



**FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL**

**TESIS**

**“DETERMINACION DEL AREA DE RETIRO DE LA  
CABEZA DEL TALUD EN LA APV LA CHOSITA  
MANZANA B DEL DISTRITO DE SAN SEBASTIAN,  
PROVINCIA Y REGION CUSCO”**

**PRESENTADA POR  
HOLGADO VERA, MIRTHA.  
Bachiller en Ingeniería Civil**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE  
INGENIERO CIVIL**

**ASESOR TECNICO:  
ING. AMBROCIO MAMANI CUTIPA**

**ASESOR METODOLÓGICO:  
DR. EDWARS JESUS, AGUIRRE ESPINOZA**

**CUSCO-PERU**

**2019**

## DEDICATORIA

*A mis queridos padres Martin y Mercedes quienes con su amor, paciencia y esfuerzo me han permitido llegar a cumplir hoy un sueño más, gracias por inculcar en mí el ejemplo de esfuerzo y valentía, de no temer las adversidades porque Dios está conmigo siempre.*

*A mis hermanas: Urpi, Estrella y Daniela por su cariño y apoyo incondicional, durante todo este proceso, por estar conmigo en todo momento, gracias.*

*A toda mi familia porque con sus oraciones, consejos y palabras de aliento hicieron de mí una mejor persona y de una u otra forma me acompañan en todos mis sueños y metas.*

*Finalmente quiero dedicar esta tesis a todos mis amigos, por apoyarme cuando más los necesito, por extender su mano en momentos difíciles y por el amor brindado cada día, de verdad mil gracias, siempre los llevo en mi corazón.*

**El autor**

## **AGRADECIMIENTO**

*A mi papá por ayudarme y apoyarme siempre con sus consejos y su ejemplo de perseverancia, rectitud, integridad y ética.*

*A mi madre por ser un ejemplo a seguir de trabajo y colaboración con los demás.*

*A mis hermanas por la paciencia que me han tenido.*

*A mis docentes por compartir conmigo lo que saben y poder transferir sus conocimientos a mi vida.*

*A Dios por permitirme sonreír nuevamente y tener salud para concluir mis metas.*

**El autor**

## RESUMEN

El objetivo principal de la presente tesis fue el de determinar el área de retiro de la cabeza del talud en la APV La Chosita Manzana B del distrito de San Sebastián, provincia y región Cusco. Así mismo, los objetivos específicos fueron: Determinar el estado actual de la estabilidad del talud en la APV La Chosita Manzana B del distrito de San Sebastián, provincia y región Cusco. Por otro lado, establecer la distancia de riesgo desde la cabecera del talud en la APV La Chosita Manzana B del distrito de San Sebastián, provincia y región Cusco.

Con respecto al método, el tipo y nivel de investigación de la presente tesis es descriptiva exploratoria, La población tomada fue el talud en la zona urbana del distrito de San Sebastián, provincia y región del Cusco. Así mismo, la muestra se ha tomado por conveniencia y esta consiste en el talud de la APV La Chosita

De acuerdo con lo desarrollado en la tesis, se tienen los siguientes resultados: se determinó la geometría del talud de estudio. Teniéndose un talud de 25 m de longitud por 45 m de altura, con pendiente promedio de  $63^\circ$ , los parámetros geotécnicos de un estrato del talud de estudio, teniéndose un  $\phi=24.4^\circ$  y una cohesión  $c=0.24 \text{ kg/cm}^2$ . En el área en general se presentan pequeños deslizamientos localizados, teniendo como conclusiones:

El área de retiro de la cabeza del talud en la APV La Chosita Manzana B del distrito de San Sebastián, provincia y región Cusco, es de  $1464.482 \text{ m}^2$

El estado actual de la estabilidad del talud en la APV La Chosita Manzana B del distrito de San Sebastián, provincia y región Cusco, es estable.

La distancia de riesgo desde la cabecera del talud en la APV La Chosita Manzana B del distrito de San Sebastián, provincia y región Cusco.

Sección 1-1 (17.23m)

Sección 2-2 (17.73m)

Sección 3-3 (16.35m)

Sección 4-4 (16.52m)

## ABSTRAC

The main objective of this thesis was to determine the area of withdrawal of the head of the slope in the APV La Chosita Manzana B district of San Sebastian, province and Cusco region. Likewise, the specific objectives were: Determine the current status of the stability of the slope in the APV La Chosita Manzana B of the district of San Sebastián, province and region Cusco. On the other hand, establish the distance of risk from the head of the slope in the APV La Chosita Manzana B of the district of San Sebastian, province and region Cusco.

With respect to the method, the type and level of research of this thesis is exploratory descriptive. The population taken was the slope in the urban area of the district of San Sebastian, province and region of Cusco. Likewise, the sample has been taken for convenience and this consists of the slope of the APV La Chosita

According to what was developed in the thesis, the following results are obtained: the geometry of the study slope was determined. Having a slope of 25 m in length by 45 m in height, with an average slope of 63 °, the geotechnical parameters of a stratum of the study slope, having a  $\phi = 24.4^\circ$  and a cohesion  $c = 0.24 \text{ kg / cm}^2$ . In the area in general, small localized landslides occur, having as conclusions:

The area of withdrawal of the head of the slope in the APV La Chosita Manzana B of the district of San Sebastian, province and region Cusco, is 1464.482 m<sup>2</sup>

The current state of stability of the slope in the APV La Chosita Manzana B of the district of San Sebastián, province and region Cusco, is stable.

The distance of risk from the head of the slope in the APV La Chosita Manzana B of the district of San Sebastián, province and region Cusco.

Section 1-1 (17.23m)

Section 2-2 (17.73m)

Section 3-3 (16.35m)

Section 4-4 (16.52m)

## INTRODUCCION

La presente tesis es una investigación que tiene por objetivo la “DETERMINACION DEL AREA DE RETIRO DE LA CABEZA DEL TALUD EN LA APV LA CHOSITA Manzana B DEL DISTRITO DE SAN SEBASTIAN, PROVINCIA Y REGION CUSCO”.

El resultado del estudio se presenta organizado por capítulos.

El Capítulo I, describe el problema, los objetivos, la delimitación y la justificación e importancia del problema de investigación.

El Capítulo II desarrollo el marco teórico de la investigación, empezando por los antecedentes tanto internacionales como nacionales. Luego, se prosigue con las bases teóricas. Finalmente, en este capítulo se definen los términos básicos.

El Capítulo III explica la metodología empleada para la investigación, detalla la hipótesis y las variables del estudio, así como su población y tipo de muestreo, así como las técnicas e instrumentos de recolección y análisis de datos.

En el Capítulo IV, se hace el respectivo análisis y discusión de los resultados.

Finalmente, se esbozan las principales conclusiones y recomendaciones de la tesis.

## INDICE

DEDICATORIA.....	i
AGRADECIMIENTO .....	ii
RESUMEN .....	iii
ABSTRAC.....	iv
INTRODUCCION .....	v
ÍNDICE DE TABLAS .....	viii
ÍNDICE DE FIGURAS .....	ix
ÍNDICE DE ANEXOS .....	xi
CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DE ESTUDIO.....	1
1.1. DESCRIPCIÓN DE LA REALIDAD PROBLEMÁTICA.....	1
1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....	5
1.2.1. Problema General .....	5
1.2.2. Problemas Específicos.....	5
1.3. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN .....	5
1.3.1. Objetivo general .....	5
1.3.2. Objetivos específicos .....	6
1.4. JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA DEL ESTUDIO.....	6
1.4.1. Originalidad.....	6
1.4.2. Pertinencia .....	6
1.4.3. Relevancia .....	6
1.4.4. Oportunidad .....	7
1.4.5. Factibilidad.....	7
1.5. LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN .....	8
1.5.1. Delimitación espacial.....	8
1.5.2. Delimitación temporal.....	8
1.5.3. Delimitación conceptual .....	8
1.5.4. Delimitación social .....	8
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO .....	9
2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN .....	9
2.1.1. Antecedentes internacionales .....	9
2.1.2. Antecedentes nacionales. ....	10

2.2. BASES TEÓRICAS .....	13
2.3. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS. ....	38
2.4. HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN .....	40
2.4.1.Hipótesis general .....	40
2.4.2.Hipótesis específica .....	40
2.5. VARIABLES .....	41
2.5.1.Definición conceptual de las variables.....	41
2.5.2.Definición operacional de las variables .....	41
2.5.3.Operacionalizacion de las variables .....	41
 CAPÍTULO III: METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACION .....	 42
3.1.DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN .....	42
3.1.1.Tipo y nivel de investigación .....	42
3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA.....	42
3.2.1.Población .....	42
3.2.2.Muestra.....	43
3.3.TÉCNICAS E INSTRUMENTOS PARA LA RECOLECCIÓN DE DATOS..	43
 CAPÍTULO IV: RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	 44
4.1. UBICACIÓN Y ACCESO.....	44
4.2. TOPOGRAFÍA.....	45
4.3. ASPECTOS GEOLÓGICOS.....	56
4.4. ESTRATIFICACIÓN .....	58
4.5. PELIGROS GEOLÓGICOS.....	58
4.6. PELIGRO GEOTÉCNICO .....	60
4.7. PARÁMETROS GEOTÉCNICOS ( $\phi$ , C Y $\psi$ ).....	61
4.8. COHESIÓN Y ÁNGULO DE FRICCIÓN ASUMIDOS PARA LOS ESTRATOS SIN ENSAYOS.....	63
4.9. ENSAYOS DE CONTENIDO DE HUMEDAD EN EL PIE DEL TALUD.....	65
4.10. HIPÓTESIS DEL BEDROCK.....	65
4.11. MODELAMIENTO DEL TALUD.....	65
4.12. DETERMINACIÓN DEL ÁREA DE RETIRO.....	72
 CAPITULO V : CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	 74
Conclusiones .....	74
Recomendaciones .....	76
 BIBLIOGRAFÍA .....	 78



**ÍNDICE DE TABLAS**

Tabla 1: Ángulo de fricción $F_i$ , en suelo seco a húmedo. ....	22
Tabla 2: Valores aproximados del ángulo de fricción interna y cohesión de algunos suelos.....	23
Tabla 3: Método de análisis de estabilidad de taludes. ....	28
Tabla 4: Listado de tablas para el cálculo de la estabilidad de taludes disponibles en la literatura. ....	29
Tabla 5: Coordenadas x, y; y z de los puntos de rellano del talud. ....	47
Tabla 6: Resultados numéricos del ensayo de corte directo.....	62
Tabla 7: Propiedades típicas de suelo y roca. ....	63
Tabla 8: Peso y porosidad de rocas. ....	64
Tabla 9: Relación densidad relativa y ángulo de fricción en suelo sin cohesión.....	64
Tabla 10: Resumen de valores tomados para el estudio. ....	64
Tabla 11: Resumen de valores tomados para el estudio. ....	65
Tabla 12: Distancias de riesgo por sección. ....	72

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Localización del APV Santa Rosa con respecto a la Av. De la Cultura en el Distrito de San Sebastián, Cusco. ....	2
Figura 2: Mapa geológico de San Sebastián .....	3
Figura 3: Vista del deslizamiento. En la esquina superior derecha se aprecia una casa que se encuentra intacta. ....	4
Figura 4: Análisis de taludes en roca. ....	15
Figura 5: Taludes con vegetación. ....	18
Figura 6: Trabazón Mecánica en superficie macroscópica (modificado de Mitchell, 1993). ....	24
Figura 7: Diagrama de los componentes de suelo. ....	24
Figura 8: Peso específico del suelo. ....	25
Figura 9: Vista satelital del lugar de evaluación. ....	44
Figura 10: Zona específica del estudio. ....	45
Figura 11: Nomenclatura para el análisis del talud. ....	46
Figura 12: Colocación de marcar fiduciales para las tomas fotogramétricas. ....	46
Figura 13: Vista de las estaciones fotogramétricas del estudio. ....	47
Figura 14: Modelo digital de elevaciones DEM del talud de estudio. ....	50
Figura 15: Curvas de nivel y manzaneo de la zona de estudio. ....	51
Figura 16: Vista en planta de las secciones elegidas para el análisis. ....	52
Figura 17: Perfil del talud de estudio Sección 1-1. ....	53
Figura 18: Perfil del talud de estudio Sección 2-2. ....	53
Figura 19: Perfil del talud de estudio Sección 3-3. ....	54
Figura 20: Perfil del talud de estudio Sección 4-4. ....	54
Figura 21: Estratigrafía de la zona de estudio. ....	55
Figura 22: Gravas de matriz areno arcillosa que se presentan en la cabecera del talud. ....	56
Figura 23: Se observa el trabajo realizado por las uñas de la retroexcavadora en material arcillo gravoso. ....	57
Figura 24: Vista de las diatomitas en campo. ....	58
Figura 25: Cárcavas producto de la erosión cuyo agente es el agua de lluvia. ....	59
Figura 26: Lugar de obtención de la muestra inalterada. ....	61
Figura 27: Gráfico esfuerzo cortante vs deformación horizontal del ensayo de corte directo. ....	62
Figura 28: Gráfico esfuerzo cortante vs esfuerzo normal del ensayo de corte directo. ....	62

Figura 29: Evaluación de falla general del talud sección 1-1. ....	66
Figura 30: Evaluación de falla localizada en la cabecera del talud sección 1-1. ....	66
Figura 31: Evaluación de falla localizada en el pie del talud sección 1-1. ....	67
Figura 32: Evaluación de falla general del talud sección 2-2. ....	67
Figura 33: Evaluación de falla localizada en la cabecera del talud sección 2-2. ....	68
Figura 34: Evaluación de falla localizada en el pie del talud sección 2-2. ....	68
Figura 35: Evaluación de falla general del talud sección 3-3. ....	69
Figura 36: Evaluación de falla localizada en la cabecera del talud sección 3-3. ....	69
Figura 37: Evaluación de falla localizada en el pie del talud sección 3-3. ....	70
Figura 38: Evaluación de falla general del talud sección 4-4. ....	70
Figura 39: Evaluación de falla localizada en la cabecera del talud sección 4-4. ....	71
Figura 40: Evaluación de falla localizada en el pie del talud sección 4-4. ....	71
Figura 41: Área de retiro del talud La Chosita. ....	73

**ÍNDICE DE ANEXOS**

ANEXO I Informe de los ensayos de mecánica de suelos.....	80
ANEXO II Panel fotográfico de la investigación.....	81
ANEXO III Planos. ....	82

## **CAPÍTULO I**

### **PLANTEAMIENTO DE ESTUDIO**

#### **1.1. DESCRIPCIÓN DE LA REALIDAD PROBLEMÁTICA**

El 3 abril del 2011 a solicitud de la Oficina de Defensa Nacional de Cusco y del Gobierno Regional de Cusco se efectuó la inspección sobre Peligros Geológicos en los sectores de Urubamba (Cusco) y Mesacancha (La Convención).

Aprovechando la presencia de dos profesionales del INGEMMET en la zona, el día 5 de abril del 2011 por la tarde, se realizó una breve inspección al sector de Santa Rosa y Ununchis en donde se comprobó la presencia de movimientos de masas activos.

Se emite el presente informe a pedido de los pobladores del APV Popular Santa Rosa solicitado mediante Carta S/N a las oficinas centrales de INGEMMET.

Localización:

El movimiento en masa tuvo lugar en el APV Popular Santa Rosa (Fig. 1), distrito de San Sebastián, provincia y departamento de Cusco en las coordenadas UTM: S 8502382.38 y E 183702.40.

**Figura 1:** Localización del APV Santa Rosa con respecto a la Av. De la Cultura en el Distrito de San Sebastián, Cusco.



Fuente: Revista INGEMMET.

#### Geología Local:

El APV Popular Santa Rosa se encuentra ubicado sobre depósitos cuaternarios consolidados compuestos principalmente por arcillas y limolitas, con una compactación pobre y muy susceptible a generar movimientos en masas.

En los alrededores, las unidades geológicas que afloran están caracterizada por rocas.

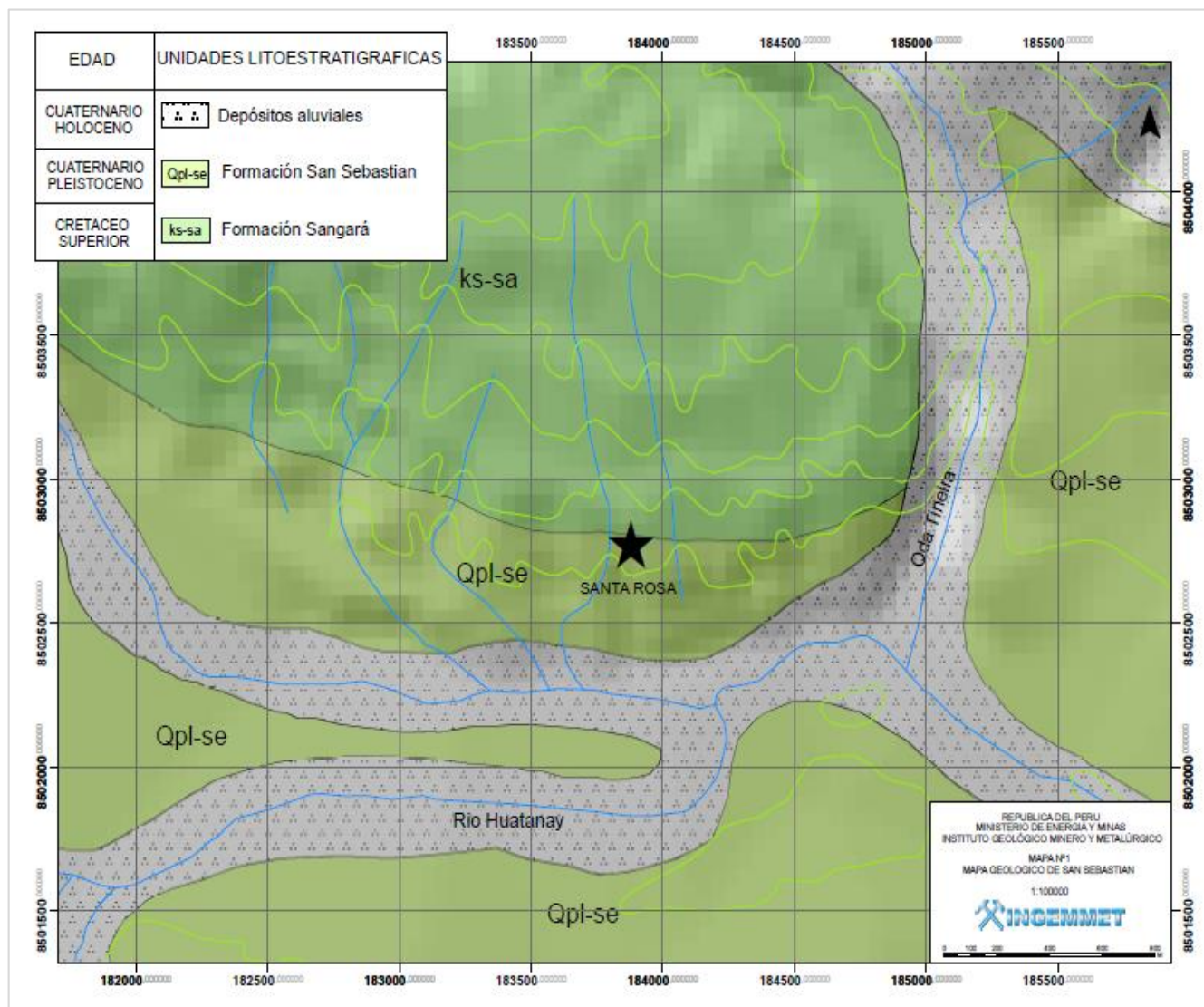
sedimentarias de grano fino que a continuación se detallan (Tomado de Mendivil et al, 1994) (Ver Mapa 1):

**Formación Sangrará (Cretáceo superior)**, aflora al norte de la ciudad de San Sebastián y está constituida por arcillas rojas, limolitas, calizas grises de grano fino y calizas areniscosas de grano fino.

**Formación Lucre (Cretáceo superior)**, aflora al norte del poblado de San Jerónimo, en el cerro Picol y está constituido por areniscas, limonitas y arcillas.

**Formación San Sebastián (Pleistoceno)**, aflora en la ciudad del mismo nombre y está constituida por depósitos de gravas, arenas, limos y arcillitas intercaladas con depósitos de paleo suelos. Localmente muestra niveles de diatomitas

**Figura 2:** Mapa geológico de San Sebastián



Fuente: Revista INGEMMET.

### Geodinámica Local:

El fenómeno ocurrido en el APV Popular Santa Rosa es un deslizamiento rotacional

### El Deslizamiento de Santa Rosa

Al momento de la inspección, se pudo observar el desarrollo de un deslizamiento rotacional de 20 metros de escarpa semi circular y un cuerpo de deslizamiento de 28 metros de largo que destruyó tres viviendas y afectó seriamente dos más. Fig. 3: Vista panorámica de la escarpa del deslizamiento de Santa Rosa. En la parte superior (la escarpa) se aprecia un salto de 2 metros y a escasos metros se encuentra una vivienda intacta, por lo que se interpreta que la deformación que originó el deslizamiento es muy local y superficial

**Figura 3:** Vista del deslizamiento. En la esquina superior derecha se aprecia una casa que se encuentra intacta.



Fuente: Revista INGEMMET..



Según versiones de los pobladores, en Agosto del 2010 se realizó excavaciones para la instalación de una tubería de agua potable en la zona donde se ubica la escarpa del deslizamiento, por ello se interpreta que estas obras posiblemente fueron el detonante del deslizamiento por una mala compactación de terreno al momento de cerrar la zanja donde se colocó la tubería Sin embargo, la tubería de agua potable recorre más de 100 metros y esta es la única zona donde ocurrió un deslizamiento

Otra particularidad es que en la zona de arranque del deslizamiento se encontraba un buzón con sus respectivas tuberías de desagüe, pudiendo también haber sido la causa del origen del deslizamiento por saturación del suelo debido una filtración x una rotura de dichas tuberías.

## **1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.**

### **1.2.1. Problema General**

¿Cuál es el área de retiro de la cabeza del talud en la APV La Chosita Manzana B del distrito de San Sebastián, provincia y región Cusco?

### **1.2.2. Problemas Específicos**

- a. ¿Cuál es el estado actual de la estabilidad del talud en la APV La Chosita Manzana B del distrito de San Sebastián, provincia y región Cusco?
- b. ¿Cuál es la distancia de riesgo desde la cabecera del talud en la APV La Chosita Manzana B del distrito de San Sebastián, provincia y región Cusco?

## **1.3. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN**

### **1.3.1. Objetivo general**

Determinar el área de retiro de la cabeza del talud en la APV La Chosita Manzana B del distrito de San Sebastián, provincia y región Cusco.

### 1.3.2. Objetivos específicos

- a. Determinar el estado actual de la estabilidad del talud en la APV La Chosita Manzana B del distrito de San Sebastián, provincia y región Cusco.
- b. Establecer la distancia de riesgo desde la cabecera del talud en la APV La Chosita Manzana B del distrito de San Sebastián, provincia y región Cusco.

## 1.4. JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA DEL ESTUDIO

### 1.4.1. Originalidad

El trabajo planteado es original, por cuanto que, la municipalidad del cusco y el gobierno regional no han desarrollado ninguna propuesta de este tipo de proyectos sobre la real determinación del área de retiro de la cabeza del talud en la APV La chosita Manzana B del distrito de San Sebastián, provincia y región Cusco.

