la lectura dial sobre el área de compresión  $(33700/49) = 687.76 \text{ kg/cm}^2$ .

Se aprecia también el ensayo que sirve para determinar el peso específico de las rocas con los siguientes valores peso específico 2.501 gr/cm<sup>3</sup> y una absorción de 0.33 % promedio estos datos serán determinantes para el cálculo del factor de seguridad para terreno rocoso ya que es una característica geotécnica.

A continuación, se muestra el ensayo de esclerometría que nos arroja un valor resistencia de la roca caliza de  $f'c = 480.00 \text{ kg/cm}^2$ .

Se aprecia las coordenadas de los vértices del talud en corte del cerro Huayhuaca convertidas a código alterno. Las coordenadas de los vértices del talud en corte del cerro Huayhuaca se insertan en el programa SLOPE GEOSTRU con un código alterno generado para crear la superficie a analizar en la sección 0+050 en terreno rocoso. Luego se procede a generar la superficie de la sección 0+050, también se muestra la configuración de los datos generales en el programa SLOPE GEOSTRU para el análisis de la sección 0+050 en terreno rocoso.

Se muestra la configuración de las características geotécnicas para el análisis de terreno rocoso en la sección 0+050. Con un peso específico de 2500 kg/m<sup>3</sup> y una resistencia a la compresión de 687.76 kg/cm<sup>2</sup>. La síntesis de cálculo de la sección 0+050 tiene un total de 221 superficies analizadas.

Se aprecia la síntesis de cálculo N°2 en el cual se muestra la superficie con el menor factor de seguridad de 16.09, valor que supera ampliamente lo determinado por la norma C.E. 020 la cual indica un valor de 1.5 como factor de seguridad aceptable en

la sección 0+050 para terreno rocoso, A si mismo tenemos la síntesis de cálculo N°3 en el que se puede observar un punto que se considera crítico con un valor de 20.00 a pesar que se supera el factor de seguridad ampliamente se observa que el punto de análisis tiene la superficie totalmente fragmentada la cual representa un peligro latente para los transeúntes peatonales y vehiculares en la sección 0+050 para terreno rocoso.

Para el análisis N°4 de la síntesis de cálculo se puede observar el punto de análisis con el factor de seguridad más alto de todas las superficies analizadas con un valor de 20.00 en la sección 0+050 para terreno rocoso. Para la sección 0+060 se aprecia las coordenadas de los vértices del talud en corte del cerro Huayhuaca en terreno rocoso.

A continuación, se aprecia las coordenadas de los vértices del talud en corte del cerro Huayhuaca insertadas en el programa SLOPE GEOSTRU con un código alterno generado para crear la superficie a analizar sección 0+060 terreno rocoso.

Se aprecia la superficie generada de la sección 0+060 para análisis de terreno rocoso, tenemos la configuración de los datos generales en el programa SLOPE GEOSTRU de la sección 0+060 para análisis de terreno rocoso. Con su configuración de las características geotécnicas con los siguientes valores peso específico 2500kg/m<sup>3</sup> y una resistencia a la compresión de 654.08 kg/cm<sup>2</sup> para el análisis N° 2 de terreno rocoso de la sección 0+060.

La síntesis de cálculo N°1 de la sección 0+060 nos muestra un total de 221 superficies analizadas, Para el análisis N°2 se aprecia la síntesis de cálculo de la superficie con el menor valor de factor de seguridad de 14.70 para la sección 0+060 en terreno rocoso que supera ampliamente el factor de seguridad normado de 1.5 en estabilidad de taludes.

Para en análisis N° 3 se aprecia la síntesis de cálculo en el que se puede observar un punto que se considera crítico con un valor de factor de seguridad de 20.00 a pesar

que se supera el factor de seguridad ampliamente se observa que el punto de análisis tiene la superficie totalmente fragmentada la cual representa un peligro latente para los transeúntes peatonales y vehiculares en la sección 0+060 para terreno rocoso.

Para el análisis N°4 se aprecia la síntesis de cálculo en el que se puede observar el punto de análisis con el factor de seguridad más alto con un valor de 20. Factor más alto de todas las superficies analizadas en la sección 0+060 para terreno rocoso.

A continuación, presentamos los resultados de la aplicación del programa SLOPE GEOSTRU, en el análisis de terrenos sueltos, para la estabilización del talud, del cerro Huayhuaca, del Distrito de Andahuaylas - 2018.

La loma de Huayhuaca, está ubicada al sur del distrito Andahuaylas colindando con la llanura depresiva de Curibamba a los 2900msnm, teniendo una altura máxima promedio de 3050 msnm y poniéndose en contacto con el cerro Apachetayoc, perteneciente a la montaña Illarumi, generalmente compuesta por granodiorita y los volcánicos cuaternarios.

Fallas: Entre las principales fallas tenemos:

- Falla Uchuuran
- Falla Suramachay
- Falla Chaccrapata
- Falla de San Carlos
- Falla de Hualalachi
- Falla de Tonlinco Huaycco
- Falla Chontahuilca

Se presenta asimismo el plano geológico de la ciudad de Andahuaylas, litológicamente la formación Arcurquina es materia de estudio dentro del marco del



presente trabajo de tesis esta formación aflora ampliamente sobre el área de estudio del cerro Huayhuaca.

El contenido de humedad del suelo analizado de la calicata C-1 del cerro Huayhuaca, nos arroja un valor de 12.22% promedio de humedad. Los límites de consistencia no dan un resultados de límite líquido de 34.10 % de humedad, límite plástico de 24.5% de humedad y el índice de plasticidad de 9.6%. Se aprecia el ensayo de densidad de campo con los siguientes valores de densidad de humedad 1.88gr/cm<sup>3</sup> y densidad natural seca 1.67gr/cm<sup>3</sup>. La clasificación de suelos se realizó mediante el ensayo de granulometría por tamizado la cual nos arroja una clasificación en la tabla ASSTHO: A-2-4 y en la tabla de Sucs: GC lo que indica que es una Grava Arcillosa. Para el análisis de resistencia de los suelos se realizó los siguientes ensayos de corte directo el cual nos arrojó los parámetros de cohesión de 0.03 kg/ cm<sup>2</sup> y un Angulo de fricción de 21.31°. El ensayo de capacidad de carga de los suelos nos arroja valor de 1.57 kg/cm<sup>2</sup>

En cuanto a la capacidad de carga admisible del suelo, se muestra las coordenadas de los vértices del talud en corte del cerro Huayhuaca en la sección 0+010 para terreno natural luego se inserta las coordenadas de los vértices del talud en corte del cerro Huayhuaca en el programa SLOPE GEOSTRU con un código alterno generado para crear la superficie a analizar sección 0+010 para terreno natural.

La superficie se generó a partir de los vértices sección 0+010 para terreno natural, y se realizó la configuración de los datos generales en el programa SLOPE GEOSTRU de la sección 0+010 para terreno natural, A continuación se aprecia la configuración de las características geotécnicas para el análisis para terreno natural en la sección 0+010. Con los siguientes valores peso específico 1670.00 kg/m<sup>3</sup>, peso

saturado 1880.00kg/m<sup>3</sup>, cohesión 0.03kg/cm<sup>2</sup>, ángulo de fricción 21.31° y un suelo permeable.

La Síntesis de cálculo N° 1 de la sección 0+010 nos muestra un análisis de 221 superficies analizadas, a continuación se muestra la síntesis de cálculo N°2 de la superficie con menor factor de seguridad de 0.64 para la sección 0+010 en terreno natural. Se aprecia la síntesis de cálculo N°3 en el que se puede observar un punto que se considera crítico con un factor de seguridad de 0.79 para la sección 0+010 en terreno natural. Se aprecia también la síntesis de cálculo N°4 en el que se puede observar el punto de análisis con el factor de seguridad de 1.14 para la sección 0+010 en terreno natural.