### 1.4.2. Pertinencia

Se aplica en:

- *Área de Geotecnia.*
- *Área de transportes*
- *Área de estructuras*
- *Área de desarrollo urbano y rural*
- *Área hidráulico*
- *Área socio económico*

### 1.4.3. Relevancia

- En lo teórico

Comprenderá en realizar un diagnóstico que permita identificar los mecanismos y técnicas que se observen en la determinación del área de retiro de la cabeza del talud en la APV La Chosita Manzana B del distrito de San Sebastián, provincia y región Cusco. Se propondrá un modelo

diseño y dimensionamiento de tal manera que contribuya a los profesionales a fortalecer sus conocimientos en este rubro.

— En lo práctico

Desde el punto de vista práctico, la determinación del área de retiro hará que haya un descenso en la pérdida de áreas de construcción, e implementando áreas verdes o de recreo.

— En lo metodológico

Es mostrar el comportamiento geo dinámico del talud y los fenómenos físicos que se presentan frente a este.

Está dedicado al análisis estático de estructuras que componen el talud, este capítulo también contiene el dimensionamiento y estabilización.

Finalmente la última parte trata de la importancia que debe regir para la determinación del área de retiro y la puesta en servicio.

— En lo empresarial

El presente trabajo pretende una mejora en la APV LA CHOSITA, en caso de determinar el área de retiro, y así también la utilización de estos, siendo económicamente rentable y seguro para futuras construcciones, no obstante, esto ayudara a mejorar la calidad de vida de los beneficiarios.

#### **1.4.4. Oportunidad**

Es oportuna esta investigación por cuanto, que los resultados obtenidos serán de vital importancia para mejorar la calidad de vida de la APV La Chosita Manzana B del distrito de San Sebastián, provincia y región Cusco.

#### **1.4.5. Factibilidad**

Es factible este trabajo está bajo la gestión del Ministerio de transportes y comunicaciones y Ministerio del Medio Ambiente y del gobierno regional del cusco, referido a su localización que es la misma

ciudad del cusco y situación en la que se encuentre dicho sector en el campo que la ingeniería pueda intervenir

## **1.5. LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN**

### **1.5.1. Delimitación espacial.**

El ámbito geográfico en el que se va investigar y aplicar los instrumentos de investigación será en la A.P.V LA CHOSITA, Distrito de San Sebastián, Provincia y Departamento del Cusco.

### **1.5.2. Delimitación temporal.**

La información que se utilizará para la investigación será desarrollada y obtenida mediante diversos ensayos y pruebas de suelos llevadas a laboratorio como el corte directo, acumulando un total de 6 meses aproximadamente.

### **1.5.3. Delimitación conceptual**

Está delimitada por:

- *Comportamiento de la mecánica del suelo del cusco*
- *Finalidad y estructura de estabilización del comportamiento de la mecánica del suelo.*

### **1.5.4. Delimitación social**

Esta investigación se circunscribe en el estudio a:

- *Entidades públicas y privadas y todo tipo de usuarios*
- *Empresarios*
- *Trabajadores*
- *Pobladores de la Provincia del Cusco*

## **CAPÍTULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

#### **2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN**

##### **2.1.1. Antecedentes internacionales**

ESTADO DEL ARTE DE LA INGENIERÍA GEOTÉCNICA EN ESTABILIDAD DE TALUDES, LA QUE FUE DESARROLLADA POR YANDRI GUILLERMO RIVERA SISNEROS, PUBLICADA EN EL AÑO 2009 POR LA ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL DE LA UNIVERSIDAD TECNICA PARTICULAR DE LOJA-ECUADOR, LA QUE SE DESARROLLA DE LA SIGUIENTE MANERA:

Esta tesis es una recopilación teórica de los fundamentos geotécnicos y consideraciones constructivas que determinan la aplicabilidad de diferentes alternativas de solución para la estabilización de taludes. Con la investigación del Estado del Arte de la Ingeniería Geotécnica en Estabilidad de Taludes, se podrá detectar y prevenir los posibles problemas en áreas propensas a deslizamientos. Los deslizamientos en taludes ocurren de muchas maneras y existe cierto grado de incertidumbre en su predicción. Sin embargo, conocer los deslizamientos que han ocurrido en la ciudad de

Cariamanga constituye un buen punto de partida para la detección y evaluación de potenciales deslizamientos en el futuro.

Con la presente investigación se tiene un criterio de la mayoría de los deslizamientos que son producidos: A los parámetros de corte del suelo, las fuertes pendientes, por cortes del talud, presencia de nivel freático, deforestación, erosión por escorrentía de agua, los tipos de materiales que afloran en el sitio de deslizamientos y la falta de obras de estabilización. El objetivo principal es conocer y analizar la situación que se encuentra el talud con el fin de poder determinar soluciones para su estabilización, así mismo durante la ejecución de la tesis se tomara en cuenta la monitorización de un talud el cual se encuentra ubicado en la ciudad de Cariamanga, para su respectivo análisis y diseño de una estructura de contención y la estabilización del mismo.

Conclusiones:

- Con la realización de esta investigación se ha llegado a concluir que en nuestro medio el Arte de la ingeniería geotécnica carece de conocimientos para la realización de estructuras poco conocidas, para la estabilización de taludes que ayudan a tener obras muy bien diseñadas y a la vez económicas.
- Al hacer el análisis económico de lo que costaría cada obra se dedujo que la más económica es el método de tierra armada ya que no se utiliza hormigón ni acero de refuerzo para su construcción, en nuestra obra no se la realizó debido a que la pendiente de la parte superior era de gran pendiente y se dificultaba la compactación del material de mejoramiento.

### **2.1.2. Antecedentes nacionales.**

ESTABILIZACIÓN DEL TALUD DE LA COSTA VERDE EN LA ZONA DEL DISTRITO DE BARRANCO, LA QUE FUE DESARROLLADA POR ALAN RAÚL GRANADOS LÓPEZ, PUBLICADA EN EL AÑO 2006 POR LA FACULTAD DE CIENCIAS E

INGENIERIA DE LA PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATOLICA DEL PERU, LA QUE SE DESARROLLA DE LA SIGUIENTE MANERA:

Asume que en la Costa Verde tiene un conocido circuito de playas y autopista de dos carriles que permite el paso rápido ( $V_{prom}=60$  km/h) de vehículos en dirección norte – sur, evitando pasar durante horas punta del tráfico directamente por la ciudad de Lima. Durante los últimos años también está siendo objeto de proyectos inmobiliarios, turísticos y recreacionales, especialmente en la zona del Distrito de Barranco, por lo que se debe empezar a hacer estudios profundos sobre la estabilidad local y global del talud que corre paralelo a esta importante vía, teniendo en cuenta que son comunes los desprendimientos de partículas de grava en condiciones estáticas del talud, resultando un peligro importante para los conductores y peatones.

Para condiciones sísmicas será de gran importancia realizar análisis que estimen el comportamiento del talud (fallas globales) que redunden en graves pérdidas humanas y materiales.

Por tal motivo, la presente Tesis desarrolla el análisis y diseño de ingeniería, así como el presupuesto de una solución para estabilizar, bajo las condiciones críticas de un sismo, un tramo representativo de 560 metros de longitud del talud de la Costa Verde, ubicado en el distrito de Barranco y medidos en la dirección de la vía costanera, aproximadamente entre 'la bajada de los baños' y 'Armendáriz'.

Esta tesis demuestra que el tramo en estudio fallaría en condiciones sísmicas importantes (aceleraciones de suelo mayores a  $0.27g$ ), poniendo en grave peligro vidas humanas y propiedades privadas que recientemente están siendo construidas a 20m del pie del talud, por lo que es necesario proponer soluciones de estabilización del talud de la Costa Verde en las zonas que lo requieran luego de un estudio profundo.

La propuesta corresponde a un movimiento masivo de tierras (reducción de la pendiente y por lo tanto aumento del Factor de Seguridad) para la estabilidad global y posteriormente la utilización de Geo mallas y Geo mantos que ayudarán a la vegetalización de la zona mediante la siembra de césped en semilla sobre una capa de suelo vegetal que será colocado sobre el conglomerado. La teoría y ensayos de campo que se utilizaron para el análisis y diseño de esta propuesta son explicados en los capítulos respectivos.

El presente trabajo también proporciona ratios de costos; deducidos directamente del presupuesto, para poder tener una herramienta útil que permita tomar decisiones en caso las autoridades correspondientes tomen la determinación de realizar proyectos importantes que prevengan las perdidas antes mencionadas.

#### Conclusiones

- Un proyecto de este tipo representaría una obra de envergadura debido a que costaría alrededor de 10 millones de Soles, sin embargo, para el desarrollo de esta tesis se hicieron presunciones que variar, podrían redundar en un abaratamiento de los costos. La presunción más importante fue estimar que el lente de limo es de espesor constante a lo largo de la proyección de planos horizontales, durante la etapa de análisis se demostró que la disminución de este espesor sería proporcional a la disminución del movimiento de tierras por lo que de tomar la decisión de realizar un proyecto de este tipo sería ampliamente justificable la realización de ensayos que revelen el espesor real del lente material fino.
- Este presupuesto demuestra que la partida de mayor incidencia en proyectos de este tipo es la de Movimiento de Tierras, sobre todo en zonas urbanas como Lima debido a que no se puede simplemente cortar y rellenar el material a una distancia corta sino que es necesario mover el material hasta botaderos especiales por lo que de tomar la decisión de realizar un proyecto de este tipo sería justificable la realización de un estudio para la implementación de



botaderos más cercanos a la obra, pudiendo analizar la posibilidad de ampliar artificialmente las playas de Barranco y Miraflores con el material de desecho.

- El costo total para alquiler y operación de equipo pesado es de aproximadamente 3.7 millones de soles, por lo que sería necesario analizar la factibilidad de comprar el equipo, según la obra sea ejecutada directamente por el municipio de Barranco o por licitación pública.

## **2.2. BASES TEÓRICAS**

### **❖ Definición de talud**

Un talud es una superficie inclinada respecto de la horizontal como podemos observar en las estructuras de tierra y roca. Para su análisis es necesario tener estudios de mecánica de suelos, mecánica de rocas y no olvidarse del desempeño de la geología aplicada. En los trabajos dentro de la ingeniería civil el suelo se usa en forma de talud como parte de la obra. Terraplenes y excavaciones en caminos viales a ambos lados, presas de tierra, canales, etc. siendo necesario estudiar la estabilidad de taludes donde los malos cálculos puede hacer fracasar una obra, la mayoría de los accidentes ocasionados por los deslizamientos de un talud tienen resultados catastróficos con pérdidas económicas y humanas. (De Matteis, 2003).

Tenemos taludes naturales (pendientes naturales) conformados por suelos residuales, coluviales y rocas que permanecen en el lugar donde fueron generados productos del intemperismo químico y físico sobre una roca, los taludes naturales son inestables en su mayoría debido a fuerzas gravitacionales y los taludes construidos son el resultado de la intervención del hombre al momento de construir terraplenes, excavaciones, ejecución de cortes, es necesario conocer las propiedades geomecánicas de los materiales y de las condiciones del flujo de agua. (Mendoza Loayza, 2016).

### **❖ Talud en roca**

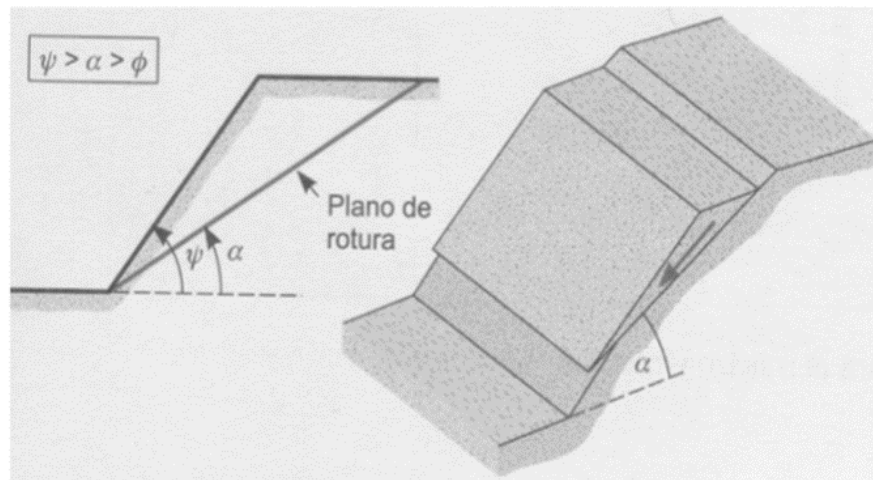
Debido a que la estructura y la composición de las rocas pueden variar dentro de límites muy amplios, la variedad de tipos de comportamiento que

se observan también es muy amplia. Este trabajo se enfoca principalmente a taludes en rocas, tanto blandas como duras, aunque mantener este enfoque puede ser difícil en algunos materiales, en los cuales la distinción entre suelo y roca es imprecisa, particularmente cerca de la superficie.

Es importante señalar que un talud en rocas en la superficie y una excavación en el subsuelo, son dos ambientes claramente distintos, siendo el talud en la superficie generalmente menos seguro. Aunque una persona puede sentirse más expuesta al peligro trabajando en el subsuelo, debido a los peligros que implican el trabajar en un ambiente cerrado, las excavaciones en la superficie tienden a ser menos estables debido a que se tienen esfuerzos bajos, materiales con grados de intemperismo más elevados y a la acción del agua.

La distribución de esfuerzos tangenciales alrededor de una abertura subterránea excavada con extremo cuidado, puede ayudar a mantener en su sitio los bloques del techo y las paredes; sin embargo, poca o ninguna tracción superficial actúa en las caras de los bloques en la superficie, en donde el esfuerzo tangencial es muy pequeño. Por otro lado, la teoría de bloques demuestra que los bloques clave que pueden caer hacia una excavación en la superficie, tienden a ser más grandes que aquellos que pueden caer hacia una excavación subterránea; por lo tanto, un derrumbe local comúnmente tiene mayores dimensiones en la superficie que en el subsuelo.

**Figura 4: Análisis de taludes en roca.**



Fuente: (Taludes, 2018).

Generalmente, una excavación abierta incluye rocas intemperizadas, cuyas resistencias son mucho menores que la de la roca intacta. Algunas rocas blandas continuarán degradándose debido a alteraciones durante la construcción y posteriormente debido a la acción del agua y del clima, particularmente en regiones con climas cálidos y húmedos.

No obstante que las vetas de agua pueden ser interceptadas tanto en la superficie como en el subsuelo, los materiales en la superficie pueden permitir un mayor flujo de agua debido a su mayor porosidad y grado de fracturamiento, a pesar de la menor carga de agua; además, las aguas superficiales forman parte de los problemas que pueden ser causados por las aguas subterráneas.

Tanto en la superficie como en el subsuelo, las presiones hidráulicas en discontinuidades y las presiones de poro en rocas fisuradas, estratos de rocas sedimentarias blandas o en el material poroso de relleno de las fallas (el cual se comporta como suelo) pueden con toda seguridad desestabilizar un macizo rocoso. Durante tormentas, las excavaciones en la superficie también tendrán que enfrentarse a problemas debidos a la pérdida de presión capilar o al ablandamiento de materiales arcillosos que inicialmente se encuentran en un estado no-saturado o disecado. Similarmente, la

erosión, tanto interna como externa de materiales limosos derivados de la meteorización, típicos en suelos residuales, puede llevar a una rápida destrucción del talud.

Debido a que una excavación no debe poner en riesgo la seguridad de instalaciones adyacentes durante un cierto periodo, el ingeniero tiene que estar capacitado para interpretar señales indicadoras de un problema inminente. Algunas de estas señales dependen de la forma de fallamiento que puede experimentar el material del talud. Afortunadamente, la gran mayoría de los problemas con la estabilidad de taludes se manifiestan durante el periodo de construcción y permiten su rectificación con medidas apropiadas, en especial si el modo de falla es identificado correctamente. Sin embargo, después de cierto tiempo se desarrollan otros movimientos, en el que etapas sucesivas dentro de una progresión de eventos, mueven el talud, lenta y ocultamente, hacia el peligro o eventualmente hacia una ruptura total

#### ❖ **Estabilidad de los estratos de suelos en los taludes**

La seguridad de una masa de tierra contra falla o movimiento es lo que se llama estabilidad, y debe considerarse no sólo en el proyecto de estructuras de tierra sino también en la reparación y corrección de las que han fracasado. Los proyectos de los taludes de los cortes abiertos y la sección transversal de los terraplenes, diques y presas de tierra, están basados principalmente en los estudios de estabilidad, a menos que el proyecto sea tan pequeño que se puedan tolerar las fallas ocasionales.

Cuando ocurren los fracasos, ya sean deslizamientos o corrimientos, o hundimientos, es necesario hacer estudios de estabilidad para determinar la causa de la falla y poder indicar su corrección y el mejor método para prevenir dificultades futuras.

En todos aquellos lugares donde el terreno no está nivelado existen fuerzas actuando, las cuales tratan de ocasionar un movimiento del suelo, de los puntos altos a los puntos bajos. La más importante de estas fuerzas

es la componente de la gravedad la que actúa en la dirección del movimiento probable.

Cerca de la superficie de la tierra la resistencia al cortante del suelo variará grandemente durante las diferentes estaciones del año. Algunas superficies del suelo se expanden durante la temporada de lluvias, y durante dicha temporada tendrán mucha menor resistencia que durante la temporada del nivel más bajo o caudal mínimo de un río u otra corriente en época de sequía; las cuales presentarían algunos tipos de grietas en los taludes.

Cerca de la superficie de la tierra y cualquier pendiente de tierra, el suelo está sujeto a varios ciclos de expansión y contracción. Estos ciclos pueden ser causados por variaciones de temperatura, por mojarse y secarse alternadamente, y en climas fríos y por las heladas y deshielo subsecuentes.

Durante la expansión el suelo se eleva en forma opuesta a la fuerza de gravedad. El resultado neto es un movimiento lento en dirección de cuesta abajo.

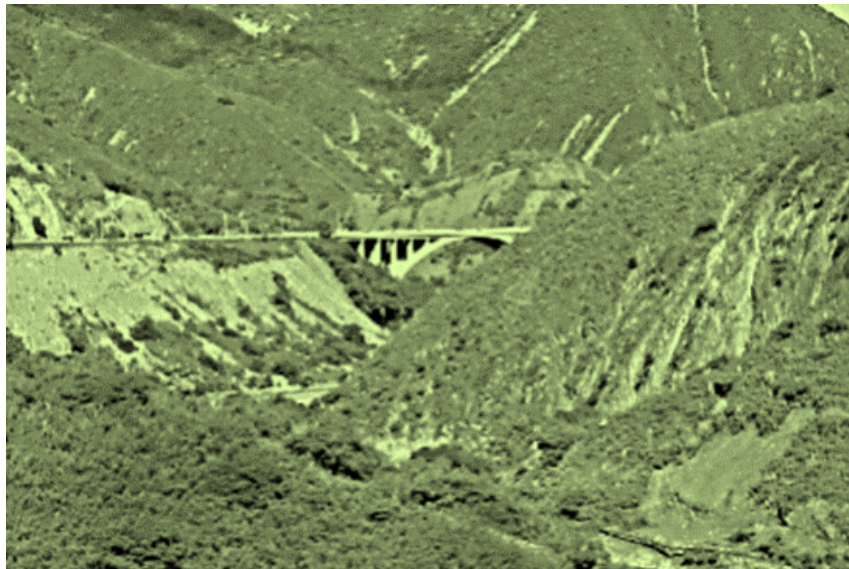
La profundidad de la zona de deslizamiento puede variar desde unos cuantos centímetros hasta algunos metros, dependiendo de las propiedades del suelo y de las condiciones del tiempo. El deslizamiento será más pronunciado cuando se tengan mayores cambios de volumen en dicho suelo, y por esta razón será más notorio en suelos que sean altamente compresibles y que tengan también alta permeabilidad relativa.

El fenómeno conocido como deslizamiento o escurrimiento, por lo general, no involucra la ruptura o falla de la pendiente. Si el deslizamiento es considerado como una falta de estabilidad dependerá grandemente de la definición exacta que se le dé a la palabra estabilidad.

Sobre un talud cubierto con mucha vegetación el deslizamiento será resistido en cierta forma por la tensión de las raíces. La tensión aumentará gradualmente, en algunas veces por años, hasta que una raíz cualquiera falla a la tensión. Si las raíces que la rodean son incapaces de sobrellevar

la carga adicional impuesta sobre ellas, un derrumbe puede ocurrir. Este tipo de derrumbe espontáneo es más común en los países tropicales donde el deslizamiento tiende siempre a ser grande y también donde casi siempre la vegetación es abundante como se muestra en la figura 5.

**Figura 5:** Taludes con vegetación.



Fuente: CONCYT, Conferencia de estabilidad de taludes y laderas, 2001.

#### ❖ **Deslizamiento de la cobertura superficial**

Pérdida de la cobertura de suelos en vertientes donde la pendiente es ligeramente superior al ángulo de fricción del material sobre la roca.

La fase principal de los deslizamientos se expresa en lo siguiente:

- La superficie de falla sigue una dirección preferencial.
- Movimiento de masas de suelo roca y fragmentos.
- La superficie puede ser plana o circular.
- El movimiento puede ser lento o catastrófico.
- Al pie del talud se observan deformaciones.
- Se forman grietas de tracción en la cresta.

Las causas de los deslizamientos pueden ser:

- Rotura de tuberías.
- Disminución de la fricción.
- Aumento de sobrecarga en la cresta de los taludes.
- Vibración por sismos, voladuras, etc.
- Cortes al pie de los taludes y laderas

Existen varios tipos de deslizamientos:

- Planar
- Cuña
- Hundimiento
- Caída de lienzos rocosos
- De compartimentos
- Rotacional
- Deslizamiento de derrubios

#### ❖ **Tipos de fallas de taludes**

- Deslizamientos

Los deslizamientos se definen como el movimiento lento o rápido del material superficial de la corteza terrestre (suelo, arena, roca) pendiente abajo, debido a un aumento de peso, pérdida de la consistencia de los materiales o algún otro factor que genere un desequilibrio en el talud.

- Desprendimientos

Los desprendimientos son fragmentos de roca o suelo que se separan de un talud y caen saltando por el aire en buena parte de su recorrido.

#### ❖ **Factores que influyen en la estabilidad de taludes**

Los derrumbes y deslizamientos de taludes ocurren de muchas maneras y aún persiste cierto grado de incertidumbre en su predictibilidad, rapidez de ocurrencia y área afectada. Sin embargo,

existen ciertos factores que nos ayudan a identificar y reconocer áreas potenciales de fallas, lo cual permite el tratamiento del talud para eliminar o reducir a un mínimo el riesgo de falla.

— Condiciones climáticas

El clima, de acuerdo con las características que presenta, puede favorecer la inestabilidad del subsuelo al aportar una suficiente cantidad de agua. Ello debido a la presión que ejerce el líquido en los poros y fisuras del suelo. Así mismo, las lluvias y la formación de corrientes de agua por la superficie (escorrentía superficial) favorecen los procesos de erosión.

La pluviosidad tiene un efecto primordial en la estabilidad de los taludes ya que influye en la forma, incidencia y magnitud de los deslizamientos.