Para el análisis de la sección 0+020 se aprecia las coordenadas de los vértices del talud en corte del cerro Huayhuaca en la sección para terreno natural, se aprecia las coordenadas de los vértices del talud en corte del cerro Huayhuaca insertadas en el programa SLOPE GEOSTRU con un código alterno generado para crear la superficie a analizar de la sección 0+020 para terreno natural. Luego se aprecia la superficie generada a partir de los vértices sección 0+020 para terreno natural. Se configura los datos generales en el programa SLOPE GEOSTRU de la sección 0+020 para análisis de terreno natural.

Para la configuración de las características geotécnicas en terreno natural de la sección 0+020 en terreno natural. Se tiene los siguientes valores 1670.00kg/m<sup>3</sup>, peso saturado de 1880kg/m<sup>3</sup>, cohesión 0.03kg/cm<sup>2</sup> ángulo de fricción 21.31° y un suelo permeable.

La síntesis de cálculo N°1 de la sección 0+020 cuenta con un total de 221 superficies analizadas. Asimismo se aprecia la síntesis de cálculo N° 2 de la superficie con menor factor de seguridad de 0.56 para la sección 0+020 en terreno natural.

Se aprecia también la síntesis de cálculo N°3 en el que se puede observar un punto que se considera crítico con un factor de seguridad de 0.66 en terreno natural en la sección 0+020.

Para el análisis N°4 se aprecia la síntesis de cálculo en el que se puede observar el punto de análisis con el factor de seguridad más alto del análisis con un valor de 0.89 pero que no supera lo normado de 1.5 por lo que se tendrá que buscar una alternativa de solución. En terreno natural en la sección 0+020.

## **5.2 Recomendaciones**

1. Alternativa de solución N°1 Se recomienda el uso de mallas de alta resistencia de triple torsión para estabilizar el cerro Huayhuaca. Se trata una solución sistémica, puesto que las mallas son de alta capacidad y están disponibles con grosores de cable de 2mm, 3mm o 4mm, con una resistencia a la tracción de más de 1770 N/mm<sup>2</sup>. La única manera de lograr esto con eficiencia y seguridad es utilizar mallas compuestas de alambres de alto límite elástico que permite la transferencia de carga crítica a las placas de fijación sujetas por los anclajes.
2. La alternativa de solución N°2 se recomienda ampliar el ancho de las bermas del talud a fin de aumentar el factor de seguridad en el talud.
3. La alternativa de solución N°3 Se recomienda reducir la pendiente en las dos últimas banquetas del cerro Huayhuaca a fin de aumentar el factor de seguridad.
4. La alternativa de solución N°4 Se recomienda el uso de geo mantos de membrana sintética para el control de erosión del suelo.
5. La alternativa de solución N°5 Se recomienda realizar un corte en la zanja de coronación a fin de aumentar el factor de seguridad en terreno natural.



## Referencias Bibliográficas

- Brabb. (1989). *Erosion*. Obtenido de Erosion: 184-  
1\_caracterizaciondelosmovimientos%201.pdf
- BRUGG GROUP. (2017).
- Catanzariti, F. (12 de 10 de 2017). *Geostru*. Obtenido de Geostru:  
<https://www.geostru.eu/es/la-mejor-aplicacion-para-el-analisis-de-la-estabilidad-de-taludes/>
- Catanzariti, F. (29 de 05 de 2017). *Geostru*. Obtenido de Geostru:  
<https://www.geostru.eu/es/shop/geotecnia-y-geologia/estabilidad-de-taludes-slope/?clang=all>
- Comunicaciones Venemedia. (2011). *Concepto definición*. Obtenido de  
<https://conceptodefinicion.de/aplicacion/>
- De Matteis, A. F. (08 de 2003). *Fceia*. Obtenido de Fceia:  
<https://www.fceia.unr.edu.ar/geologiaygeotecnia/Estabilidad%20de%20Taludes.pdf>
- Diaz, V. J. (2008). *Repositorio PUCP*. Obtenido de Repositorio PUCP:  
<http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/123456789/7119>
- Everest Sociedad Anónima. (2014). *Tecnología industrial II*.
- GEMMA. (2017).
- Geostru. (2013). *Geostru*. Obtenido de Geostru: <https://docplayer.es/6639219-Index-geostru-software-utility-normativa-slope-content-preface-auto-actualizacion-datos-adicionales-elem-ento-de-refuerzo-tipologias-m-uros.html>

Geostru. (2015). *Geostru*. Obtenido de Geostru:

[http://www.geostru.com/Help\\_Online\\_2015/Slope/ES/index.html?geostru\\_software.htm](http://www.geostru.com/Help_Online_2015/Slope/ES/index.html?geostru_software.htm)

Gutiérrez, V. A. (09 de 2010). *Red Chanka*. Obtenido de Red Chanka:

<http://redchanka.blogspot.com/2010/09/mirador-de-huayhuaca.html>

Hernández, S. R. (2004). *Metodología de la investigación*. La Habana: Felix Varela.

Juárez, B. E. (2004). *Mecánica de suelos*. México: Limusa Noriega y editores.

M, V., & Valdés. (s.f.).

Maslow, A. (1943). *Buenos negocios*. Obtenido de Buenos negocios:

<https://www.buenosnegocios.com/la-piramide-maslow-una-herramienta-multiproposito-n490>

Navarro. (09 de 2008). *Wordpress*. Obtenido de Wordpress:

<https://sjnavarro.files.wordpress.com/2008/09/estabilidad-de-taludes.pdf>

Pérez, P. J., & Merino, M. (2010). *Definicion.de*. Obtenido de Definicion.de:

<https://definicion.de/aplicacion/>

Puente, W. (2001). *RRPPnet*. Obtenido de RRPPnet:

<http://www.rrppnet.com.ar/tecnicasdeinvestigacion.htm>

Real Academia Española, & Asociación de Academias de la Lengua. (2014).

Diccionario de la lengua española. En R. A. Española, *Diccionario de la lengua española*. Madrid: Espasa.

Renfe, P. d. (2007). *RENFE*. Obtenido de RENFE:

[http://www.renfe.com/docs/plan\\_accesibilidad\\_universal.pdf](http://www.renfe.com/docs/plan_accesibilidad_universal.pdf)

Rodríguez, F. (2008). *Repositorio UNSA*. Obtenido de Repositorio UNSA:

<http://repositorio.unsa.edu.pe/bitstream/handle/UNSA/6253/EDMoccrle.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Sabino. (1992).

Sánchez, & Reyes. (2006). *Repositorio UNSA*. Obtenido de Repositorio UNSA:

<http://repositorio.unsa.edu.pe/bitstream/handle/UNSA/5487/ENMcomana.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Sánchez. (2014).

Sánchez, & Reyes. (2006). *Issuu*. Obtenido de Issuu:

[https://issuu.com/luispiedra/docs/sesion\\_12\\_-\\_tipos\\_y\\_m\\_\\_todos\\_de\\_inv](https://issuu.com/luispiedra/docs/sesion_12_-_tipos_y_m__todos_de_inv)

Sobarzo, Villalobos, & King. (2011).

Suarez, D. J. (1998). *Biblioteca UDEP*. Obtenido de Biblioteca UDEP:

[http://www.biblioteca.udep.edu.pe/bibvirudep/tesis/pdf/1\\_644\\_282\\_497\\_5027.pdf](http://www.biblioteca.udep.edu.pe/bibvirudep/tesis/pdf/1_644_282_497_5027.pdf)

Suarez, D. J. (1998). *USAC*. Obtenido de USAC:

<http://desastres.usac.edu.gt/documentos/docgt/pdf/spa/doc0101/doc0101.pdf>

## ANEXOS

**EVALUACIÓN DEL SISTEMA DE BANQUETAS EN TALUD DEL CERRO HUAYHUACA, CON EL PROGRAMA SLOPE GEOSTRU, EN EL DISTRITO DE ANDAHUAYLAS - 2018**

**Objetivo:** Determinar las ventajas de la aplicación del programa SLOPE GEOSTRU, para optar la mejor tecnología de solución y diseño de ingeniería segura, económica y eficaz, para la estabilización del talud, del cerro Huayhuaca, del Distrito de Andahuaylas – 2018.