En suelos residuales, generalmente no saturados, el efecto acumulativo del agua puede llegar a saturar el terreno y activar un deslizamiento. Es por este motivo que se deben diseñar sistemas de drenaje acordes a las características del talud. En nuestro caso no se presentan lluvias de consideración, aunque de todos modos se deberá de diseñar algún sistema de drenaje que evite el ingreso de agua al cuerpo del talud.

— Topografía

Los taludes con pendientes fuertes y desprovistos de vegetación son los que, con más facilidad, sufren deslizamientos. Este no es un factor determinante, ya que, en ocasiones, pendientes de muy pocos grados son suficientes para originarlos, si la roca está muy suelta o hay mucha agua en el subsuelo.

Los deslizamientos más comunes ocurren a lo largo la superficie de contacto de suelos residuales. Esto es debido a que el material meteorizado o suelto no puede mantener la misma pendiente que la antigua superficie del terreno, por ello una fuerte lluvia o un corte al pie del talud pueden activar el deslizamiento de la masa supra



yacente. Este es fundamentalmente el problema que se tiene en este estudio: Un material de relleno que tenderá a deslizarse sobre la antigua superficie del terreno.

#### — Geología

Aporta un número de parámetros importantes para comprender la inestabilidad de las laderas.

#### Litología

Los tipos de rocas y la calidad de los suelos determinan en muchos casos la facilidad con que la superficie se degrada por la acción de los factores externos (intemperismo).

#### Estructuras

Determinan zonas de debilidad (fallas, diaclasas y plegamientos), y la colocación de los materiales en posición favorable a la inestabilidad (estratos).

#### Sismicidad

Las vibraciones provocadas por sismos pueden ser lo suficientemente fuertes como para generar deslizamientos de diversa magnitud, afectando extensas áreas.

#### — Erosión

La erosión puede ser causada por agentes naturales y humanos. Entre los agentes naturales se pueden incluir el agua de escorrentía, aguas subterráneas, olas, corrientes y viento. La erosión por agentes humanos incluye cualquier actividad que permite un incremento de la velocidad del agua, especialmente en taludes sin protección, como la tala de árboles u otro tipo de vegetación que ayuda a fijar el suelo y mejorar la estabilidad del talud.

Esto sucede, cuando la actividad humana se realiza sin una adecuada planificación, especialmente en obras viales (carreteras y puentes) explotación de tajos, desarrollos urbanísticos, rellenos mal

hechos, corte en el perfil natural de laderas, deforestación, prácticas agrícolas deficientes en la conservación de suelos, entre otros. Todo esto promueve procesos de inestabilidad en suelos que en cierta medida son naturalmente vulnerables a esta clase de fenómenos y que tienen graves consecuencias en el futuro

❖ **Definición de las propiedades mecánicas geotécnicas de los suelos.**

— Ángulo de fricción interna de un suelo  $\phi$ .

El ángulo de rozamiento interno o ángulo de fricción es una propiedad de los materiales granulares el cual tiene una interpretación física sencilla, al estar relacionado con el ángulo de reposo o máximo ángulo posible para la pendiente de un conjunto de dicho material granular. En un material granuloso cualquiera, el ángulo de reposo está determinado por la fricción, la cohesión y la forma de las partículas, pero en un material sin cohesión y donde las partículas son muy pequeñas en relación al tamaño del conjunto el ángulo de reposo coincide con el ángulo de rozamiento interno. Es especialmente importante en mecánica de suelos para determinar tanto la capacidad portante como la resistencia al deslizamiento de un terreno arenoso. (Bustabad Rey, 1980).

**Tabla 1:** Ángulo de fricción  $F_i$ , en suelo seco a húmedo.

Material	Suelto	Denso
Arena. Granos redondos y uniformes	27, 5°	34°
Arena. Granos angulares y bien gradada	33°	45°
Cascajo arenoso	35°	50°
Arena limosa	27 – 33°	30 – 34°
Limo inorgánico	27 - 30°	30 – 35°

Valores estimados con Presión efectiva < 5 kg/cm<sup>2</sup> Fuente: Terzaghi y Peck 1980.

Fuente: Geotecnia para ingenieros de Alberto J. Martínez Vargas. (Vol. 1. 1990).

**Cohesión de un suelo (C)**

Se define como la resistencia al corte de un suelo en ausencia de cualquier esfuerzo de compresión actuando sobre éste o en un plano de falla. En suelos

granulares limpios la cohesión nula, pero cuando se presenta en taludes de gravas los ángulos de fricción son demasiado altos sino se considera la cohesión como resistencia al corte inicial.

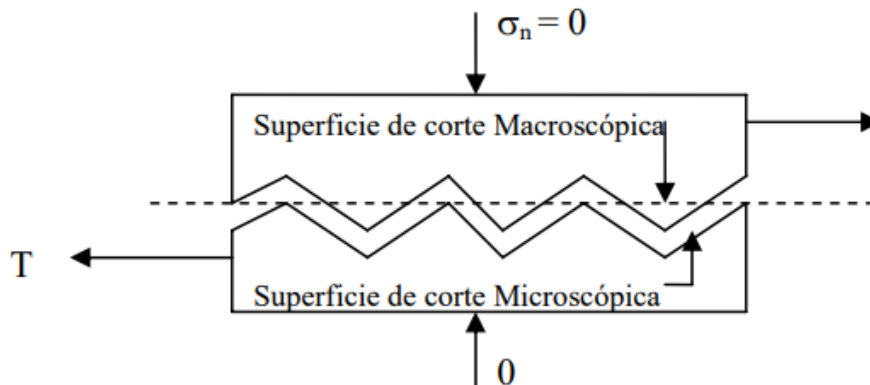
La cohesión aparente o resistencia inicial se interpreta como trabazón mecánica o interlocking de superficies rugosas, la resistencia al corte se produce en ausencia de presión de confinamiento o esfuerzo normal sobre la superficie macroscópica

**Tabla 2:** Valores aproximados del ángulo de fricción interna y cohesión de algunos suelos.

Tipos de suelos		Ángulo de Fricción Interna en grados	Cohesión
Granulares o no Cohesivos	Arena suelta	30	
	Arena de Compacidad media	32.5	
	Arena densa	35	
	Grava	35	
	Grava arenosa heterogénea	35	
	Bloques de piedra escolleras (sin presencia de arena)	35	
Suelos Cohesivos	Arcilla semidura	15	0.25
	Arcillas firmes	16	0.1
	Arcillas Blandas	17	0
	Arcilla arenosa firme	22.5	0.05
	Arcilla arenosa blanda	23.5	0
	Limo firme	24.5	0.02
	Limo blando	25.5	0
	Arcilla orgánica, limo y cieno, no fibroso	10	0
	Turba	15	0

Fuente: UNIVERSIDAD CENTRAL DE LAS VILLAS

**Figura 6: Trabazón Mecánica en superficie macroscópica (modificado de Mitchell, 1993).**

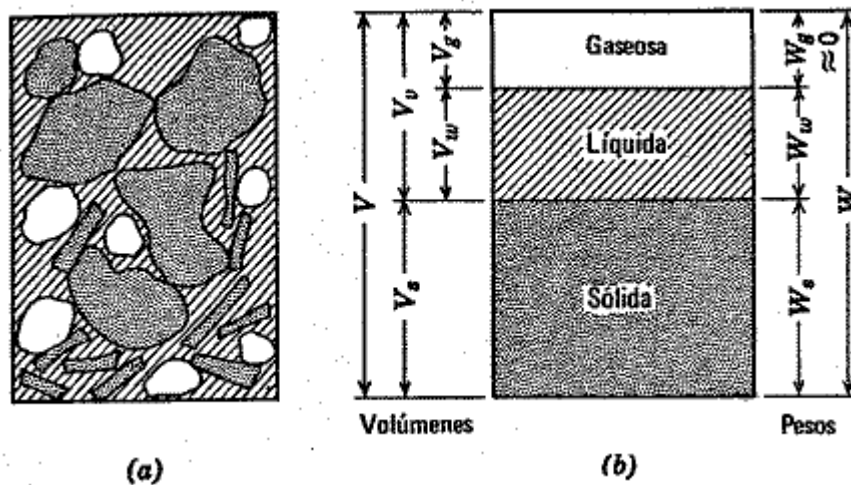


Fuente: De la Hoz Álvarez, 2007

— Peso específico del suelo

Es el peso de suelo incluido el peso del agua por volumen total del suelo.

**Figura 7: Diagrama de los componentes de suelo.**



Fuente: (Ingeosolum, 2018)

$$\gamma = \frac{W_s + W_w}{V_s + V_w + V_g} = \frac{W}{V}$$

Donde

$W$  = peso total del suelo

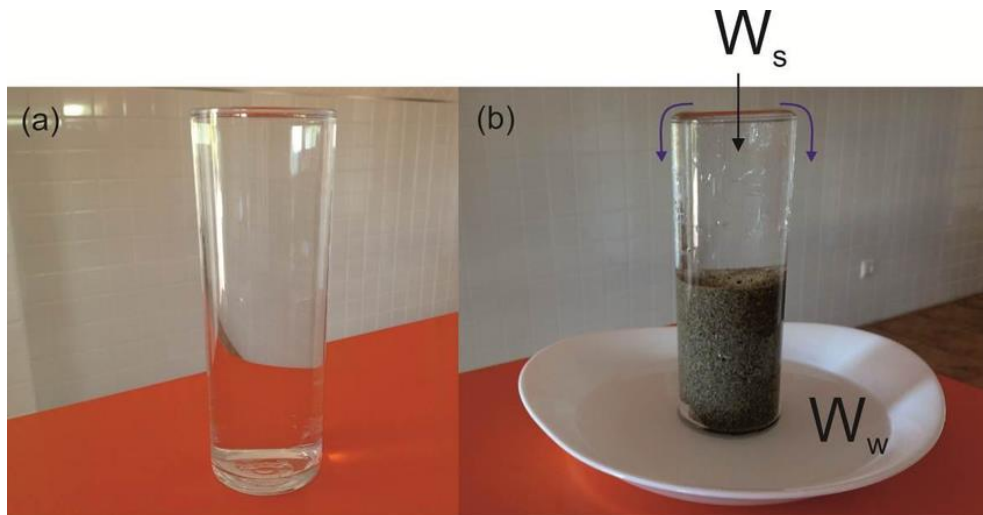
$V$  = volumen total del suelo (Cuñez Uvidia, 2015)

Peso específico es la relación entre el peso y volumen del suelo, es un valor dependiente de la humedad, de los huecos de aire y del peso

específico de las partículas sólidas. Para evitar confusiones, las determinaciones de los ensayos de laboratorio facilitan por un lado el “peso específico seco” y por otro la humedad.

Los valores típicos de gravedades específicas para los sólidos del suelo son entre (a) y (b). En la figura 8 que sigue se observan los componentes de un suelo, con las notaciones sobre sus pesos y volúmenes. (Yepes Piqueras, 2015).

**Figura 8: Peso específico del suelo.**



Fuente: (Experimento casero, 2018)

#### ❖ Esfuerzo cortante en el suelo.

El esfuerzo cortante se define como la relación entre las cargas de valor igual a  $F/2$  y el área a través de la cual se produce el deslizamiento, donde la fuerza es paralela al área, (Dipp Ramos, Fuentes Medina, Cruz Suárez, Terrazas Alvarado, & Collado Solís, 2009). El esfuerzo cortante se calcula como:

$$t = \frac{V}{A}$$

Unidades:

$$t = \frac{P}{A} \quad \frac{Kg}{cm^2} \quad \frac{V}{in^2} : psi \quad \frac{V}{m^2} : Pascal$$

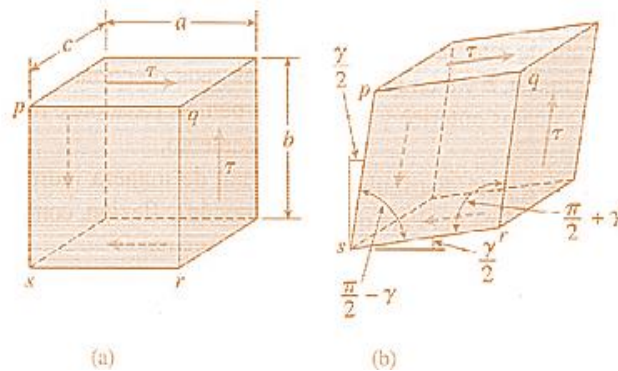
Donde:

$t$ : es el esfuerzo cortante.

$V$ : Es la fuerza que produce el esfuerzo cortante ( $F/2$ ).

$A$ : Es el área sometida a esfuerzo cortante.

Tridimensionalmente:



#### — Tipos de esfuerzo cortante

Esfuerzo cortante horizontal, se desarrolla a lo largo de un elemento estructural que es sometido a cargas transversales que es igual al esfuerzo cortante vertical en ese mismo punto. También se conoce como esfuerzo cortante longitudinal.

Esfuerzo cortante vertical, se desarrolla a lo largo de la sección transversal de un elemento estructural para resistir la cortante transversal.

Esfuerzo cortante de punzonamiento, esfuerzo cortante elevado debido a la reacción de la fuerza que desarrolla un pilar sobre una losa de concreto armado. (Dipp Ramos, Fuentes Medina, Cruz Suárez, Terrazas Alvarado, & Collado Solís, 2009)

#### ❖ Análisis de Estabilidad

El análisis de estabilidad se basa en determinar el factor de seguridad que posee el talud en estudio. Este factor se halla comparando los esfuerzos a los que está sometido el talud y los esfuerzos que éste puede soportar.

Para taludes relativamente homogéneos, la superficie de falla se aproxima a un arco circular, a lo largo del cual las fuerzas de ruptura y resistentes pueden ser analizadas.

### ❖ **Métodos de análisis de estabilidad de taludes**

Existen varios tipos de análisis de la estabilidad de taludes y pueden ser clasificados en tres grandes categorías: Método del equilibrio límite, Análisis límite y método de elementos finitos.

El método más difundido es el del equilibrio límite, el cuál asume la validez del criterio de falla de Coulomb a lo largo de la superficie de falla asumida. Se consideran diagramas de cuerpo libre para hacer actuar las fuerzas asumidas o conocidas. El esfuerzo cortante inducido en la superficie de falla asumida es comparado con el esfuerzo resistente del material. El método de las rebanadas, que considera un análisis de falla rotacional, es la solución más comúnmente utilizada dentro del Método del equilibrio Límite.

Este método se basa en el cálculo del factor de seguridad del talud en estudio sometiendo a comparación la resistencia al corte disponible y el equilibrio de esfuerzos de corte:

$FS = \text{Resistencia al corte disponible} / \text{Equilibrio de esfuerzos de corte}$

El factor de seguridad hallado nos indica lo siguiente:

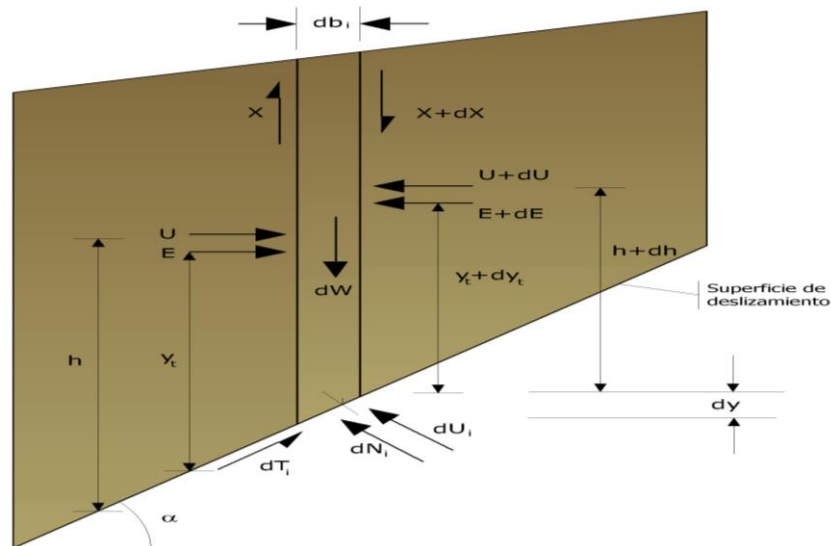
- Si el factor de seguridad es menor a la unidad ( $FS < 1$ ), el talud es inestable o ya colapsado.
- Si el factor de seguridad es mayor a la unidad ( $FS > 1$ ), el talud es estable.
- Si el factor de seguridad es menor a la unidad ( $FS = 1$ ), el talud presenta el riesgo de una falla inminente.
- MÉTODO DE MORGENSTERN Y PRICE (1965)

Se establece una relación entre los componentes de las fuerzas de interconexión de tipo  $X = \lambda f(x)E$ , donde  $\lambda$  es un factor de escala y  $f(x)$  es la función de la posición de E y de X que define una relación entre las variaciones de la fuerza X y de la fuerza E dentro la masa deslizante.

Se llega a una primera ecuación diferencial que une las fuerzas de conexión incógnitas E, X, el coeficiente de seguridad  $F_s$ , el peso de la franja infinitésima  $dW$  y el resultado de las presiones neutras en la base  $dU$ . Se obtiene la llamada “ecuación de las fuerzas”:

$$c' \sec^2 \alpha + \operatorname{tg} \varphi' \left( \frac{dW}{dx} - \frac{dX}{dx} - \operatorname{tg} \alpha \frac{dE}{dx} - \sec \alpha \frac{dU}{dx} \right) =$$

$$= \frac{dE}{dx} - \operatorname{tg} \alpha \left( \frac{dX}{dx} - \frac{dW}{dx} \right)$$



Acciones en la  $i$ -ésima rebanada según las hipótesis de Mongester y Price y representación del conjunto.

**Tabla 3:** Método de análisis de estabilidad de taludes.

Método	Superficies de Falla	Equilibrio	Características
Talud infinito	Rectas	Fuerzas	Bloque delgado con nivel freático, falla paralela a la superficie.
Bloques o cuñas	Cuñas con tramos rectos	Fuerzas	Cuñas simples, dobles o triples, analizando las fuerzas que actúan sobre cada cuña.
Espiral logarítmica (Frohlich, 1953)	Espiral logarítmica	Fuerzas y momentos	Superficie de falla en espiral logarítmica. El radio de la espiral varía con el ángulo de rotación.
Arco circular, Ordinario o de Fellenius (Fellenius 1922)	Circulares	Momentos	Círculo de falla, el cual es analizado como un solo bloque. Se requiere que el suelo sea cohesivo ( $c = 0$ ).
Bishop simplificado (Bishop 1955)	Circulares	Fuerzas	No tiene en cuenta las fuerzas entre dovelas.
Janbú Simplificado (Janbú 1968)	Circulares	Momentos	Asume que todas las fuerzas de cortante, entre dovelas, son cero.
Sueco Modificado. U.S. Army Corps of Engineers (1970)	Cualquier forma	Fuerzas	Asume que no hay fuerza de cortante entre dovelas.
Lowe y Karafiath (1960)	Cualquier forma	Fuerzas	Las fuerzas entre dovelas tienen la misma dirección que la superficie del terreno.
Spencer (1967)	Cualquier forma	Fuerzas	Las fuerzas entre dovelas están inclinadas en un ángulo igual al promedio de la superficie del terreno y las bases de las dovelas.
Morgenstern y Price (1965)	Cualquier forma	Momentos y fuerzas	La inclinación de las fuerzas laterales son las mismas para cada tajada, pero son desconocidas.
Sarma (1973)	Cualquier forma	Momentos y fuerzas	Las fuerzas entre dovelas, sea asume, que varían de acuerdo con una función arbitraria.
	Cualquier forma	Momentos y fuerzas	Utiliza el método de las dovelas en el cálculo de la magnitud de un coeficiente sísmico requerido para producir la falla.

Fuente: (Taludes, 2018).



**Tabla 4:** Listado de tablas para el cálculo de la estabilidad de taludes disponibles en la literatura.

Autor	Parámetros	Inclinación del Talud	Método Analítico Utilizado	Observaciones
Taylor (1966)	$c_u$ $c, \phi$	0-90° 0-90°	$\phi = 0$ Círculo de fricción	Análisis no drenado. Taludes secos solamente.
Bishop y Morgenstern (1960)	$c, \phi, r_u$	11-26.5°	Bishop	Primero en incluir efectos del agua.
Gibsson y Morgenstern	$c_u$	0-90°	$\phi = 0$	Análisis no drenado con cero resistencia en la superficie y $c_u$ aumenta linealmente con la profundidad.
Spencer (1967)	$c, \phi, r_u$	0-34°	Spencer	Círculos de pie solamente.
Janbú (1968)	$c_u$ $c, \phi, r_u$	0-90°	$\phi = 0$ Janbú GPS	Una serie de tablas para diferentes efectos de movimiento de agua y grietas de tensión.
Hunter y Schuster (1968)	$c_u$	0-90°	$\phi = 0$	Análisis no drenado con una resistencia inicial en la superficie y $c_u$ aumenta linealmente con la profundidad.
Chen y Giger (1971)	$c, \phi$	20-90°	Análisis límite	
O'Connor y Mitchell (1977)	$c, \phi, r_u$	11-26°	Bishop	Bishop y Morgenstern (1960) extendido para incluir $N_c = 0.1$
Hoek y Bray (1977)	$c, \phi$ $c, \phi$	0-90° 0-90°	Círculo de fricción Cuña	Incluye agua subterránea y grietas de tensión.
Cousins (1978)	$c, \phi$	0-45°	Círculo de fricción	Análisis de bloque en tres dimensiones. Extensión del método de Taylor (1966).
Charles y Soares (1984)	$\phi$	26-63°	Bishop	Envolvente de falla no lineal de Mohr-Coulomb.
Barnes (1991)	$c, \phi, r_u$	11-63°	Bishop	Extensión de Bishop y Morgenstern (1960) para un rango mayor de ángulos del talud.

Fuente: (Taludes, 2018).

#### ❖ Definición de factor de seguridad de un talud

Sirve para conocer cuál es el factor de amenaza para que el talud falle en las peores condiciones de comportamiento para el cual se diseña.

Fellenius (1922), presentó el factor de seguridad como la relación entre la resistencia al corte real, calculada del material en el talud y los esfuerzos de corte críticos que tratan de producir la falla, a lo largo de una superficie supuesta de posible falla:

$$F.S. = \frac{\text{Resistencia al cortante disponible}}{\text{Esfuerzo al cortante actuante}}$$

En las superficies circulares donde existe un centro de giro y momentos resistentes y actuantes:

$$F.S. = \frac{\text{Momento resistente disponible}}{\text{Momento actuante}}$$

Otros sistemas para plantear el factor de seguridad son la relación de altura crítica y altura real del talud, método probabilístico, así como las tablas empíricas locales basadas en el comportamiento típico de los taludes.

Otro criterio es dividir el bloque a estudiar en una serie de dovelas, tajadas o bloques considerando el equilibrio de cada dovela por separado. Finalmente se analizan las condiciones de equilibrio de la sumatoria de fuerzas o de momentos. (Corrales Castaño, 2013)

$$F.S. = \frac{\sum \text{Resistencia al cortante disponible}}{\sum \text{Esfuerzo al cortante actuante}}$$

$$F.S. = \frac{\sum \text{Momento resistente disponible}}{\sum \text{Momento actuante}}$$

Es la relación de la resistencia movilizada o resistencia actuante de una estructura para resistir cargas; “la resistencia real debe ser mayor”. (Gutierrez Tovar, 2016).