<b>PROBLEMA</b>	<b>OBJETIVOS</b>	<b>HIPÓTESIS</b>	<b>INDICADORES DIMENSIONES</b>	<b>METODOLOGÍA A</b>
<p><b>GENERAL:</b> ¿Cuáles son las ventajas de la aplicación del programa SLOPE GEOSTRU, para optar la mejor tecnología de solución y diseño de ingeniería segura, económica y eficaz, para la estabilización</p>	<p><b>GENERAL:</b> Determinar las ventajas de la aplicación del programa SLOPE GEOSTRU, para optar la mejor tecnología de solución y diseño de ingeniería segura, económica y eficaz, para la estabilización del talud, del</p>	<p><b>GENERAL:</b> Las ventajas de la aplicación del programa SLOPE GEOSTRU, para optar la mejor tecnología de solución y diseño de ingeniería segura, económica y eficaz, para la estabilización del talud, del</p>	<p><b>Aplicación en roca:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Adaptación</li> <li>• Cuadrícula de anclajes libremente configurable</li> <li>• Alta seguridad en el trabajo</li> <li>• Perforación a través de la malla</li> </ul> <p><b>Aplicación en materiales</b></p>	<p><b>Tipo de investigación:</b> tecnológica</p> <p><b>Nivel de investigación:</b> Descriptivo-explicativo</p>



del talud, del cerro Huayhuaca, del Distrito de Andahuaylas - 2018?	cerro Huayhuaca, del Distrito de Andahuaylas - 2018	cerro Huayhuaca, del Distrito de Andahuaylas - 2018, son altamente significativas.	<p><b>suelto:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Reducida deformación</li> <li>• Conexiones sencillas</li> <li>• Distribución uniforme de las cargas</li> <li>• Revegetación rápida</li> <li>• Cuadrícula de anclajes dimensionable</li> <li>• Diferentes placas de fijación</li> </ul> <p><b>Aplicación en cualquier tipo de terreno entre medias:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Cable en espiral de alambre de acero trenzado de alta resistencia</li> <li>• Alta resistencia a la tracción</li> <li>• Ajuste del anclaje a cualquier terreno</li> </ul>	<p><b>Método de la Investigación:</b> método inductivo</p> <p><b>Diseño de la Investigación:</b> No experimental</p> <p><b>Población:</b> Cerro Huayhuaca o waywaca</p> <p><b>Muestra:</b> 100 m<sup>2</sup> de enmallado</p>
<p><b>ESPECÍFICOS:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• ¿En qué medida los resultados de la aplicación del programa SLOPE GEOSTRU, en el análisis de terrenos rocosos, determina la mejor tecnología de solución y diseño de ingeniería segura, económica y eficaz, para la estabilización del talud, del cerro Huayhuaca, del Distrito de Andahuaylas - 2018?</li> <li>• ¿En qué medida los</li> </ul>	<p><b>ESPECÍFICOS:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Identificar si los resultados de la aplicación del programa SLOPE GEOSTRU, en el análisis de terrenos rocosos, determinan la mejor tecnología de solución y diseño de ingeniería segura, económica y eficaz, para la estabilización del talud, del cerro Huayhuaca, del Distrito de Andahuaylas – 2018.</li> <li>• Identificar si los resultados de la aplicación del programa SLOPE GEOSTRU, en el</li> </ul>	<p><b>ESPECÍFICOS:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Los resultados de la aplicación del programa SLOPE GEOSTRU, en el análisis de terrenos rocosos, si determinan la mejor tecnología de solución y diseño de ingeniería segura, económica y eficaz, para la estabilización del talud, del cerro Huayhuaca, del Distrito de Andahuaylas – 2018.</li> <li>• Los resultados de la aplicación del programa</li> </ul>		

<p>resultados de la aplicación del programa SLOPE GEOSTRU, en el análisis de terrenos sueltos, determina la mejor tecnología de solución y diseño de ingeniería segura, económica y eficaz, para la estabilización del talud, del cerro Huayhuaca, del Distrito de Andahuaylas - 2018?</p>	<p>análisis de terrenos sueltos, determina la mejor tecnología de solución y diseño de ingeniería segura, económica y eficaz, para la estabilización del talud, del cerro Huayhuaca, del Distrito de Andahuaylas - 2018.</p>	<p>SLOPE GEOSTRU, en el análisis de terrenos sueltos, si determina la mejor tecnología de solución y diseño de ingeniería segura, económica y eficaz, para la estabilización del talud, del cerro Huayhuaca, del Distrito de Andahuaylas - 2018.</p>		
--	--	--	--	--



## FOTOGRAFÍAS



Fotografía N<sup>a</sup> 1: Vista lateral del área de estudio cerró Huayhuaca



Fotografía N<sup>a</sup> 2: Vista frontal del área de estudio cerro Huayhuaca



Fotografía Nª 3: Vista de la calicata C-1 extracción de muestra de suelos



Fotografía Nª 4: Vista de la calicata C-1 extracción de muestra de suelos



Fotografía N<sup>o</sup> 5: Cuarteo de la muestra para los diferentes ensayos



Fotografía N<sup>o</sup> 6: Cuarteo de la muestra para los diferentes ensayos



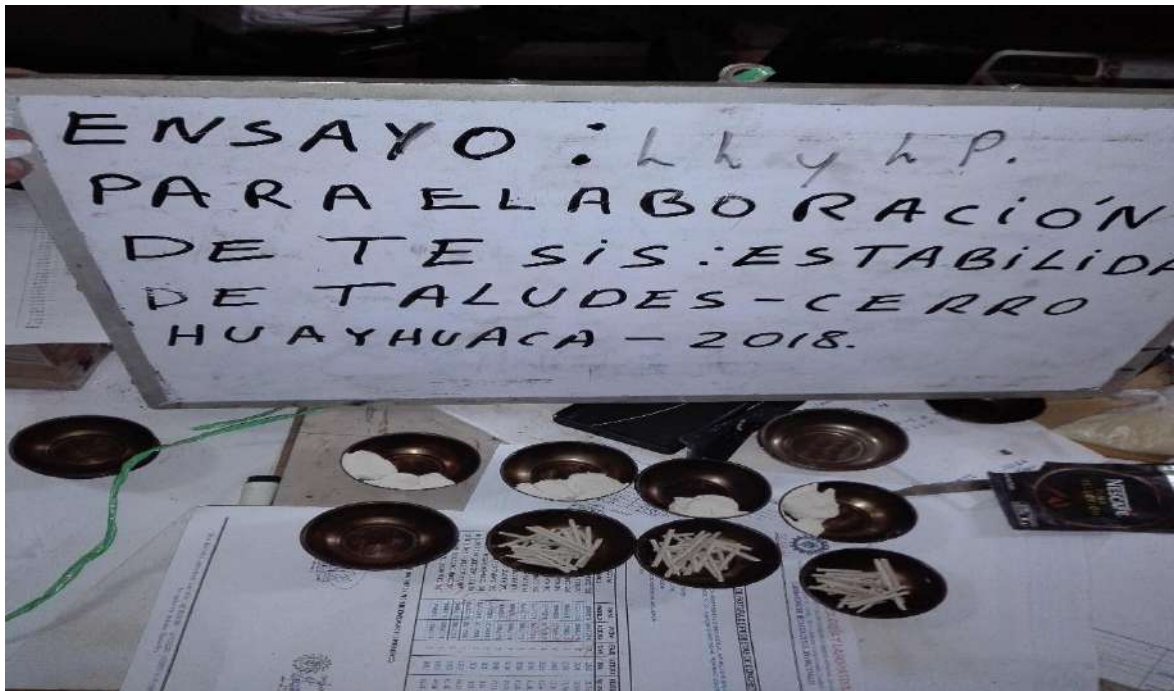
Fotografía N<sup>a</sup> 7: Pesaje de capsulas para ensayo contenido de humedad