#### ❖ **Métodos de solución de inestabilidad de taludes**

##### — Descarga.

Es una técnica para reducir las fuerzas actuantes dentro de una masa deslizando. El tipo más común de descarga es la excavación de la parte superior del talud. En el caso de la construcción de un terraplén convencional puede conducir a la inestabilidad del talud, se pueden usar materiales de relleno livianos para disminuir las fuerzas que actúan sobre el terraplén. Estos dos métodos se discuten en mayor detalle a continuación:

##### **Excavación.**

La excavación es un método común para aumentar la estabilidad del talud al reducir las fuerzas actuantes que contribuyen a los movimientos. Esto puede incluir

- Eliminación del peso de la parte superior del talud (también llamada remoción de la cabecera del talud)

- Eliminación de todos los materiales inestables o potencialmente inestables.
- Abatimiento de taludes.
- Banquetas.

Algunas desventajas asociadas con la excavación son los costos relacionados con la accesibilidad (ya que el talud generalmente debe ser excavado desde arriba hacia abajo), implementando y manteniendo medidas de seguridad para la protección de los trabajadores y el equipo, eliminación de los materiales excavados a menos que puedan ser utilizados para la construcción local y adquisición de los derechos de vía que puede plantear problemas económicos y legales. La principal ventaja de la excavación es su bajo costo.

- Remoción de la cabecera del talud

Con este método, se toman cantidades relativamente grandes de material de la cabecera del talud. En la práctica, este método generalmente se aplica a fallas existentes. La eliminación del suelo de la cabecera del talud de tierra reduce las fuerzas actuantes y tiende a equilibrar la falla. Esto generalmente conduce a soluciones bastante permanentes siempre que el drenaje de la excavación reciba una atención cuidadosa.

- Eliminación total de todos los materiales inestables o potencialmente inestables.

Existen limitaciones prácticas basadas en la eliminación completa de un talud en función del volumen de la masa en movimiento y la disponibilidad de espacio. En la mayoría de los casos, la ubicación de otras estructuras y límites de propiedad existentes impiden el uso de este método. El efecto de la excavación en el drenaje del área también debe ser considerado.

- Abatimiento de taludes

El abatimiento de taludes es uno de los métodos más aplicados y económicos para mejorar la estabilidad de taludes. A menudo, es la primera

opción que debe considerarse al estabilizar una pendiente. Como con todos los métodos, no es universal y su efectividad puede variar de un caso a otro.

— Contrafuerte

El contrafuerte es una técnica utilizada para compensar o contrarrestar las fuerzas actuantes en un talud mediante un sistema de fuerzas, aplicado externamente, que aumenta las fuerzas resistentes. Los contrafuertes pueden consistir en

— Suelo y relleno de roca

— Contrafuertes

— Llave de corte

— Terraplenes estabilizados mecánicamente.

— Neumáticos reciclados.

— Suelo y relleno de roca.

El relleno de suelo y roca se usa para proporcionar suficiente peso muerto cerca del pie de una pendiente inestable para evitar el movimiento. Donde hay recursos disponibles y donde el suelo y el relleno de roca se pueden encontrar localmente, este método es la manera más práctica de detener más movimientos de una pendiente inestable.

— Contrafuertes

Se utiliza para proporcionar peso en el pie de un talud y para aumentar la fuerza de cizalla debajo del talud. Esto es particularmente útil para terraplenes sobre suelos blandos donde el suelo del pie del talud puede moverse hacia arriba y formar un abultamiento. Al ubicar un contrafuerte donde se espera que ocurra un abultamiento, también aumenta la resistencia contra el deslizamiento. El contrafuerte debe diseñarse cuidadosamente para utilizar el peso de la manera más efectiva y para garantizar que sea estable por sí mismo. A menos que se realice una investigación cuidadosa y un análisis exhaustivo, existe el peligro de que la carga adicional impuesta por el contrafuerte pueda aumentar la fuerza motriz en lugar de proporcionar una resistencia adicional contra el deslizamiento.

— Llave de corte

Son utilizados para proporcionar una resistencia adicional a los contrafuertes rocosos y de suelo. El objetivo principal de una llave de corte es forzar el círculo de deslizamiento crítico más profundo en una formación subyacente más fuerte, lo que aumenta la resistencia a lo largo de la superficie de deslizamiento (Figura 4). Este método se vuelve muy práctico y rentable si la formación más fuerte está solo a unos pocos pies por debajo de los suelos blandos que la cubren. La construcción de una llave de corte requiere la excavación de una zanja al pie del talud. En tales circunstancias, se debe tener cuidado de no minar aún más el pie del talud. Esto se puede hacer mediante un diseño cuidadoso de un sistema de apuntalamiento para la zanja y mediante la excavación de secciones pequeñas al mismo tiempo.

— Terraplenes estabilizados mecánicamente.

Implican el uso de suelos como relleno y tablestacas metálicas, mallas de refuerzo geosintético para formar un peso capaz de soportar o retener grandes cargas impuestas (Figura 5). La superficie de contacto es vertical o inclinada, y el material de relleno generalmente está confinado detrás del metal, concreto armado o revestimiento de concreto lanzado.

— Drenaje

De todas las técnicas de estabilización consideradas para la corrección o prevención de derrumbes, el drenaje es el más importante. El drenaje reduce las fuerzas desestabilizadoras hidrostáticas y de infiltración en una pendiente, así como el riesgo de erosión y tuberías. A continuación, se analizan diversas técnicas de drenaje.

### **Drenaje superficial**

El drenaje superficial planificado cuidadosamente es esencial para el tratamiento de cualquier deslizamiento. Se deben hacer todos los esfuerzos posibles para garantizar que la escorrentía superficial se arrastre y no se filtre hacia abajo de la pendiente. Tales consideraciones siempre deben hacerse y son extremadamente importantes cuando se evalúa una falla. Las medidas

correctivas temporales generalmente consideradas después de un derrumbe incluyen.

### **Parámetros de captación**

Los parámetros de captación a considerar en el diseño de sistemas de drenaje incluyen.

Área y forma de la zona de influencia.

Intensidad de la lluvia.

Pendiente y longitud de la pendiente que se drena.

Condición de la superficie del suelo y naturaleza de los suelos sub superficiales.

Naturaleza y extensión de la vegetación.

Estos parámetros son específicos del sitio y no pueden generalizarse.

### **Redireccionamiento de la escorrentía superficial**

Cuando se descubre que la escorrentía superficial es la causa de un deslizamiento de tierra o una zona potencialmente inestable, debe redirigirse para garantizar que la estabilidad de la pendiente no empeore aún más. El redireccionamiento de la escorrentía superficial comúnmente es la primera respuesta a una falla inducida por la lluvia. El diseño del sistema de drenaje corrector debe considerar los patrones naturales de drenaje.

#### — Drenaje subsuperficial

Contra fallas en cualquier superficie de deslizamiento potencial que pasa por debajo de la superficie freática puede mejorarse mediante el drenaje subsuperficial. Los métodos que se pueden usar para lograr el drenaje subsuperficial son:

- Mantas de drenaje
- Trincheras
- Desagües de corte
- Drenajes horizontales
- Drenajes de disipación

- Túneles de drenaje
- Mantas de drenaje.

Cuando hay una capa delgada (no más de 10 pies) de suelo saturado de baja calidad a poca profundidad (no más profundo que 15 pies debajo de un terraplén propuesto), y cuando hay materiales de mejor calidad debajo de esa capa, puede ser práctico eliminar la capa de baja calidad y reemplazarla por un relleno de suelo que drene bien (Figura 6). La parte inferior de la excavación debe cubrirse con una capa de tela filtrante que envuelva una capa de piedra de 6 a 24 pulgadas de espesor con una tubería perforada incrustada para capturar el flujo. Para evitar el bloqueo de agujeros por la vegetación, los primeros 5 pies del extremo de salida de la tubería perforada no deben perforarse. Para minimizar la erosión de la superficie, se debe instalar una zanja de drenaje para transportar el flujo de agua desde la salida de la tubería a un punto de descarga adecuado.

- Trincheras

Las zanjas profundas deben construirse cuando el agua sub superficial o el suelo se encuentran a profundidades tan grandes que la remoción de los suelos no es factible. Por lo general, las zanjas se excavan en las laderas laterales más inclinadas durante el período de construcción. El apuntalamiento puede ser requerido. Cualquier zanja excavada debe extenderse debajo de la capa de agua. El número de trincheras necesarias depende de la hidrogeología y la geomorfología del sitio. Si la pendiente está en una depresión natural, una zanja normal a la línea central del sitio puede ser suficiente.

- Desagües de corte

En un sitio donde se encuentran aguas subterráneas poco profundas, se pueden usar drenajes de corte para interceptar el flujo de agua subterránea Figura 6. Se usa una membrana impermeable como un corte descendente al drenaje, y la zona superior de la zanja se rellena con material impermeable. La escorrentía de las laderas superiores se capta en canales

de drenaje. El material de drenaje libre utilizado para rellenar las zanjas debe estar diseñado para cumplir con los criterios de filtro estándar. El tamaño de las perforaciones en las tuberías debe ser compatible con el tamaño de grano del material del filtro de relleno.

— Drenajes horizontales

Los drenes horizontales se pueden usar donde la profundidad del agua subterránea subsuperficial es tan grande que el costo de remover o colocar zanjas de drenaje es altísimo. Los drenajes horizontales deben diseñarse específicamente para reducir las presiones de filtración en pendientes y evitar fallas. (Figura 7).

— Drenajes de disipación

La función principal es disminuir las presiones de agua en capas que se encuentran en el subsuelo, capas a las que no se puede acceder mediante métodos de desagües horizontales debido al costo o dificultades de construcción. Los drenajes de disipación son agujeros verticales con un diámetro de aproximadamente 16 a 24 pulgadas. Se coloca una tubería perforada con un diámetro de 4 a 8 pulgadas dentro del agujero. El espacio anular entre el pozo y la tubería debe llenarse con material de filtro. Se requiere un sistema de eliminación de agua que use una bomba sumergible o canales de bombeo y descarga de superficie para eliminar el agua de los pozos.

— Túneles de drenaje

También llamado galería de drenaje, puede ser considerada cuando un corte de talud es tan grande que se requiere un número sustancial de drenes horizontales, cuando el agua subterránea está a una profundidad tal que es imposible llegar por métodos de excavaciones a tajo abierto, o cuando la topografía hace que los drenajes horizontales sean poco prácticos

Los túneles son efectivos para corregir zonas inestables de grandes proporciones, pero tienen costos de construcción relativamente altos.



## — Refuerzos

### **Pernos de anclaje**

Es un método de refuerzo in situ que utiliza inclusiones pasivas que se desplazan si se produce movimiento. Se puede usar para retener las excavaciones y estabilizar pendientes mediante la creación in situ de estructuras de retención de suelo reforzadas.

### **Columnas de piedra**

Se pueden usar para estabilizar o prevenir los deslizamientos (Aboshi et al., 1979; Goughnour et al., 1990). Esta técnica de mejora del suelo aumenta la resistencia media al corte a lo largo de una posible superficie de deslizamiento al reemplazar o desplazar el suelo in situ con una serie de columnas de piedra compactadas de gran diámetro y poco espaciadas. Además, las columnas de piedra también funcionan como desagües de grava eficientes al proporcionar un camino para reducir las presiones de agua intersticial, lo que aumenta la resistencia de los suelos arcillosos circundantes.

### **Micropilotes reticulados**

Se desarrollaron en Italia y se utilizan para crear un bloque rígido de suelo reforzado a una profundidad por debajo de la superficie de falla. Los pilotes usados son similares a los sistemas de pernos de anclaje. La principal diferencia es que el comportamiento de los micropilotes está influenciado significativamente por su disposición geométrica.

### **❖ Habilitación Urbana.**

El proceso de convertir un terreno rústico o eriazo en urbano, mediante la ejecución de obras de accesibilidad, de distribución de agua y recolección de desagüe, de distribución de energía e iluminación pública, pistas y veredas. Adicionalmente, el terreno podrá contar con redes para la distribución de gas y redes de comunicaciones. El proceso de habilitación urbana requiere efectuar aportes gratuitos para fines de recreación pública, que son áreas de uso público irrestricto; así como para servicios públicos complementarios, que son áreas edificables que constituyen bienes de

dominio público del Estado. Los propietarios y/o promotores de las habilitaciones urbanas deberán efectuar, a título gratuito, aportes obligatorios para recreación pública, servicios públicos complementarios y de educación, y otros fines, en lotes regulares edificables, los que se inscribirán en el Registro de Predios. El área del aporte se calcula como porcentaje del área bruta deducida de la cesión para vías expresas, arteriales y colectoras, así como de las reservas para obras de carácter regional o provincial. Los aportes para cada entidad se ubicarán de manera concentrada, siendo el área mínima la siguiente: Para recreación pública 800 m<sup>2</sup>. Ministerio de Educación Lote normativo Otros fines Lote normativo Parques zonales Lote normativo Los aportes para recreación pública, establecidos en el Reglamento Nacional de Edificaciones, no podrán disminuirse ni redimirse en dinero.

❖ **Ley N° 28687,**

Título I FORMALIZACIÓN DE LA PROPIEDAD INFORMAL DE TERRENOS OCUPADOS POR POSESIONES INFORMALES, CENTROS URBANOS INFORMALES Y URBANIZACIONES POPULARES. Artículo 3°.- Ámbito de aplicación. Item 3.2 Sub ítem 3.2.4 indica que: Los ubicados en zonas de riesgo, previa comprobación del mismo por el Instituto Nacional de Defensa Civil u otros organismos competentes.

### 2.3. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS.

Todos los términos citados a continuación se han obtenido del libro: "A Geology for Engineers" de los autores Blyth y Freitas:

- **Angularidad.-** Medida de la agudeza de los vértices de las partículas. Tiene gran influencia en el comportamiento de éstas porque las hace resistir el deslizamiento.
- **Ángulo de fricción.-** Valor de convenio introducido para simplificar, se considera una constante aunque no lo es.
- **Buzamiento.-** Ángulo máximo de inclinación de roca anguloso, unido con lava u otros cementos naturales.
- **Cohesión.-** Fuerza que une las moléculas de un cuerpo.
- **Compacidad.-** Calidad de compactación de las arenas.

- **Coluvial.-** Depósito acumulado al pie de un talud y como consecuencia de la acción erosiva del agua.
- **Consolidados.-** Materiales que forman roca firme y coherente.
- **Deposición.-** Proceso por el cual los materiales al perder velocidad llegan a detenerse o depositarse.
- **Detritos.-** Suelo superficial y roca fragmentada que contiene una gran cantidad de material grueso (partículas mayores que 2mm.).
- **Diaclasas.-** Quiebre o fractura de origen geológico que rompe con la continuidad de una roca, a lo largo de la cual no ha habido desplazamiento visible.
- **Dunas.-** Montañas de Arena.
- **Esquistosidad.-** Propiedad que presenta una roca cuando aparece constituida en capas u hojas paralelas.
- **Estabilización.-** Estabilidad es la cualidad de estable (que mantiene el equilibrio, no cambia o permanece en el mismo lugar durante mucho tiempo). El término procede del latín *stabilītas*.
- **Estratigrafía.-** Parte de la geología que estudia las rocas que forman estratos o capas sobrepuestas.
- **Estiaje.-** Nivel más bajo o caudal mínimo de un río u otra corriente en época de sequía.
- **Extrusivas.-** Acción de aflorar el magma a la superficie terrestre.
- **Feldespatos.-** Silicato de aluminio, potasio, calcio, sodio y bario.
- **Habilitación Urbana.-** El proceso de convertir un terreno rústico o eriazado en urbano, mediante la ejecución de obras de accesibilidad, de distribución de agua y recolección de desagüe, de distribución de energía e iluminación pública.
- **INDECI.-** Instituto Nacional de Defensa Civil
- **In situ.-** En el mismo sitio.
- **Granito.-** Roca granular, cristalina compuesta de feldespato, cuarzo y mica.
- **Lixiviación.-** Acción de separar por medio del agua dos capas de suelo.
- **Macizo rocoso.-** Constituido por bloques de forma irregular cuyas propiedades varían no solo de una clase de roca a otra, sino también de un punto a otro.

- **Nivel freático.-** Capa del subsuelo que contiene agua.
- **Obsecuente.-** Curso del agua que escarpa a su red de drenaje primitiva.
- **Roca meteorizada.-** Roca expuesta a la influencia de los fenómenos meteorizados.
- **Ródanos.-** Montañas de roca.
- **Rumbo.-** Es la dirección de la línea de intersección entre un punto horizontal y la superficie considerada.
- **Socavones.-** Galerías subterráneas que se hacen con el objeto de observar directamente las discontinuidades existentes.
- **Soliflucción.-** Corrimiento de material en una ladera, debido a que estas son blandas y poco coherentes, además saturadas de agua.
- **Talud.-** Se entiende por talud a cualquier superficie inclinada respecto de la horizontal que hayan de adoptar permanentemente las estructuras de tierra. No hay duda que el talud constituye una estructura compleja de analizar debido a que en su estudio coinciden los problemas de mecánica de suelos y de mecánica de rocas, sin olvidar el papel básico que la geología aplicada desempeña en la formulación de cualquier criterio aceptable.

## 2.4. HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN

Las hipótesis de la presente investigación son:

### 2.4.1. Hipótesis general

La determinación del área de retiro de la cabeza del talud influye significativamente en la APV La Chosita Manzana B del distrito de San Sebastián, provincia y región Cusco

### 2.4.2. Hipótesis específica

- a. La determinación del estado actual de la estabilidad del talud alerta sobre el riesgo a la APV La Chosita Manzana B del distrito de San Sebastián, provincia y región Cusco.
- b. La determinación de la distancia de riesgo desde la cabecera del talud previene accidentes y pérdidas humanas en la APV La chosita Manzana B del distrito de San Sebastián, provincia y región Cusco

## 2.5. VARIABLES

### 2.5.1. Definición conceptual de las variables

Se denomina área de retiro a todas aquellas áreas que se encuentran expuestas a eventos naturales o antrópicos, que pueden afectar los diversos usos del lugar.

Un talud es una superficie inclinada respecto de la horizontal como podemos observar en las estructuras de tierra y roca.

### 2.5.2. Definición operacional de las variables

Se refiere a las zonas vulnerables, pueden ser si se sitúan en un lugares de movimiento en las placas tectónicas. En sentido estricto, todas las áreas del planeta son vulnerables, es por lo tanto necesario establecer una mentalidad de prevención para el futuro, asociada a la probabilidad de que un determinado evento, que pone en riesgo una determinada zona se produzca efectivamente y estar preparados para reducir los daños al mínimo.

### 2.5.3. Operacionalización de las variables

Variables	Dimensión	Indicadores	Técnica de Recolección
área de retiro	Estado actual de la estabilidad del talud	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Revisión, recopilación y elaboración de informaciones preliminares.</li> <li>✓ Selección, establecimiento de condiciones y caracterización del sitio.</li> <li>✓ Caracterización geológica.</li> <li>✓ Caracterización estructural.</li> <li>✓ Caracterización Geotécnica.</li> <li>✓ Ensayos de laboratorio.</li> <li>✓ Análisis de los modos de falla en taludes.</li> </ul>	Observación Documental y Fenomenológica,
	Distancia de riesgo desde la cabecera del talud	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Software GeoSlope</li> <li>✓ Levantamiento topográfico</li> </ul>	Investigaciones de campo. Ensayos de laboratorio.

Elaboración: propia

## **CAPÍTULO III METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACION**

### **3.1. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN**

#### **3.1.1. Tipo y nivel de investigación**

La presente es una investigación de tipo descriptiva exploratoria.

“la investigación exploratoria se efectúa normalmente cuando es objetivo a examinar un tema o problema de investigación poco estudiado, del cual se tienen muchas dudas o no se han abordado antes” (Hernandez, 2003)

“La investigación Descriptiva busca especificar las propiedades, y los perfiles importantes de personas, grupos, comunidades o cualquier otro fenómeno que se someta a un análisis” (Hernandez, 2003).

### **3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA**

#### **3.2.1. Población**

La población tomada para la presente investigación son los taludes en zona urbana del distrito de San Sebastián, provincia y región del Cusco.

### **3.2.2. Muestra**

El muestreo se ha tomado por conveniencia y esta consiste en el talud de la APV La Chosita. Específicamente en la Manzana B.

## **3.3. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS PARA LA RECOLECCIÓN DE DATOS**

### **Técnicas de recolección de información.**

En la primera fase de la tesis, la principal técnica de recolección de datos fue la recopilación documental, tanto de las bases teóricas para la tesis como de los antecedentes de investigaciones similares.

Luego en la fase de ejecución de ensayos de campo y laboratorio, las principales técnicas de recolección han sido los protocolos de medición tanto de las propiedades geométricas como de las propiedades mecánicas del talud.

### **Técnicas de análisis e interpretación de la información.**

En la presente tesis, entre otras, se han utilizado las técnicas de:

- Análisis documental.
- Codificación temática.
- Análisis estadístico.

## CAPÍTULO IV RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1. UBICACIÓN Y ACCESO.

El acceso se da por la carretera Cusco – Quillahuata, en el distrito de San Sebastián, provincia y departamento del Cusco, en las coordenadas:  $13^{\circ}31'15.8''S$   $71^{\circ}55'56.8''W$ , a una altitud sobre el nivel del mar de 3350 m, medidos al pie del talud.

**Figura 9: Vista satelital del lugar de evaluación.**



Fuente: Google Maps, 2018.



A continuación, se muestra la zona de estudio.

**Figura 10: Zona específica del estudio.**

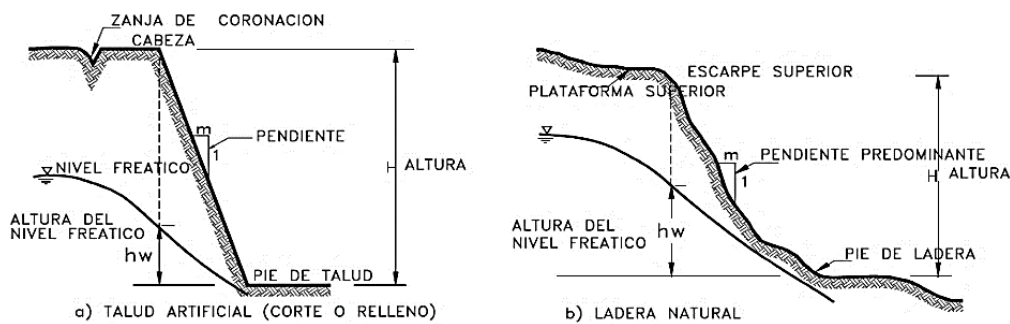


Fuente: Google Maps, 2018.

## 4.2. TOPOGRAFÍA

El área en estudio presenta una irregularidad en su topografía con pendientes que varían de medias a altas, muchas de ellas por intervención de maquinarias aportando de manera especial a la inestabilidad de taludes. La nomenclatura para el análisis se aprecia en la siguiente figura.

**Figura 11: Nomenclatura para el análisis del talud.**



Fuente: Elaboración propia basado en Suárez Díaz, 1998.

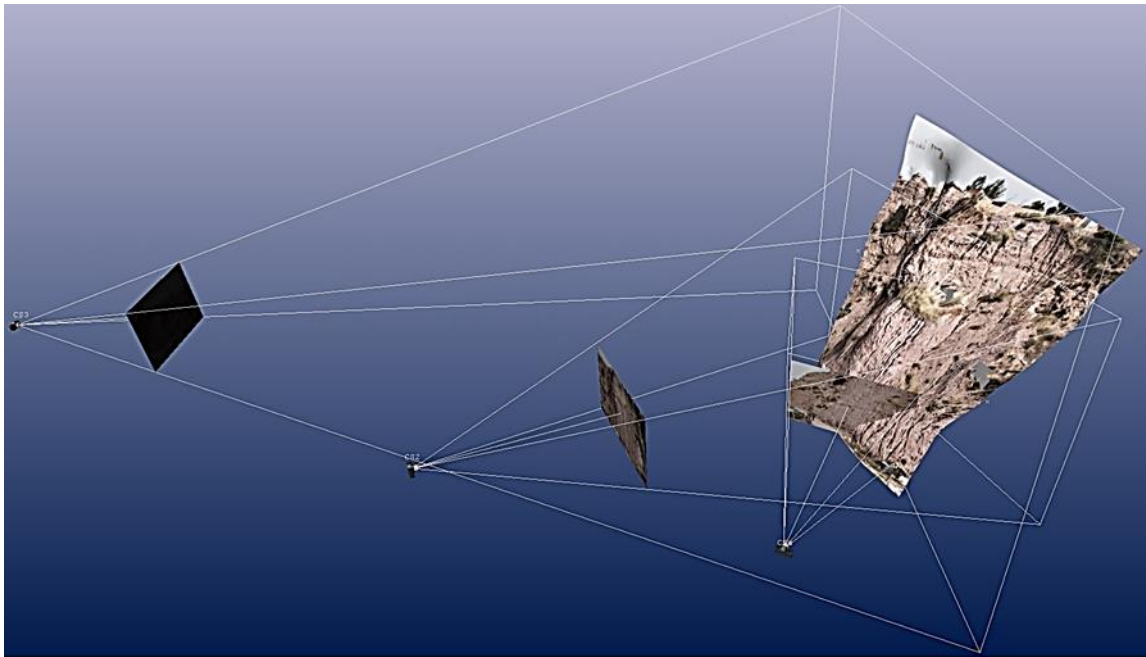
Para la obtención de los perfiles y curvas de nivel topográfico tuvo que recurrirse a la fotogrametría terrestre a través del software Leica Office, dado que inicialmente se había planeado hacerla con un dron, el motivo: la zona de estudio está dentro del área de exclusión del aeropuerto Velasco Astete, por lo que cualquier objeto volador es inhabilitado por lo satélite para sobrevolar la zona. También se utilizó el relevamiento clásico con estación total como apoyo. A continuación, se muestra la distribución de las estaciones fotogramétricas.

**Figura 12: Colocación de marcar fiduciales para las tomas fotogramétricas.**



Fuente: Elaboración propia.

**Figura 13: Vista de las estaciones fotogramétricas del estudio.**



Fuente: Elaboración propia.

Como resultado del relevamiento fotogramétrico se obtuvieron 568 puntos de relleno, los cuales fueron obtenidos con una precisión de 1.0 cm en x, 2.0 cm en y; y 0.6 cm en z. El listado completo de los puntos obtenidos se aprecia a continuación.

**Tabla 5: Coordenadas x, y; y z de los puntos de rellano del talud.**

ID	X	Y	Z
1	-61.95	24.46	-27.42
3	-58.13	23.96	-28.75
5	-54.21	22.99	-29.38
19	-30.57	28.39	-30.26
21	-71.35	31.61	-7.63
23	-72.57	31.53	-8.12
27	-71.72	28.29	-14.12
29	-73.02	31.85	-7.61
31	-71.28	32.40	-6.87
33	-71.16	33.35	-6.90
36	-69.98	33.77	-7.32
38	-69.89	33.90	-7.32
40	-70.08	32.74	-7.65
42	-70.30	32.59	-8.08
44	-69.71	32.45	-8.67
46	-69.50	32.38	-9.22
48	-69.68	32.24	-9.97
50	-69.95	32.21	-10.37
52	-70.21	32.02	-9.77
54	-70.13	32.12	-9.79
57	-70.13	32.41	-9.06
59	-69.80	32.25	-10.36
61	-69.70	32.64	-8.25
63	-69.76	32.63	-8.09
65	-69.54	33.38	-7.93
67	-72.53	31.17	-8.40
69	-71.80	31.05	-8.65
71	-73.64	31.05	-8.07
76	-73.31	32.12	-7.34
79	-74.94	29.89	-9.54
81	-72.30	30.59	-10.97
83	-71.80	30.81	-11.31
86	-71.44	30.91	-11.37
88	-72.82	30.62	-9.92
90	-72.32	30.94	-8.92
92	-71.71	31.33	-9.48
94	-71.62	31.36	-9.44
96	-71.51	31.42	-9.42
98	-72.15	30.98	-9.93
100	-71.45	31.10	-10.74
102	-72.01	30.87	-10.61
104	-72.05	29.16	-12.67
106	-71.02	29.97	-13.00
108	-72.04	29.77	-12.24
111	-71.48	28.68	-13.83
113	-70.27	27.87	-15.10
115	-70.10	27.42	-17.02
117	-70.34	27.30	-16.64
119	-70.87	27.12	-16.28
121	-69.67	28.67	-16.63
123	-69.50	27.71	-18.49
125	-70.11	26.68	-18.02
127	-70.98	25.71	-19.77
129	-69.66	27.08	-20.16
131	-69.87	26.78	-20.34
133	-69.96	26.81	-20.47
135	-68.86	27.67	-20.00
137	-68.52	27.73	-20.34
139	-68.71	28.01	-19.74
141	-70.16	26.39	-20.80
143	-68.50	27.37	-21.08
145	-67.05	25.69	-24.97
147	-65.83	26.54	-23.58
149	-67.03	24.89	-25.91
151	-65.99	24.80	-26.44
153	-65.88	24.46	-26.67
155	-68.27	33.35	-9.27
157	-68.28	33.37	-9.60
159	-68.62	33.41	-9.59
163	-66.62	33.67	-9.52
167	-65.12	34.65	-9.00
169	-65.33	35.13	-8.10
171	-65.30	35.31	-7.54
173	-65.44	35.26	-7.54
175	-66.07	35.16	-7.62
177	-65.78	35.15	-7.98
179	-65.77	35.14	-7.90
181	-65.81	35.41	-7.18
183	-66.80	35.45	-7.04
185	-65.69	35.71	-6.87
187	-66.84	33.18	-10.13
189	-66.12	33.17	-10.69
191	-66.57	33.42	-9.93

193	-66.14	33.45	-9.83	320	-60.99	31.65	-16.85	438	-60.06	31.57	-11.51	561	-48.36	24.31	-23.33
195	-66.20	32.84	-11.62	322	-57.21	28.35	-19.38	440	-59.91	31.38	-12.37	563	-48.80	42.26	-4.12
197	-66.93	32.34	-12.01	324	-54.78	28.24	-17.72	443	-61.18	31.94	-12.95	565	-47.95	43.33	-4.64
199	-66.40	32.56	-11.81	326	-58.67	29.27	-20.38	445	-60.80	31.73	-12.85	567	-47.23	42.18	-6.59
201	-64.78	33.20	-12.27	328	-58.09	28.76	-21.42	447	-60.64	31.59	-12.66	569	-48.35	39.62	-6.67
203	-65.44	32.06	-13.24	330	-57.99	28.47	-21.97	449	-61.36	31.91	-12.68	571	-47.24	40.79	-7.95
205	-65.69	32.43	-12.31	332	-56.91	28.41	-19.42	452	-61.02	31.90	-13.24	573	-46.84	40.15	-9.28
207	-65.76	32.01	-13.18	334	-56.90	28.45	-19.63	454	-62.22	31.97	-12.77	575	-47.39	43.33	-4.24
209	-65.90	32.00	-13.79	336	-57.29	28.96	-18.52	456	-62.15	32.38	-13.04	577	-46.60	43.50	-4.15
211	-66.38	31.69	-13.97	338	-62.99	28.75	-22.40	458	-62.13	32.32	-12.98	579	-46.54	43.41	-5.15
213	-66.39	31.64	-14.14	340	-63.26	28.72	-22.38	460	-62.86	32.41	-13.02	581	-48.21	42.14	-4.55
215	-66.34	31.74	-14.24	342	-62.92	28.61	-22.84	465	-62.89	30.58	-19.47	583	-46.44	39.65	-10.95
217	-65.49	31.98	-13.38	344	-63.28	28.52	-22.58	467	-65.45	30.10	-19.07	585	-45.30	38.31	-13.02
219	-66.10	31.95	-14.43	348	-61.59	26.82	-25.39	469	-65.40	29.94	-19.47	587	-45.13	40.82	-11.34
221	-66.85	31.60	-15.01	350	-61.66	27.24	-24.77	471	-66.54	29.10	-19.98	589	-43.73	38.88	-13.06
223	-66.27	31.20	-16.64	352	-60.64	27.30	-24.43	473	-66.86	29.63	-19.03	591	-42.63	37.72	-14.62
225	-66.92	30.84	-15.96	354	-61.02	26.70	-25.51	475	-66.85	28.15	-21.06	593	-42.35	40.32	-12.79
227	-67.01	30.43	-16.66	356	-60.18	25.04	-26.85	477	-66.29	26.45	-24.52	595	-41.70	38.49	-14.64
229	-66.63	30.69	-16.78	358	-60.15	24.86	-27.16	479	-67.28	26.03	-23.82	597	-41.39	37.92	-15.18
231	-66.71	30.44	-17.08	360	-61.69	24.14	-27.91	481	-33.42	26.27	-30.14	599	-39.67	35.53	-17.33
233	-66.82	28.48	-20.61	362	-61.18	23.94	-28.09	482	-35.31	24.45	-30.92	601	-39.74	36.37	-16.79
235	-64.76	30.37	-19.27	365	-58.70	35.00	-4.09	483	-39.16	22.76	-31.79	603	-38.72	33.97	-19.23
237	-64.02	31.16	-18.44	367	-58.66	34.38	-4.64	485	-42.81	21.73	-30.32	605	-55.25	28.45	-21.24
239	-64.56	31.35	-17.81	369	-60.25	33.42	-5.54	486	-47.15	21.52	-30.05	607	-53.86	26.32	-24.07
241	-61.71	31.73	-16.93	371	-59.60	34.16	-4.71	487	-49.51	21.86	-30.32	611	-48.19	27.18	-17.44
243	-63.78	31.72	-16.96	373	-59.05	33.38	-6.16	488	-50.75	21.73	-30.90	613	-47.73	23.60	-24.44
245	-62.74	31.81	-17.57	375	-59.25	33.58	-5.45	489	-59.32	22.94	-29.11	615	-46.56	25.37	-20.45
247	-62.74	31.84	-17.77	377	-59.66	33.49	-5.53	493	-47.74	26.08	-18.66	617	-45.59	24.11	-24.11
249	-63.12	31.65	-16.89	379	-57.84	34.17	-5.54	496	-44.01	21.51	-30.60	622	-46.07	23.53	-25.19
251	-63.32	31.63	-16.50	381	-59.78	32.84	-7.54	498	-44.01	21.51	-31.27	624	-45.39	22.35	-28.45
253	-62.39	31.95	-16.04	383	-59.39	33.03	-6.90	500	-53.97	29.44	-11.36	627	-43.25	22.13	-29.59
262	-48.90	21.86	-30.32	385	-59.57	33.24	-6.13	502	-54.14	28.63	-15.47	629	-36.06	28.75	-24.00
269	-60.64	29.72	-20.47	387	-59.24	32.67	-7.76	504	-54.85	26.70	-22.73	631	-36.07	27.11	-25.77
271	-62.17	34.50	-5.75	389	-59.71	32.70	-8.39	506	-54.14	26.85	-22.78	634	-36.38	24.39	-29.69
273	-62.09	34.52	-5.97	391	-58.92	32.78	-7.32	509	-51.48	37.90	-4.85	636	-35.74	23.89	-31.42
275	-61.78	34.22	-6.74	393	-60.54	32.81	-7.91	511	-49.42	34.52	-9.91	638	-43.96	25.48	-22.72
277	-62.36	33.33	-8.05	395	-61.94	34.50	-7.46	515	-47.88	34.24	-13.06	640	-40.67	23.80	-27.23
279	-62.64	33.24	-8.40	397	-62.37	33.66	-8.40	517	-44.70	30.63	-16.38	642	-38.96	23.77	-28.40
281	-63.10	33.25	-8.46	400	-62.19	34.30	-8.14	521	-40.45	22.64	-29.67	644	-38.07	24.46	-28.21
283	-63.07	33.27	-9.08	402	-62.62	33.48	-8.94	523	-40.19	22.45	-31.12	646	-41.89	28.30	-18.40
285	-62.05	32.74	-10.95	404	-60.65	32.13	-9.04	526	-39.84	22.48	-31.90	648	-45.01	35.94	-17.41
287	-62.73	32.90	-10.37	406	-60.03	31.56	-10.15	528	-54.66	28.04	-18.59	652	-41.46	27.24	-22.33
289	-63.50	32.60	-11.20	408	-60.26	31.35	-10.31	530	-54.00	26.17	-25.01	654	-40.77	27.26	-23.08
291	-62.98	32.77	-10.60	410	-60.60	31.46	-10.79	533	-52.18	24.02	-26.84	656	-40.24	25.07	-25.52
293	-63.53	32.67	-10.76	412	-59.72	31.91	-10.66	535	-50.37	23.73	-26.55	658	-39.66	23.34	-28.48
295	-64.80	33.56	-11.65	414	-60.42	31.44	-11.11	537	-47.51	23.37	-25.34	660	-39.51	23.10	-29.14
297	-64.99	32.68	-12.88	416	-60.16	31.63	-10.30	539	-46.88	27.64	-17.98	662	-38.65	22.87	-30.85
299	-63.72	32.60	-13.28	418	-60.32	31.57	-9.60	541	-48.23	28.22	-16.44	664	-37.82	23.16	-30.67
301	-62.88	32.39	-12.69	420	-60.16	32.22	-9.07	543	-49.63	27.89	-16.49	666	-37.74	23.69	-29.66
303	-61.91	32.33	-12.99	422	-60.50	32.70	-8.59	545	-51.54	29.46	-14.06	670	-37.50	24.91	-28.49
306	-63.19	32.32	-12.75	424	-60.24	32.72	-8.52	547	-51.97	29.29	-14.66	672	-39.30	27.58	-28.73
308	-62.64	31.99	-14.19	426	-60.45	32.70	-8.71	549	-53.31	28.72	-14.94	674	-38.03	24.11	-28.58
310	-61.62	31.77	-14.74	428	-59.55	32.55	-8.93	551	-48.45	24.98	-20.18	676	-38.69	24.81	-27.09
312	-60.49	31.45	-14.56	430	-59.52	32.57	-8.82	553	-48.35	23.21	-26.16	678	-37.60	25.18	-27.31
314	-60.28	31.49	-15.61	432	-58.98	32.44	-9.11	555	-47.51	27.15	-17.41	680	-38.38	27.31	-27.39
316	-59.38	31.21	-15.08	434	-59.75	32.52	-9.28	557	-45.54	22.94	-26.80	682	-38.64	25.37	-26.35
318	-61.13	31.82	-15.98	436	-59.80	31.44	-12.01	559	-38.86	27.10	-24.00	684	-37.83	26.08	-26.15

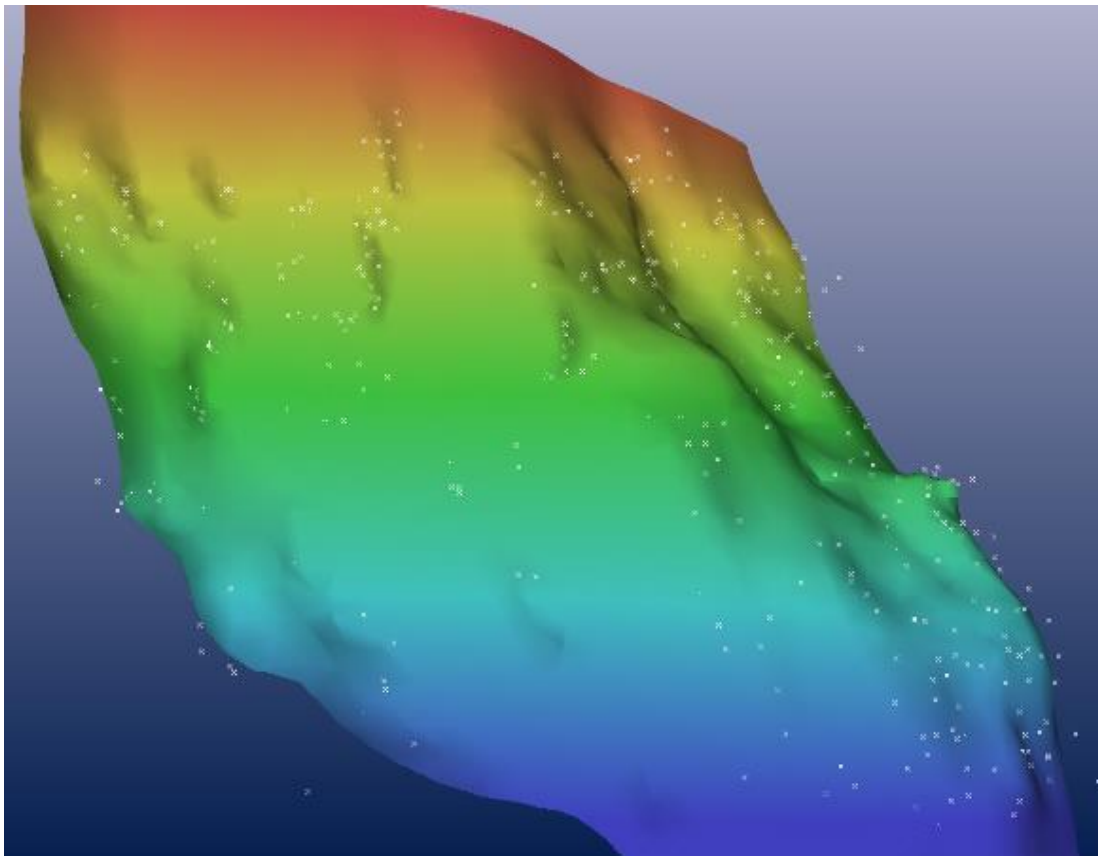
686	-38.22	26.07	-25.53	814	-46.82	35.19	-12.94	990	-47.81	44.03	-3.18	1124	-35.84	28.70	-23.17
688	-39.64	28.63	-24.77	816	-47.30	34.68	-13.10	992	-45.13	43.80	-3.88	1128	-35.73	29.02	-23.81
690	-42.87	31.70	-23.80	818	-45.12	35.69	-13.46	996	-45.02	44.88	-2.70	1132	-36.40	32.10	-23.40
692	-41.85	29.76	-23.73	820	-42.97	29.76	-14.29	998	-47.14	43.32	-4.31	1136	-35.03	29.38	-23.49
696	-40.71	32.44	-23.59	822	-52.69	32.00	-8.16	1000	-46.93	43.34	-4.32	1140	-34.17	28.37	-23.56
698	-38.42	27.17	-24.07	824	-51.09	32.60	-8.12	1002	-45.09	43.64	-4.98	1144	-33.32	29.90	-23.46
700	-40.03	30.29	-21.42	826	-51.13	34.75	-7.74	1004	-44.14	44.25	-5.14	1152	-33.97	31.00	-21.88
702	-38.46	31.04	-21.23	828	-53.08	32.75	-6.56	1006	-47.17	42.76	-5.72	1154	-34.20	36.76	-21.48
704	-38.49	32.27	-20.35	830	-53.59	31.84	-7.03	1008	-47.00	42.84	-5.83	1156	-34.92	31.17	-21.70
706	-39.26	31.46	-20.73	834	-51.87	34.93	-6.60	1010	-46.89	42.87	-5.96	1160	-32.81	30.75	-22.62
708	-39.24	30.11	-19.93	836	-51.93	34.44	-7.09	1012	-45.27	42.79	-7.95	1162	-34.68	29.43	-23.55
712	-40.83	33.00	-18.87	838	-53.28	31.90	-7.47	1014	-44.77	43.10	-8.06	1174	-32.16	30.16	-23.89
714	-41.39	33.05	-18.85	840	-53.46	31.56	-7.84	1016	-42.93	43.75	-7.71	1176	-33.58	28.67	-25.08
716	-40.89	33.54	-18.47	842	-54.15	32.36	-8.02	1018	-42.87	44.30	-6.69	1180	-34.60	28.64	-24.61
718	-41.84	33.73	-18.29	844	-51.98	36.45	-5.76	1020	-42.53	44.60	-6.72	1184	-35.12	26.63	-25.10
722	-38.69	30.10	-18.37	846	-52.01	35.20	-5.43	1022	-42.49	44.67	-6.57	1188	-33.98	28.46	-25.30
724	-39.69	33.35	-17.56	852	-51.90	33.07	-7.95	1024	-42.44	44.81	-6.31	1192	-32.91	28.90	-25.35
726	-41.37	34.86	-17.26	854	-50.85	33.77	-7.97	1026	-42.14	44.35	-7.07	1196	-31.95	29.49	-25.34
728	-40.95	36.95	-16.54	856	-50.87	35.43	-7.35	1028	-42.25	44.54	-6.94	1200	-34.98	27.27	-26.39
732	-41.82	37.12	-15.26	858	-54.36	33.34	-8.67	1030	-41.76	44.73	-6.39	1204	-33.79	27.88	-26.29
734	-42.73	37.40	-14.88	862	-51.32	29.09	-10.45	1032	-41.64	44.45	-6.75	1208	-32.30	28.98	-26.39
736	-43.29	40.06	-14.39	864	-51.44	32.49	-9.72	1034	-41.63	44.11	-7.33	1216	-31.63	28.33	-28.40
738	-43.06	38.94	-13.37	868	-50.53	33.58	-9.52	1036	-39.70	35.64	-9.82	1220	-33.10	27.65	-27.94
740	-43.46	38.81	-13.16	872	-51.52	31.41	-10.68	1038	-43.66	43.24	-8.41	1224	-34.59	26.64	-27.55
746	-46.86	39.81	-5.68	876	-50.17	33.63	-10.21	1040	-44.39	43.15	-8.14	1228	-34.92	27.92	-28.52
748	-44.84	36.04	-6.76	878	-50.34	33.44	-10.24	1042	-44.94	42.61	-8.93	1232	-34.29	25.96	-29.57
750	-43.72	33.61	-7.90	880	-49.80	34.14	-10.03	1044	-45.00	42.62	-8.76	1236	-35.34	29.19	-30.61
752	-47.45	40.36	-5.99	882	-49.74	34.55	-9.96	1046	-45.28	42.57	-8.91	1240	-35.60	28.43	-29.10
754	-47.50	40.42	-5.69	884	-51.69	31.06	-10.89	1048	-45.84	42.23	-8.99	1252	-35.65	28.47	-28.80
756	-47.73	40.19	-6.18	888	-49.23	34.79	-9.78	1050	-42.97	33.73	-10.70	1256	-34.41	26.36	-28.40
758	-47.83	41.22	-6.23	890	-49.11	36.59	-9.40	1052	-41.93	41.92	-10.09	1260	-34.68	25.95	-29.05
760	-46.85	39.59	-7.88	892	-45.30	31.57	-10.26	1054	-43.81	41.65	-11.09	1264	-35.48	29.76	-29.34
762	-45.89	37.83	-7.70	894	-47.81	35.93	-9.96	1056	-42.34	41.46	-10.84	1268	-34.41	26.12	-29.03
764	-47.98	39.32	-7.44	896	-48.65	35.03	-10.38	1058	-41.60	41.37	-10.80	1272	-34.12	24.68	-29.24
766	-47.11	40.40	-8.52	898	-48.80	34.76	-10.45	1060	-42.05	40.29	-12.74	1276	-34.13	24.64	-29.14
768	-47.03	40.76	-8.26	900	-50.32	33.29	-10.84	1062	-41.27	40.38	-12.21	1280	-34.33	25.02	-28.24
772	-47.48	38.89	-9.28	904	-51.10	31.31	-11.28	1064	-40.61	40.06	-12.10	1284	-36.11	30.48	-29.00
774	-47.25	39.44	-9.11	910	-52.75	28.87	-13.27	1066	-40.24	40.88	-11.90	1292	-41.17	43.09	-8.15
776	-46.85	39.03	-9.18	916	-52.76	29.05	-12.87	1068	-39.17	38.09	-14.51	1294	-40.70	43.36	-8.03
778	-46.96	39.71	-9.06	918	-52.71	29.10	-14.69	1070	-39.46	38.13	-14.51	1296	-38.54	46.37	-7.53
780	-46.53	39.74	-9.18	922	-53.13	29.01	-15.10	1072	-40.75	38.62	-14.15	1298	-38.73	45.79	-7.48
782	-47.12	42.28	-8.76	926	-52.55	28.83	-13.59	1074	-41.66	38.77	-14.43	1302	-40.52	43.64	-8.99
784	-46.22	41.85	-9.07	928	-52.87	28.92	-13.73	1080	-37.97	39.71	-15.01	1304	-41.71	42.51	-9.35
786	-46.87	39.25	-9.94	930	-52.75	29.00	-14.19	1082	-37.67	37.93	-15.86	1306	-38.38	45.58	-8.85
788	-47.16	39.06	-10.08	934	-53.66	28.74	-14.79	1084	-38.84	36.56	-16.22	1308	-37.57	44.91	-9.41
790	-44.41	32.89	-11.21	938	-53.66	28.75	-15.16	1086	-38.28	35.72	-17.12	1310	-39.76	39.78	-12.41
792	-45.04	31.66	-10.99	942	-49.19	27.94	-16.56	1088	-38.99	35.54	-17.55	1312	-38.45	45.35	-10.81
794	-47.48	36.10	-10.42	946	-47.25	28.22	-16.60	1090	-38.67	33.81	-18.10	1314	-40.25	44.15	-10.44
796	-47.40	36.62	-10.85	948	-46.26	29.17	-16.45	1092	-38.13	35.29	-17.62	1316	-40.53	43.92	-10.09
798	-47.28	35.67	-11.50	950	-44.04	30.63	-16.48	1094	-36.07	33.01	-17.70	1318	-40.89	43.46	-9.65
800	-45.14	32.05	-12.27	952	-44.57	34.05	-14.91	1096	-36.21	33.69	-18.52	1320	-40.48	43.70	-9.10
802	-46.49	36.13	-12.11	954	-44.19	34.77	-15.11	1098	-37.18	36.31	-19.20	1322	-38.69	45.21	-9.41
804	-46.14	39.45	-11.66	956	-42.61	31.93	-15.51	1100	-37.72	32.86	-19.20	1324	-38.37	45.50	-7.96
806	-43.67	35.93	-11.53	958	-60.10	23.66	-25.43	1104	-38.18	33.14	-20.24	1326	-38.15	45.53	-10.50
808	-43.55	30.97	-13.64	966	-63.36	27.68	-25.13	1112	-36.97	32.00	-21.16	1328	-37.17	40.48	-12.36
810	-46.76	35.91	-12.78	970	-61.45	25.39	-26.42	1116	-36.88	30.32	-21.61	1330	-39.16	38.73	-13.69
812	-47.12	34.98	-13.03	982	-63.10	23.56	-30.92	1120	-36.67	30.57	-22.49	1332	-39.25	38.71	-13.71