Fotografía N<sup>a</sup> 8: peso de la capsula + suelo húmedo ensayo contenido de humedad

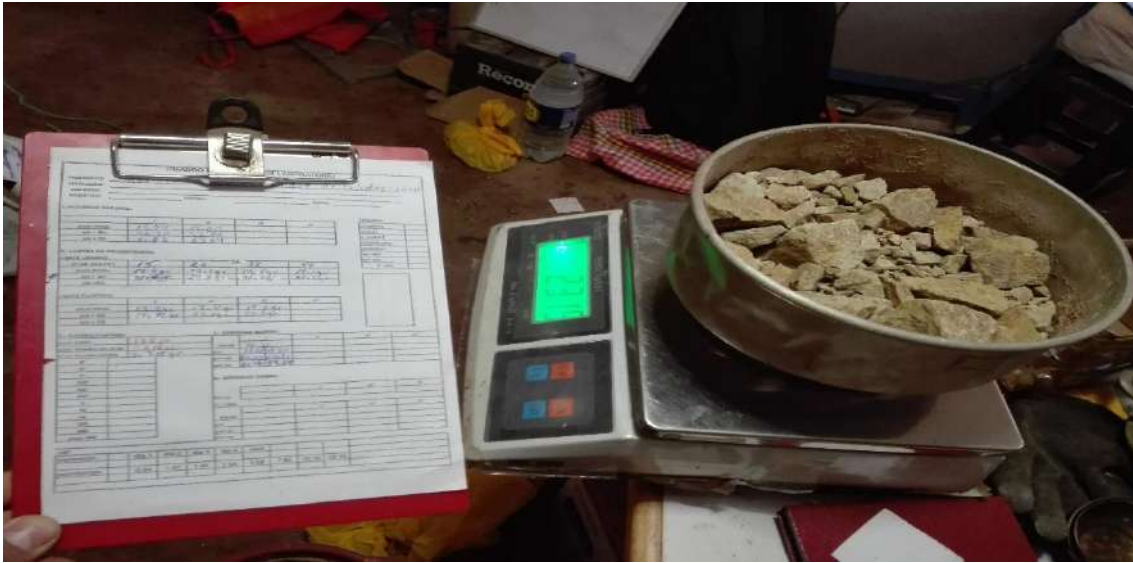


Fotografía Nª 9: vista el ensayo de límites de consistencia “límite plástico”



Fotografía Nª 10: vista el ensayo de límites de consistencia “límite plástico”





Fotografía N<sup>o</sup> 11: vista de la muestra para el ensayo de granulometría



Fotografía N<sup>o</sup> 12: vista el ensayo de granulometría por tamizado



Fotografía N<sup>a</sup> 13: vista el ensayo de peso gravimétrico de los suelos



Fotografía N<sup>a</sup> 14: vista el ensayo de peso gravimétrico de las rocas



Fotografía N° 15: vista del ensayo de resistencia a la compresión de las rocas



Fotografía N° 16: vista del ensayo de resistencia a la compresión de las rocas



Fotografía N<sup>a</sup> 17: vista del ensayo de corte directo



Fotografía N<sup>a</sup> 18: vista del ensayo de corte directo



Fotografía Nª 19: vista del ensayo de (DPL)



Fotografía Nª 20: Vista del ensayo de (DPL)