1334	-37.95	44.87	-11.81					1365	-67.18	30.62	-15.87	1387	-37.24	26.76	-25.35
1336	-36.18	34.37	-17.75	1350	-35.88	32.57	-20.00	1367	-66.90	30.73	-16.21	1389	-36.73	26.92	-25.72
1338	-35.70	34.47	-17.95	1352	-35.66	32.39	-20.27	1369	-67.81	29.54	-17.24	1391	-42.67	27.55	-21.18
1340	-35.00	34.28	-18.16	1354	-35.30	32.15	-20.59	1371	-67.28	30.30	-16.59	1393	-41.77	27.94	-21.18
1342	-34.74	34.30	-18.28	1356	-34.96	32.94	-19.97	1378	-38.19	30.39	-21.89	1395	-41.46	27.02	-22.58
1344	-33.97	34.78	-18.08	1358	-34.49	32.60	-20.34	1380	-36.64	27.81	-24.94	1397	-40.57	26.49	-23.71
1346	-36.35	33.40	-18.86	1360	-33.98	31.96	-20.55	1382	-36.99	27.62	-24.39				
1348	-36.08	32.92	-19.65	1362	-33.99	31.77	-21.35	1384	-38.86	27.10	-24.01				

Fuente: Relevamiento fotogramétrico.

Los anteriores resultados permitieron obtener el mapa digital de elevaciones del talud, el mismo que se muestra a continuación.

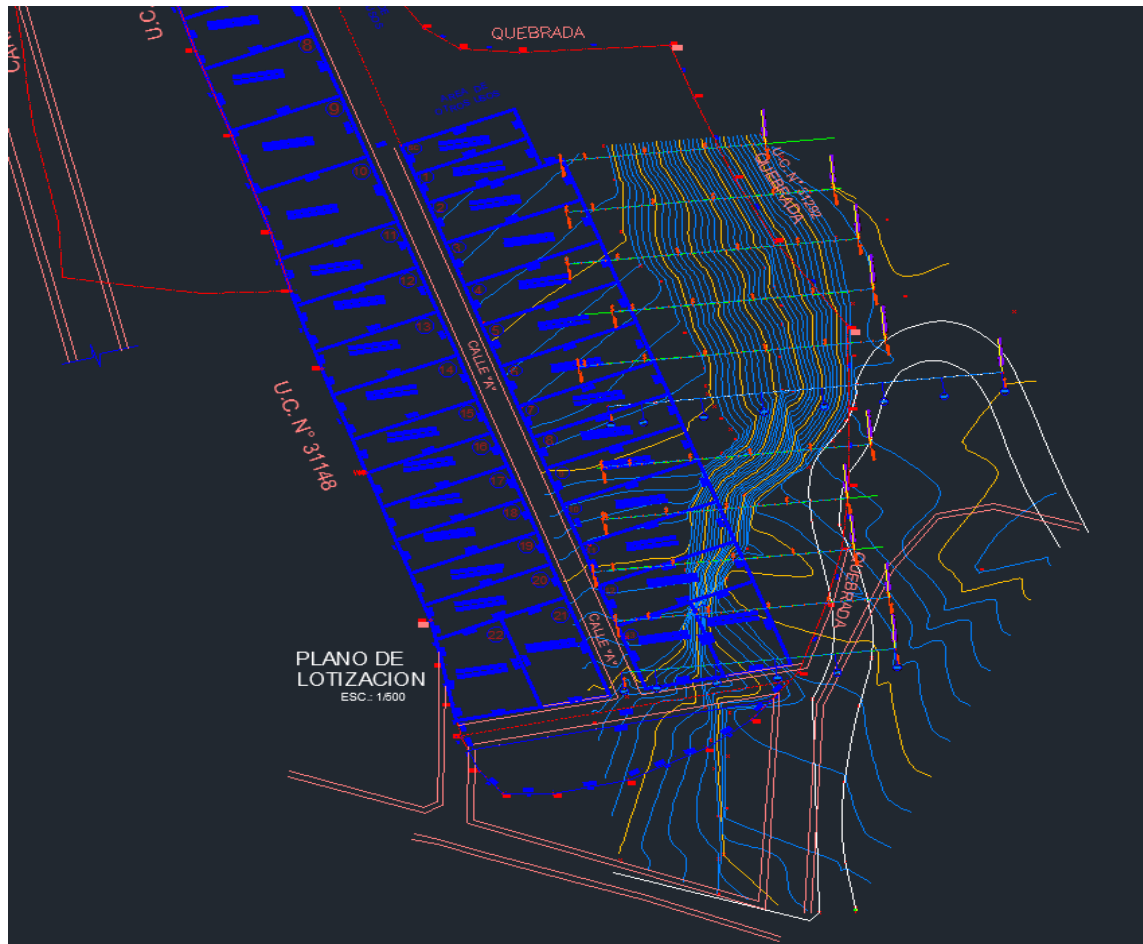
**Figura 14: Modelo digital de elevaciones DEM del talud de estudio.**



Fuente: Relevamiento fotogramétrico.

De igual modo, se obtuvieron las curvas de nivel, sobre las cuales se plasmó el manzaneo de las viviendas actualmente asentadas en el lugar.

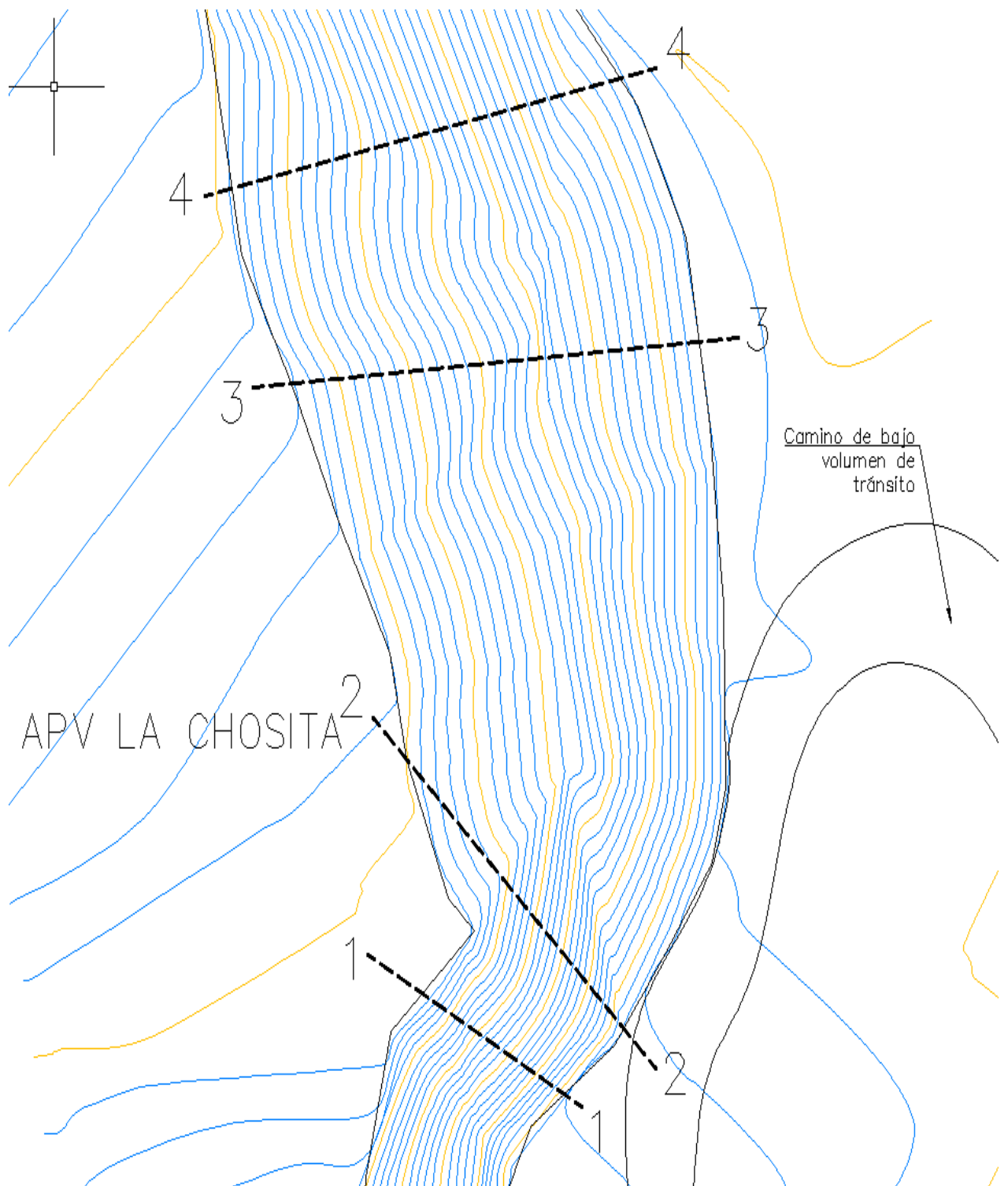
**Figura 15: Curvas de nivel y manzaneo de la zona de estudio.**



Fuente: Relevamiento fotogramétrico.

Para, finalmente obtener el perfil topográfico del talud, y elegir cuatro secciones de perfil en las zonas más críticas y de mayor pendiente. A continuación se muestran dichas secciones en planta.

**Figura 16: Vista en planta de las secciones elegidas para el análisis.**

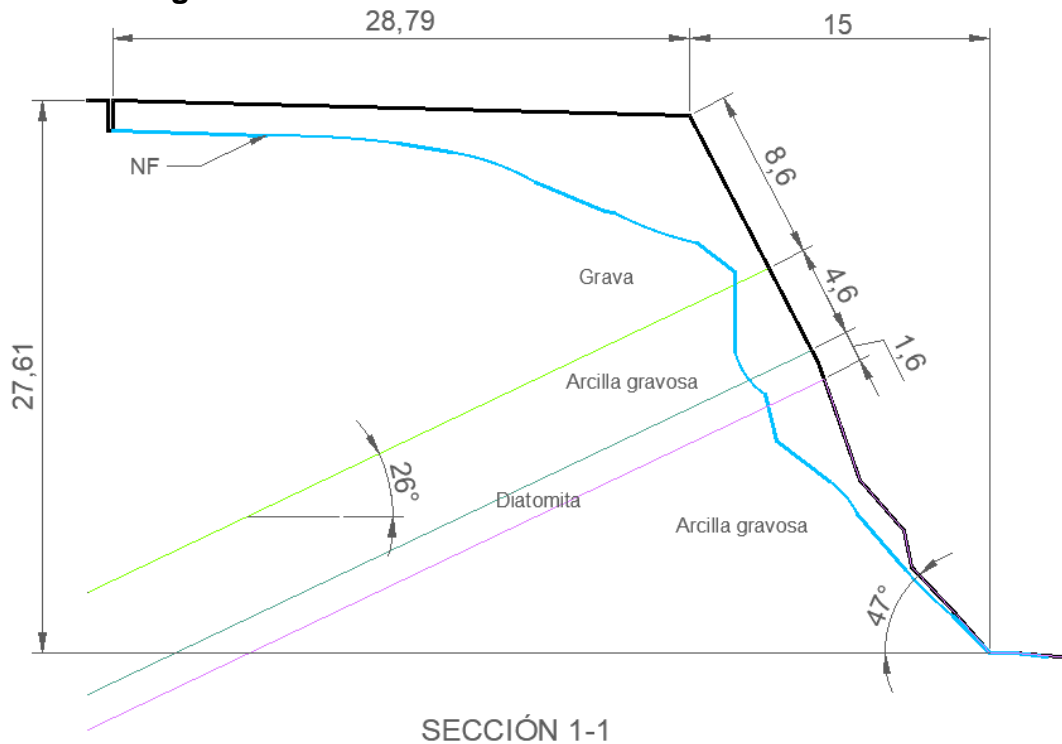


Fuente: Levamiento topográfico

Así mismo, a continuación se muestran los perfiles topográficos y estratigráficos de las secciones elegidas para el análisis.

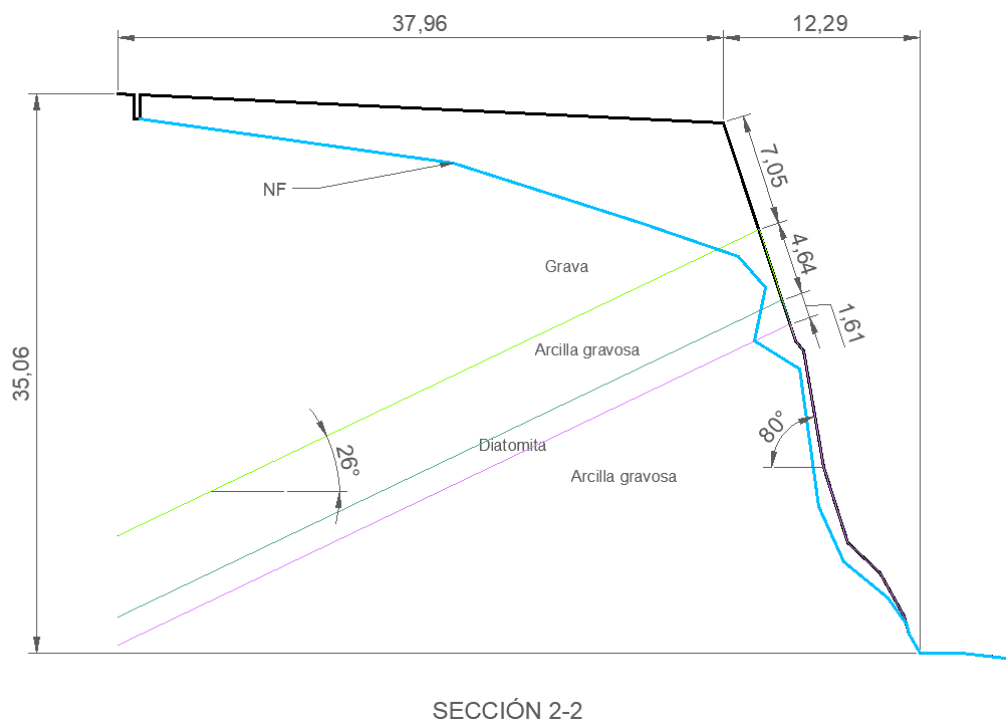


**Figura 17: Perfil del talud de estudio Sección 1-1.**



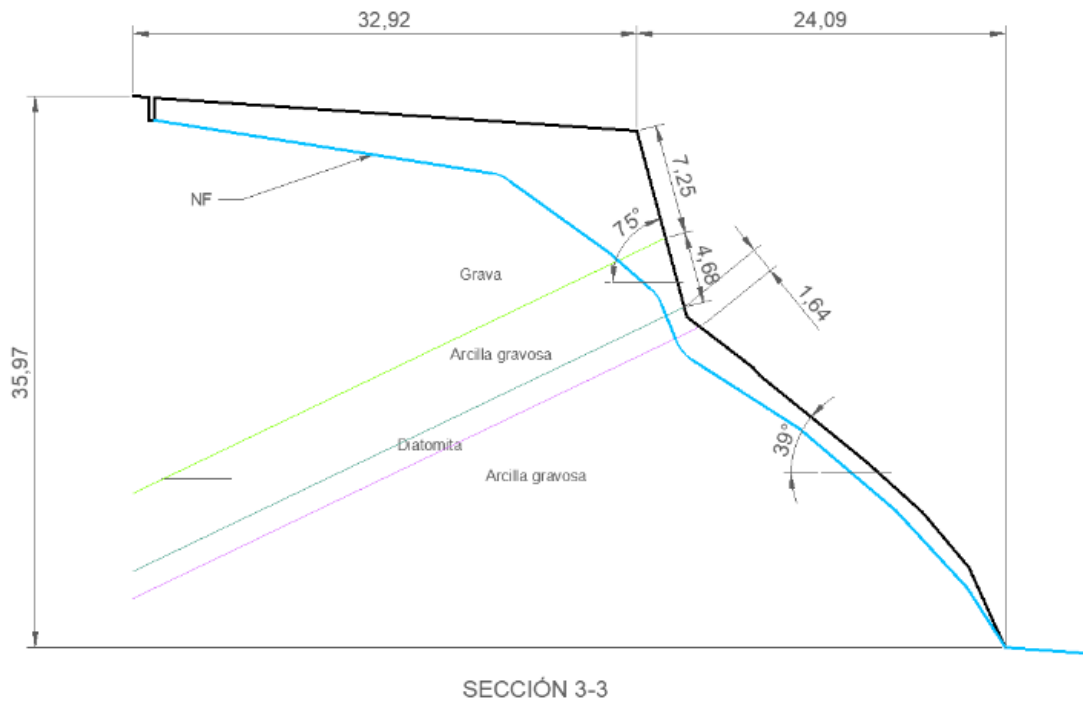
Fuente: Relevamiento fotogramétrico.

**Figura 18: Perfil del talud de estudio Sección 2-2.**



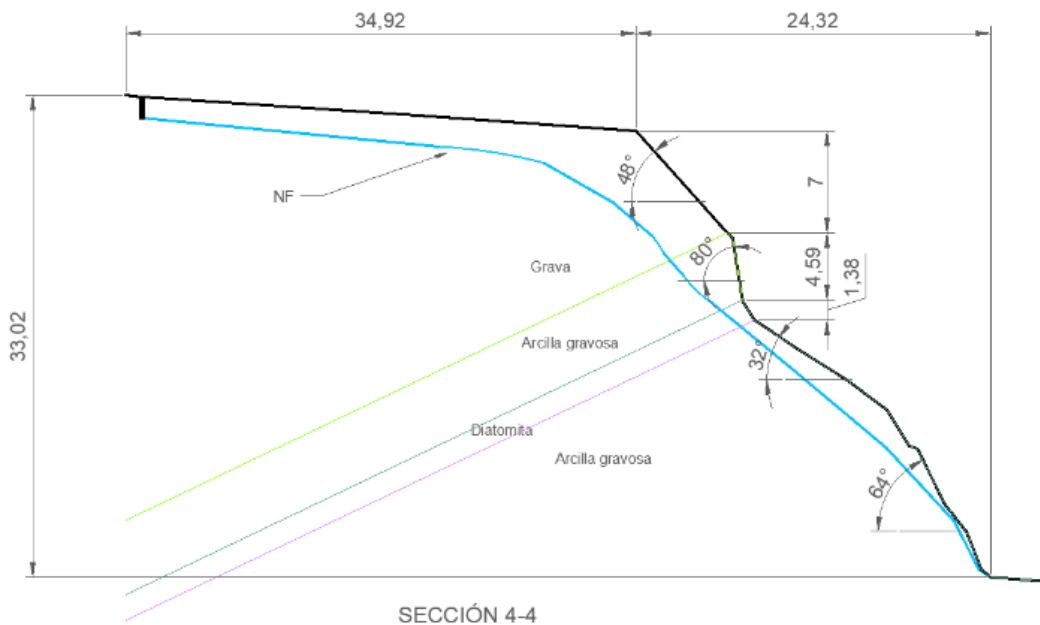
Fuente: Relevamiento fotogramétrico.

**Figura 19: Perfil del talud de estudio Sección 3-3.**



Fuente: Relevamiento fotogramétrico.

**Figura 20: Perfil del talud de estudio Sección 4-4.**

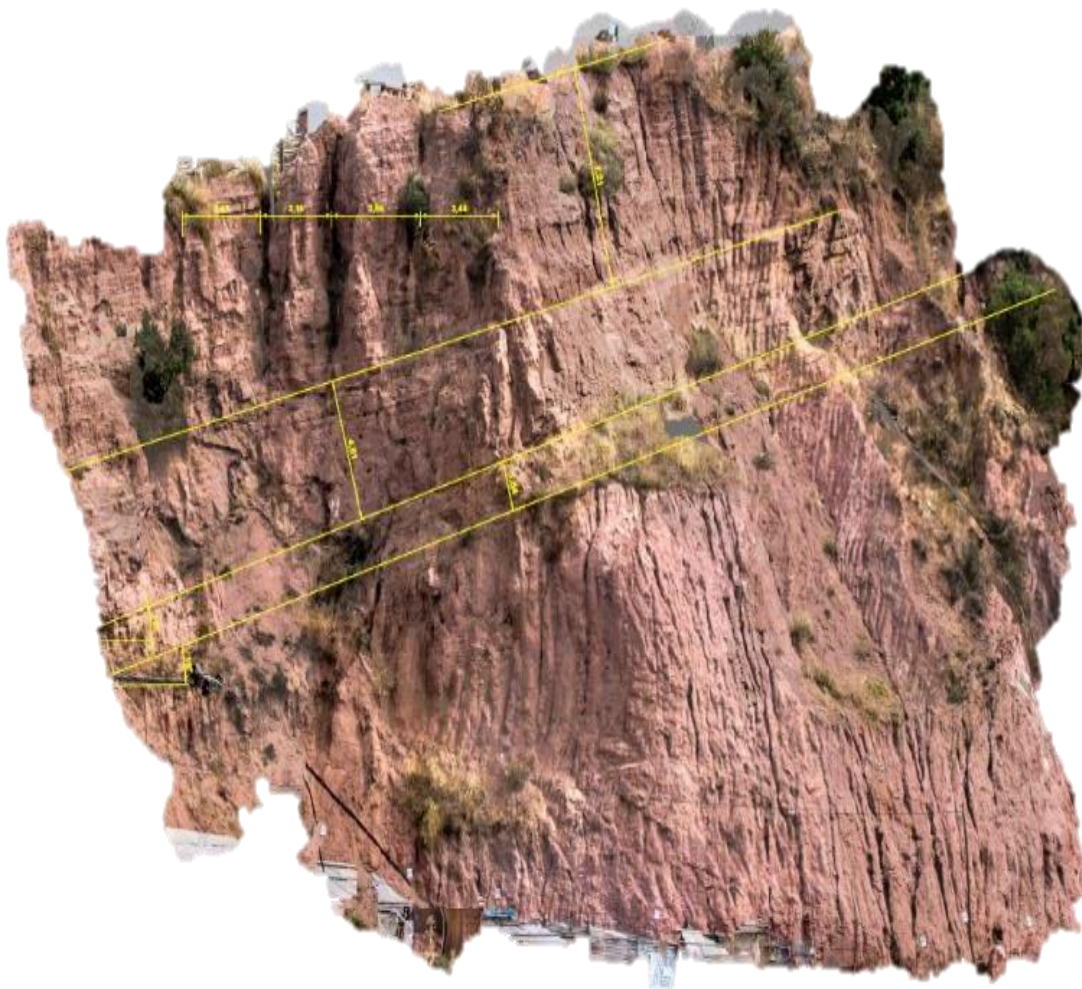


Fuente: Relevamiento fotogramétrico.

De lo anterior se aprecia que para el caso de las secciones estudiadas tienen alturas de 27.6 m, 35.06 m, 35.97 m y 33.03 para las secciones 1-1, 2-2, 3-3 y 4-4 respectivamente, con ángulos de inclinación 47°, 80°, 39° y

64°. Así mismo, todas las secciones presentan cuatro estratos claramente identificables: el superior de grava y aglomerado en matriz de arcilla, el segundo una arcilla gravosa dura, uno tercero de diatomita con una potencia de 1,6 m promedio y finalmente se repite un estrato de arcilla gravosa. El nivel freático representado es una hipótesis razonable, dada la configuración de estratos y su estructura. Por otro lado la sección 4-4 presenta una escarpa a la altura del estrato de arcilla gravosa con un ángulo de 80°.

**Figura 21: Estratigrafía de la zona de estudio.**



Fuente: Levamiento topográfico, elaboración propia.

En la figura anterior se muestra la ortofoto donde se evidencia la estructura geológica del talud en estudio y se aprecian las potencias de los estratos, así como su rumbo y buzamiento.

### 4.3. ASPECTOS GEOLÓGICOS

#### Formación San Sebastián

Constituida por materiales sueltos inconsolidados y semiconsolidados de materiales lagunares desde gravas de matriz areno arcillosa, arcilla gravosa, además diatomitas. Constituyen gran parte de los suelos de fundación del Cusco. En la zona de estudio muestra alternancias de depósitos lacustres con predominio de diatomitas calcárea blanquecina, que se extiende en toda el área.

#### Gravas de matriz areno arcillosa.

Gravas de origen fluvial, redondeadas, areno arcillosas y compactas, generalmente de color rojizo que se ubican en la cabecera del talud de estudio. Son materiales competentes para cimentación.

**Figura 22: Gravas de matriz areno arcillosa que se presentan en la cabecera del talud.**



Fuente: Propia.

### **Arcilla gravosa.**

Se presentan de color rojo a marrón, son de plasticidad media, de alta resistencia y baja compresibilidad, suelos transportados de origen lacustre aluvial, compuesta por pequeña cantidad de gravilla, con tamaño de 0.5 cm. Está constituido por fragmentos de roca (areniscas rojas), representan un 60% de arcilla pura. Las arcillas rojas en general son medianamente resistentes competentes para cimentación de edificaciones.

**Figura 23: Se observa el trabajo realizado por las uñas de la retroexcavadora en material arcillo gravoso.**



Fuente: Propia.

### **Diatomitas.**

Son rocas sedimentarias silíceas de grano fino, formadas por la acumulación de caparazones de diatomeas (acumulación por gravedad cuando muere la célula), se componen de sílice amorfa (ópalo) de pH alcalino.

**Figura 24: Vista de las diatomitas en campo.**



Fuente: Propia.

#### **4.4. ESTRATIFICACIÓN**

Se muestra alternancias de depósitos lacustres con predominio de diatomitas, depósitos fluviales y grava junto a capas de diatomita calcárea blanquecina, las potencias son variables. Se han diferenciado 4 secuencias que empiezan con horizontes de gravas con matriz areno arcillosa con una potencia de 8 m, en la cabecera del talud, inmediatamente después continua las arcillas gravosas con una potencia de 5 m, la otra secuencia contiene básicamente diatomita que se extiende en toda el área de estudio, con una potencia de 2 m, por último, se repite la secuencia constituida por arcillas gravosas, con una potencia de 18 m a más hacia el pie del talud de estudio.

#### **4.5. PELIGROS GEOLÓGICOS**

##### **Peligros geológicos climáticos.**

Están directamente relacionados con la escorrentía por precipitaciones pluviales, que se dan en el Cusco de diciembre a abril, pero son intensas entre los meses de enero a marzo. Estos peligros no son considerados en los cálculos de escorrentía para obras de drenaje en zonas urbanas y esta es la razón por la cual dichas obras son excedidas en su capacidad con mucha

frecuencia. El estudio análisis y conocimiento de estos detalles puede servir para elaborar proyectos más eficientes.

Las crecidas de los cauces de agua, socavan el pie de los taludes y a su vez, pueden verse incrementadas por el efecto de embalse y desembalse de quebradas donde se han producido deslizamientos de taludes, es así que los fenómenos hidráulicos y geodinámicas pueden alimentarse mutuamente y provocar efectos combinados catastróficos.

### **Erosión por cárcavas**

La erosión en cárcavas es una de las formas de erosión hídrica que se presenta con notable frecuencia en los climas semiáridos. Se trata de una serie de incisiones profundas que se producen en las laderas, cuyo desarrollo se debe a avenidas bruscas e intermitentes, condicionado así mismo por factores climáticos, edáficos y geomorfológicos, entre otros.

**Figura 25: Cárcavas producto de la erosión cuyo agente es el agua de lluvia.**



Fuente: Propia.

## **Deslizamientos**

Los deslizamientos se pueden definir como el movimiento de masas de suelos o rocas en los taludes o superficies inclinadas debido principalmente a la gravedad. Los factores desencadenantes de los deslizamientos pueden ser: la presencia de aguas pluviales, erosión de la base del talud, sismos, e intervención antrópica principalmente con la construcción de canales de irrigación, carreteras, caminos y obras de saneamiento.

## **Peligros geodinámicas**

Los Deslizamiento de taludes y derrumbes son favorecidos y muchas veces desencadenados por cambios en la topografía de la ladera, movimientos masivos de corte en la parte inferior o rellenos en la parte superior desestabilizan los taludes, socavación en la base de las quebradas incrementa la altura de los deslizamientos. La morfología natural está en equilibrio entre las fuerzas actuantes que son el peso propio de los materiales y fuerzas derivadas de ella como son las vibraciones y ondas sísmicas y fuerzas resistentes que dependen del tipo de suelo y su estado tensional. Los suelos secos tienen buena resistencia generalmente y las obras relacionadas con la ocupación urbana, incluidas las de estabilización pueden cambiar esta condición de humedad al retirar la cobertura vegetal y reducir la evaporación superficial. Las filtraciones de los sistemas de agua y desagüe por pequeñas fugas pueden tener un efecto desestabilizador y fugas grandes por rotura de líneas principales pueden tener efectos desastrosos al combinarse la pérdida de resistencia por saturación con la acción mecánica de erosión.

## **4.6. PELIGRO GEOTÉCNICO**

Corresponde al riesgo que representan los suelos de baja calidad a la ocupación urbana y obras complementarias. El fenómeno que más frecuentemente produce daños es el de asentamientos ocasionados por falla del suelo bajo las presiones de la cimentación y la presencia de suelos orgánicos.



#### 4.7. PARÁMETROS GEOTÉCNICOS ( $\phi$ , C Y $\gamma$ )

Para poder proceder con el análisis de la estabilidad del talud, se eligió el estrato predominante para tomar una muestra inalterada, la cual luego fue ensayada a través de una prueba de corte directo consolidada, drenada.

**Figura 26: Lugar de obtención de la muestra inalterada.**

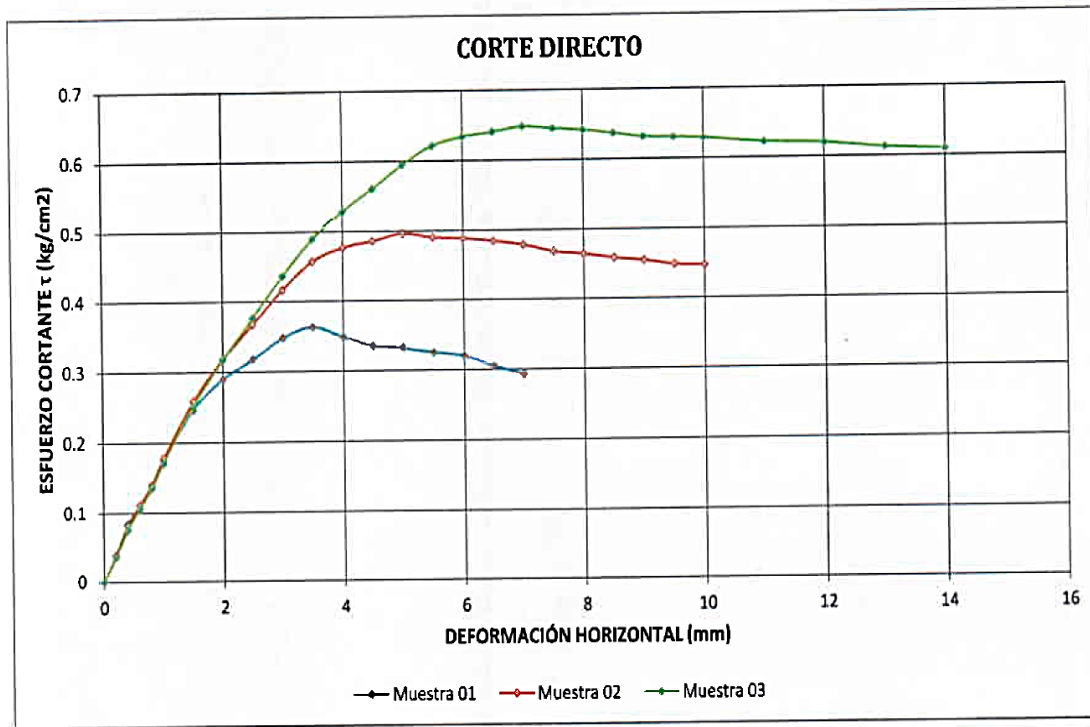


Fuente: Propia.

Los resultados del ensayo de corte directo dieron los siguientes resultados: Angulo de fricción interna del suelo:  $24.4^\circ$ ; Cohesión:  $0.24 \text{ kgf/cm}^2$ ; Peso unitario húmedo:  $1.93 \text{ g/cm}^3$ ; Peso unitario seco:  $1.91 \text{ g/cm}^3$ .

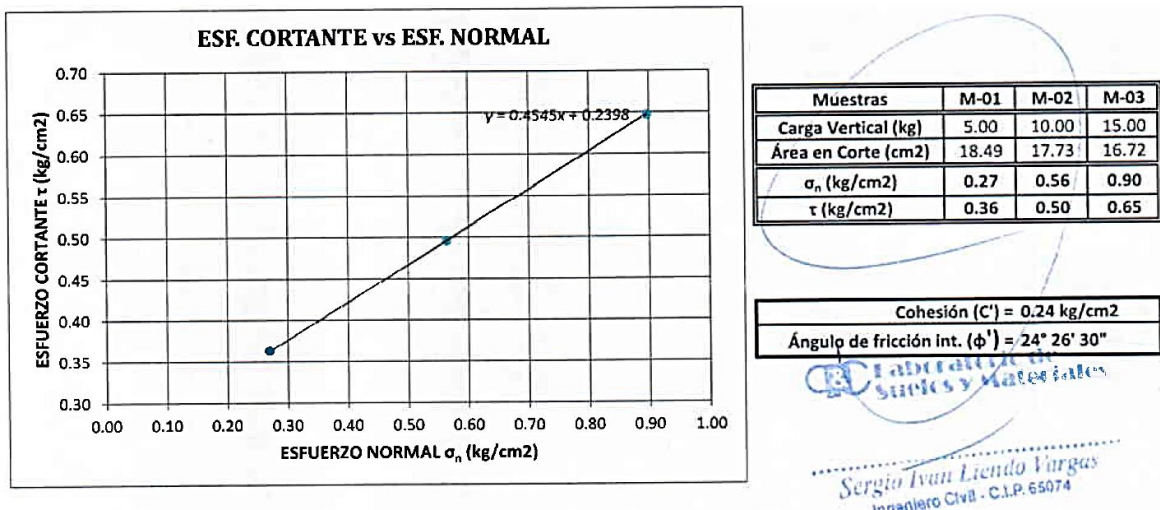
**Figura 27: Gráfico esfuerzo cortante vs deformación horizontal del ensayo de corte directo.**

MTC E 123 , Basado en la Norma ASTM D-3080 y AASHTO T-236



Fuente: Informe de laboratorio ProyCon Silver SCRL.

**Figura 28: Gráfico esfuerzo cortante vs esfuerzo normal del ensayo de corte directo.**



Fuente: Informe de laboratorio ProyCon Silver SCRL.

Así mismo a continuación se detallan los valores numéricos que produjeron las gráficas previas.

**Tabla 6: Resultados numéricos del ensayo de corte directo.**

DEFORMÍMETRO DE LONGITUD DE CORTE	LECTURA DE CARGA HORIZONTAL	DEFORMÍMETRO DE LONGITUD VERTICAL	FUERZA DE CORTE HORIZONTAL	ÁREA CORREGIDA A A'	ESFUERZO CORTANTE T
-----------------------------------	-----------------------------	-----------------------------------	----------------------------	---------------------------	------------------------

	M-01	M-02	M-03	M-01	M-02	M-03	M-01	M-02	M-03		M-01	M-02	M-03
mm	N			mm			kg			cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>		
0.2	7.8	7.7	7.2	-0.001	-0.004	-0.007	0.795	0.785	0.734	20.167	0.039	0.039	0.036
0.4	16.8	16.3	15	-0.003	-0.007	-0.016	1.713	1.662	1.530	20.065	0.085	0.082	0.075
0.6	22.1	22.2	21.1	-0.005	-0.012	-0.017	2.254	2.264	2.152	19.964	0.111	0.112	0.106
0.8	26.9	27.9	27	-0.01	-0.015	-0.023	2.743	2.845	2.753	19.862	0.135	0.140	0.136
1	34.5	35.5	34.1	-0.013	-0.022	-0.03	3.518	3.620	3.477	19.760	0.174	0.179	0.172
1.5	49.1	51.4	50	-0.009	-0.025	-0.032	5.007	5.241	5.099	19.506	0.247	0.259	0.252
2	57.6	63.1	63	-0.005	-0.027	-0.037	5.874	6.434	6.424	19.253	0.290	0.317	0.317
2.5	63.1	72.9	74.8	-0.003	-0.03	-0.044	6.434	7.434	7.627	18.999	0.317	0.367	0.376
3	69.1	82.8	86.7	-0.002	-0.024	-0.052	7.046	8.443	8.841	18.745	0.348	0.417	0.436
3.5	72.1	90.8	97.2	-0.001	-0.021	-0.06	7.352	9.259	9.912	18.492	0.363	0.457	0.489
4	69.2	94.7	105	0	-0.019	-0.066	7.056	9.657	10.707	18.238	0.348	0.476	0.528
4.5	66.4	96.5	111.5	0.001	-0.016	-0.071	6.771	9.840	11.370	17.985	0.334	0.486	0.561
5	65.8	98.6	118.2	0.006	-0.011	-0.063	6.710	10.054	12.053	17.732	0.331	0.496	0.595
5.5	64.6	97.4	123.5	0.008	-0.009	-0.058	6.587	9.932	12.593	17.480	0.325	0.490	0.621
6	63.5	97	126	0.012	-0.006	-0.056	6.475	9.891	12.848	17.227	0.319	0.488	0.634
6.5	60.6	96.2	127.3	0.015	-0.003	-0.052	6.179	9.810	12.981	16.975	0.305	0.484	0.640
7	58.3	95.1	128.7	0.016	0.003	-0.049	5.945	9.698	13.124	16.724	0.293	0.478	0.648
7.5		93.1	128.1		0.004	-0.048		9.494	13.063	16.472		0.468	0.644
8		92.3	127.6		0.011	-0.044		9.412	13.012	16.221		0.464	0.642
8.5		91.1	126.6		0.016	-0.038		9.290	12.910	15.971		0.458	0.637
9		90.3	125.5		0.02	-0.036		9.208	12.797	15.720		0.454	0.631
9.5		89.1	125.3		0.023	-0.032		9.086	12.777	15.471		0.448	0.630
10		88.8	125		0.03	-0.028		9.055	12.746	15.221		0.447	0.629
11			123.7			-0.022			12.614	14.724			0.622
12			123.2			-0.019			12.563	14.229			0.620
13			121.8			-0.011			12.420	13.737			0.613
14			121.1			-0.004			12.349	13.247			0.609

Fuente: Informe de Laboratorio ProyCon Silver SCRL.

#### 4.8. COHESIÓN Y ÁNGULO DE FRICCIÓN ASUMIDOS PARA LOS ESTRATOS SIN ENSAYOS.

El principio de fricción en el deslizamiento de un cuerpo arriba de un plano inclinado que dice que cuando el esfuerzo cortante supera el límite de resistencia cortante las partículas se mueven la una respecto a la otras. La resistencia cohesiva ésta relacionada a la presencia de varios tipos de enlace físico y químico entre las partículas sólidas de suelos y rocas. La cohesión ésta macroscópicamente relacionada con la plasticidad y la capacidad de remodelarse una muestra.

**Tabla 7: Propiedades típicas de suelo y roca.**

Tipo	Peso kN/m <sup>3</sup>	Fricción	Cohesión kPa
Clay Soft bentonite	13/6	7-13	10-20
Very soft organic clay	14/6	12-16	10-30
Soft, slightly organic clay	16/10	22-27	20-50
Soft glacial clay	17/12	27-32	30-70
Stiff glacial clay	20/17	30-32	70-150
Glacial till, mixed grain size	23/20	32-35	150-250

Fuente: [www.lorenzo-borselli.eu/geotecnia1/Geotecnia\\_1\\_material\\_didactico\\_2017-2018.pdf](http://www.lorenzo-borselli.eu/geotecnia1/Geotecnia_1_material_didactico_2017-2018.pdf). Pág 500.

Así mismo, a continuación, se muestran algunos valores de peso de las rocas.

**Tabla 8: Peso y porosidad de rocas.**

Tipo de roca	Peso específico seco		Porosidad (n) (%)
	t/m <sup>3</sup>	(kN/m <sup>3</sup> )	
ígneas			
Basalto	2,21 - 2,77	21,66 - 27,15	0,22-22,06
Diabasa	2,82 - 2,95	27,64 - 28,91	0,17-1,00
Gabro	2,72 - 3,0	26,66 - 29,40	0,00 - 3,57
Granito	2,53 - 2,62	24,79 - 25,68	1,02-2,87
Metamórficas			
Cuarcita	2,61 - 2,67	25,58-26,17	0,40 - 0,65
Esquisto	2,6 - 2,85	25,48 - 27,93	10,00-30,00
Gneis	2,61 -3,12	25,58 - 30,58	0,32- 1,16
Mármol	2,51-2,86	24,60 - 28,03	0,65 - 0,81
Pizarra	2,71 - 2,78	26,56 - 27,24	1,84 - 3,61
Sedimentarias			
Arenisca	1,91-2,58	18,72 - 25,28	1,62-26,40
Caliza	2,67 - 2,72	26,17-26,66	0,27-4,10
Dolomita	2,67-2,72	26,17-26,66	0,27-4,10
Lutita	2,0 - 2,40	19,60 - 23,52	20,00 - 50,00

Fuente: <https://es.slideshare.net/metuq/estabilidad-de-taludes-18624871> Pág.15

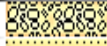


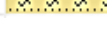
Así mismo, a continuación, se enumeran algunas propiedades de suelos sin cohesión, en función de su densidad relativa.

**Tabla 9: Relación densidad relativa y ángulo de fricción en suelo sin cohesión.**

Estado de empaquetamiento	Densidad relativa (%)	Ángulo de fricción $\phi'$ (grados)
Muy suelto	<20	<30
Suelto	20-40	30-35
Compacto	40-60	35-40
Denso	60-80	40-45
Muy denso	>80	>45

Fuente: Das, 2015.