Fotografía Nª 21: Vista del ensayo de densidad de campo



Fotografía Nª 22: Vista del ensayo de densidad de campo



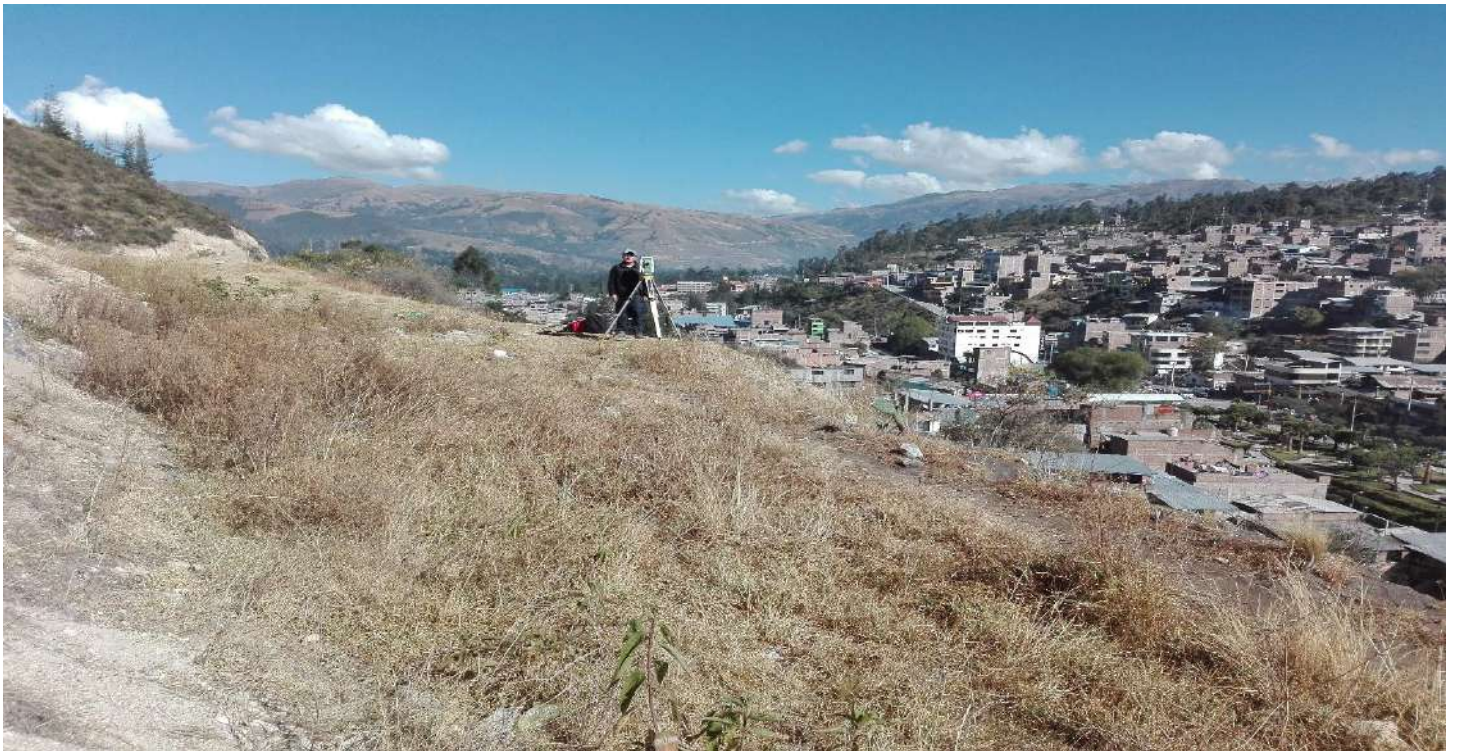
Fotografía N<sup>o</sup> 23: Vista del ensayo de caracterización geo mecánica de las rocas



Fotografía N<sup>o</sup> 24: Vista del ensayo de caracterización geo mecánica de las rocas



Fotografía N<sup>o</sup> 25: Vista del trabajo de levantamiento topográfico



Fotografía N<sup>o</sup> 26: Vista del trabajo de levantamiento topográfico





Fotografía N<sup>o</sup> 27: Vista del ensayo de resistencia a la compresión “esclerometria”



Fotografía N<sup>o</sup> 28: Vista del ensayo de resistencia a la compresión “esclerometria”



Fotografía N° 29: Vista de la malla propuesta como alternativa de solución para estabilidad de taludes



Fotografía N°30: vista de la malla propuesta como alternativa de solución insitu