**Tabla 10: Resumen de valores tomados para el estudio.**

Nr.	DB	Peso específico (Kg/m <sup>3</sup> )	Peso saturado (Kg/m <sup>3</sup> )	Cohesión (kg/cm <sup>2</sup> )	Cohesión no drenada (kg/cm <sup>2</sup> )	Ángulo de rozamiento o interno pico (°)	Ángulo de rozamiento o interno residual (°)	Permeabilidad (m/s)	Datos adicionales ...	Textura ...	Descripción
1		1767	1933	0.2333	0.6333	33.3	28.0	Permeable			Conglomerado
2		1920	1943	0.23	0.28	33.3	27.1	Impermeable			Arcilla gravosa
3		783	1317	0.08	0.1167	32.3	14.3	Permeable			Diatomita
4		1920	1943	0.23	0.28	33.3	27.1	Impermeable			Arcilla gravosa

Fuente y elaboración: propias.

#### 4.9. ENSAYOS DE CONTENIDO DE HUMEDAD EN EL PIE DEL TALUD.

A continuación, se muestran los resultados de los ensayos de contenido de 6 muestras obtenidas en distintas zonas del pie de talud.

**Tabla 11: Resumen de valores tomados para el estudio.**

N° CÁPSULA	PESO CÁPSULA	PESO CÁPSULA (suelo seco)	PESO CÁPSULA (suelo húmedo)	W
1	21	70.3	68.6	3.6%
2	21.8	122.6	121.3	1.3%
3	20.5	123.9	120.4	3.5%
4	21.2	132.6	122.2	10.3%
5	21.3	117.6	110.4	8.1%
6	21.7	123.8	118.7	5.3%

Fuente y elaboración: propias.

#### 4.10. HIPÓTESIS DEL BEDROCK.

Las unidades rocosas de la Formación Yuncaypata; calizas, lutitas y limolitas de diferente coloración. Se debe a la alteración de los minerales de hierro.

Estos depósitos se encuentran en casi todo el talud, donde se puede asumir o estimar que la roca madre se encuentra entre 4 y 40 metros de profundidad.

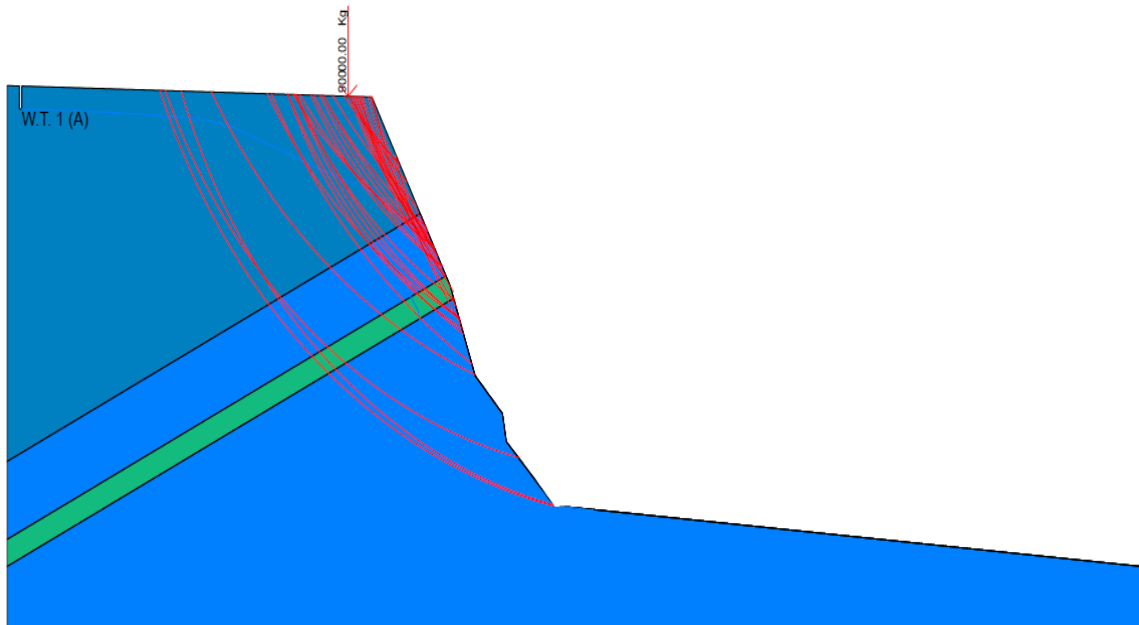
#### 4.11. MODELAMIENTO DEL TALUD.

Tanto el modelamiento del estado pie actual, como el de las soluciones se hizo aplicando el software *Geostru Geoslope* 2018 versión estudiantil. El análisis fue de tipo dinámico, en talud de suelo, dividiendo la ladera en 20 dovelas. Los resultados del análisis se muestran a continuación.

Para el modelamiento se han considera cuatro capas y una carga estática en la cabecera del talud equivalente a la zapata de una edificación de dos pisos.

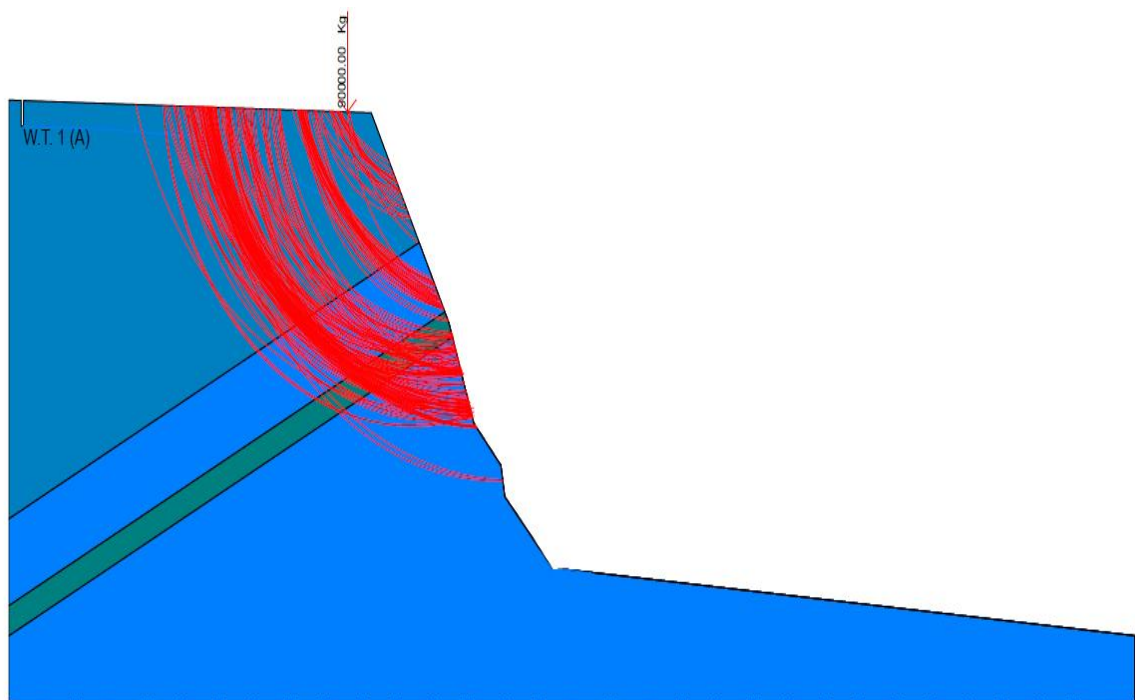
Se ha visto por conveniente evaluar una falla de tipo general en el talud y dos de tipo localizada, una en el pie del talud y la otra en la cabecera. Los factores de seguridad obtenidos son menores a 1.2 y se muestran la figura siguiente.

**Figura 29: Evaluación de falla general del talud sección 1-1.**



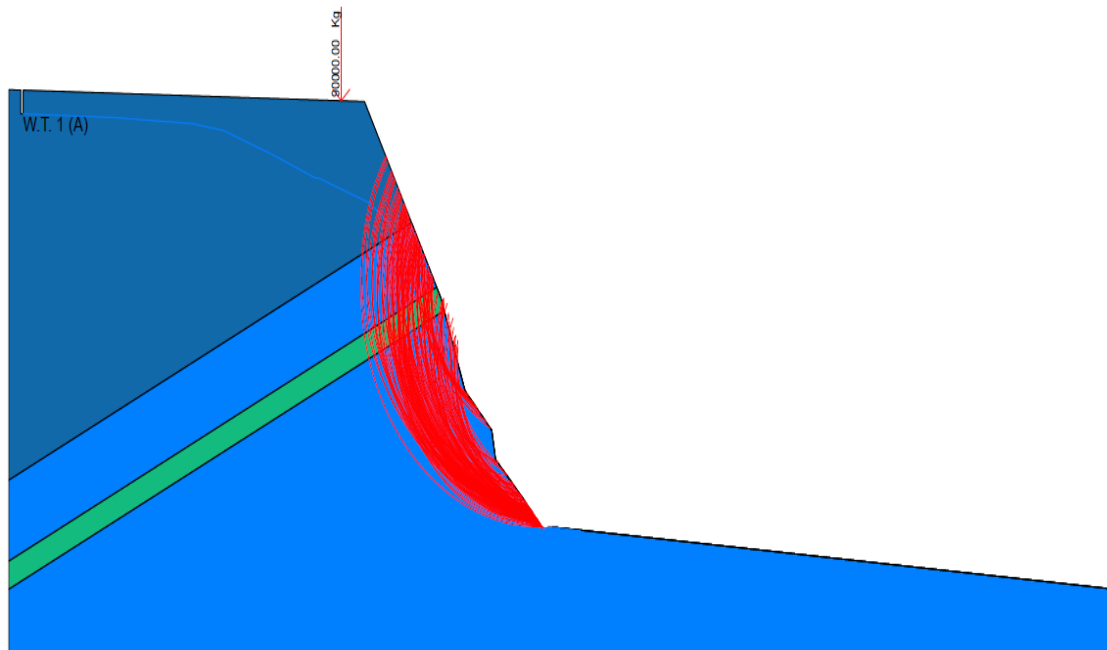
Fuente: GeoStru - Slope V.2018.25.6.1275

**Figura 30: Evaluación de falla localizada en la cabecera del talud sección 1-1.**



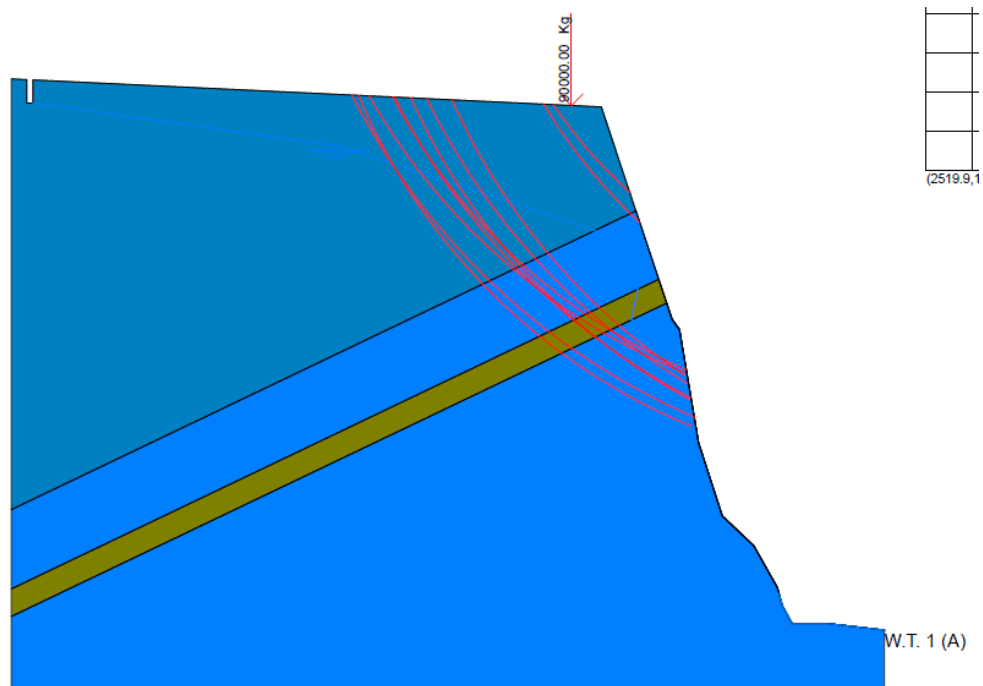
Fuente: GeoStru - Slope V.2018.25.6.1275

**Figura 31: Evaluación de falla localizada en el pie del talud sección 1-1.**



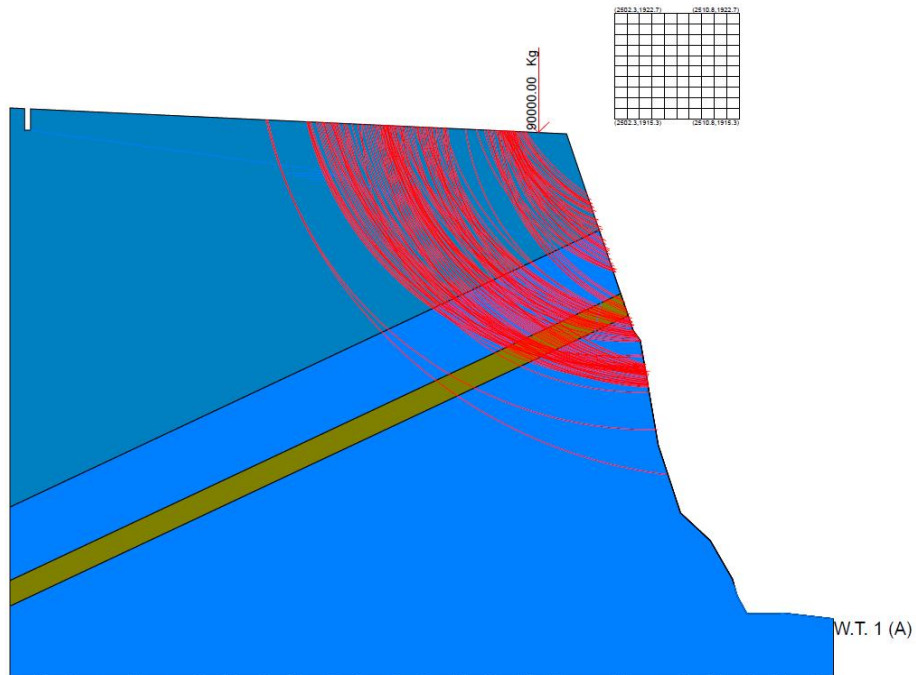
Fuente: GeoStru - Slope V.2018.25.6.1275

**Figura 32: Evaluación de falla general del talud sección 2-2.**



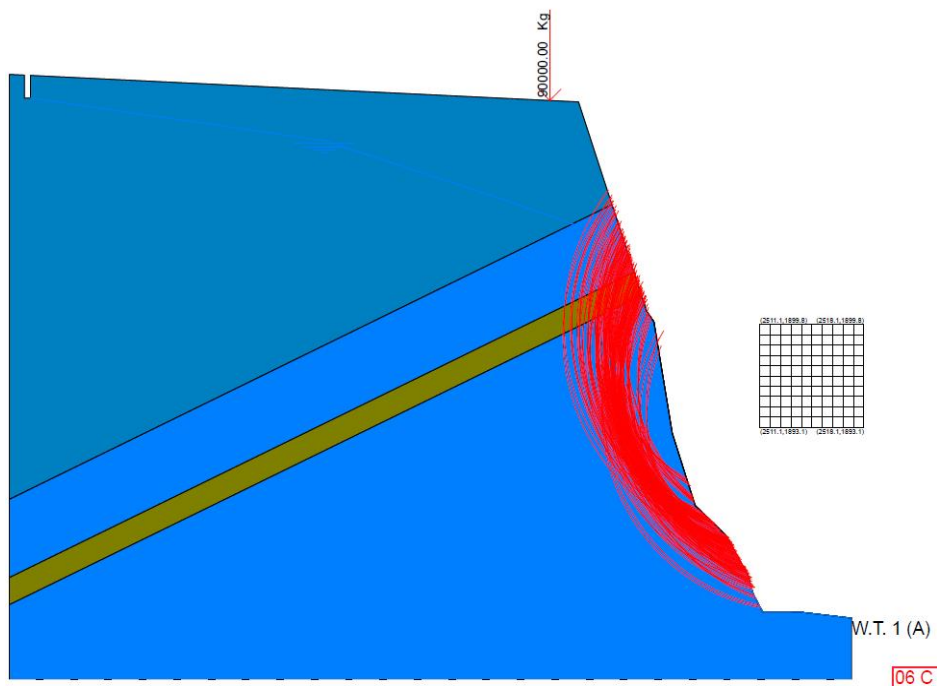
Fuente: GeoStru - Slope V.2018.25.6.1275

**Figura 33: Evaluación de falla localizada en la cabecera del talud sección 2-2.**



Fuente: GeoStru - Slope V.2018.25.6.1275

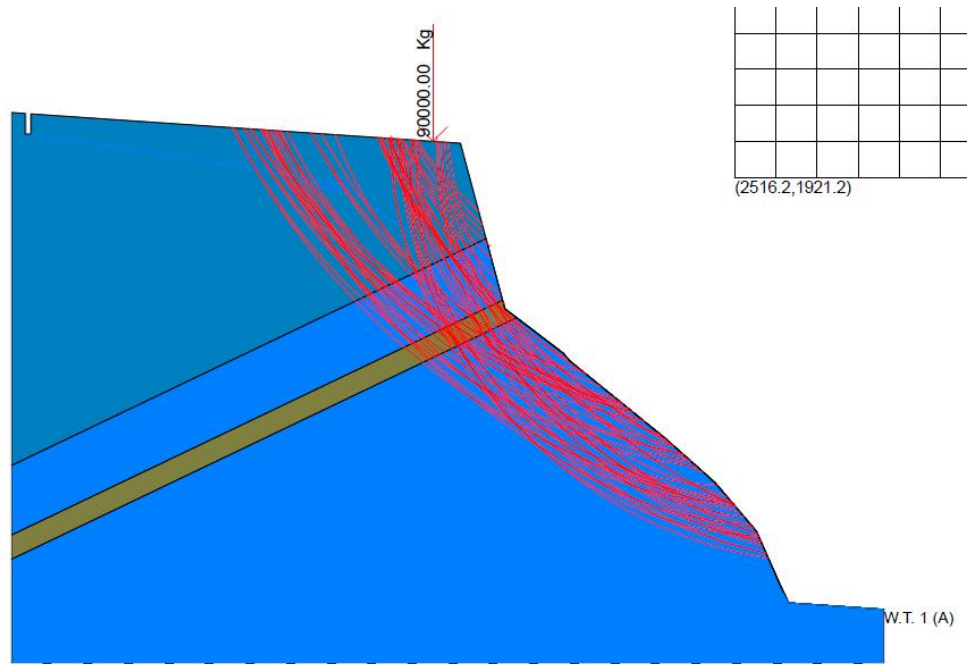
**Figura 34: Evaluación de falla localizada en el pie del talud sección 2-2.**



Fuente: GeoStru - Slope V.2018.25.6.1275

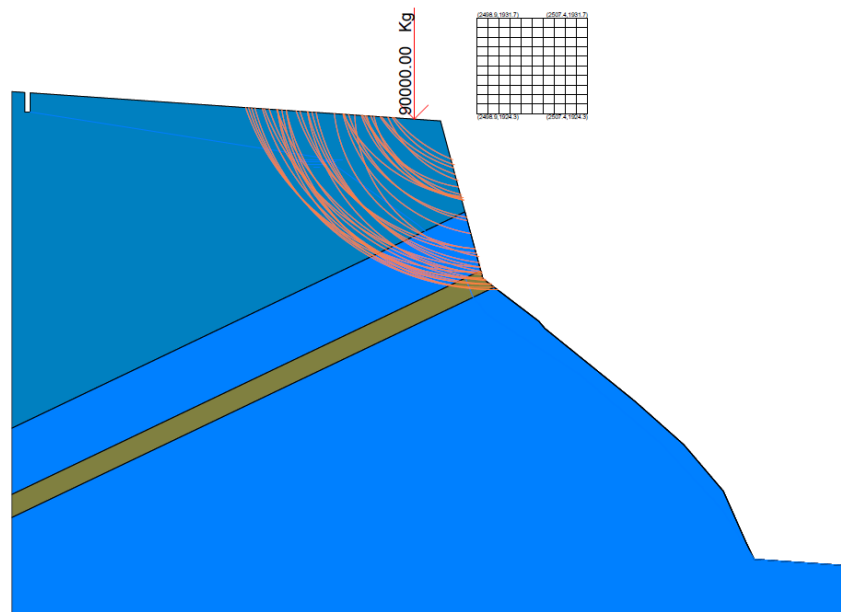


**Figura 35: Evaluación de falla general del talud sección 3-3.**



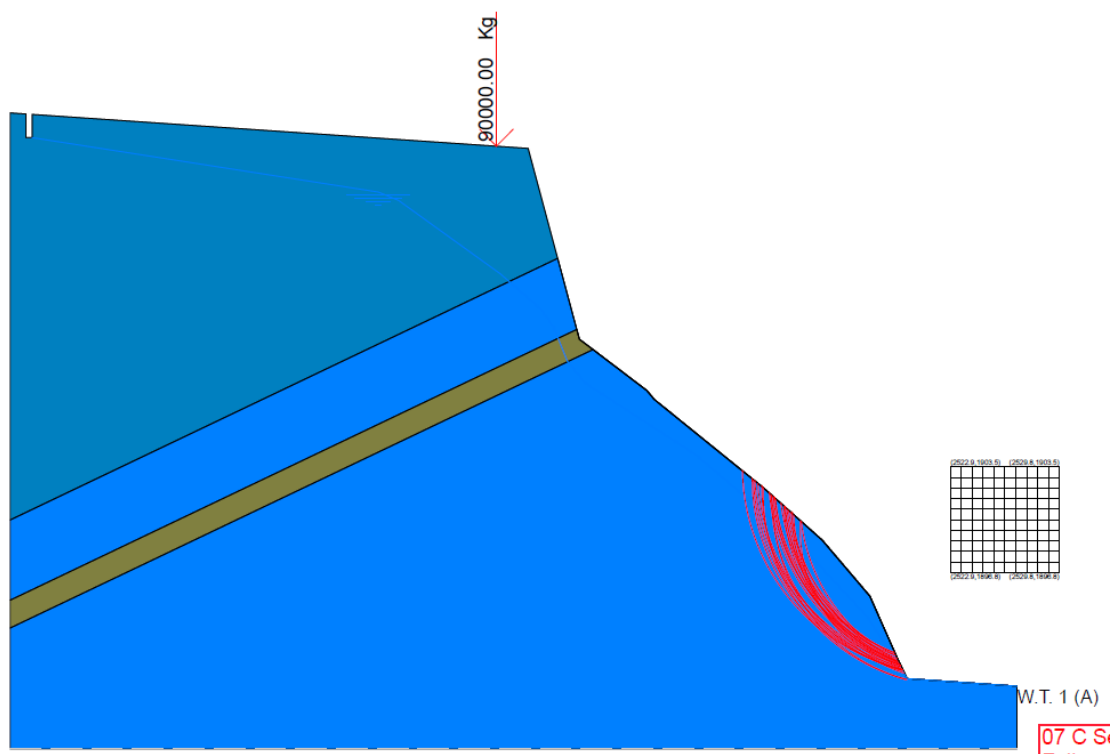
Fuente: GeoStru - Slope V.2018.25.6.1275

**Figura 36: Evaluación de falla localizada en la cabecera del talud sección 3-3.**



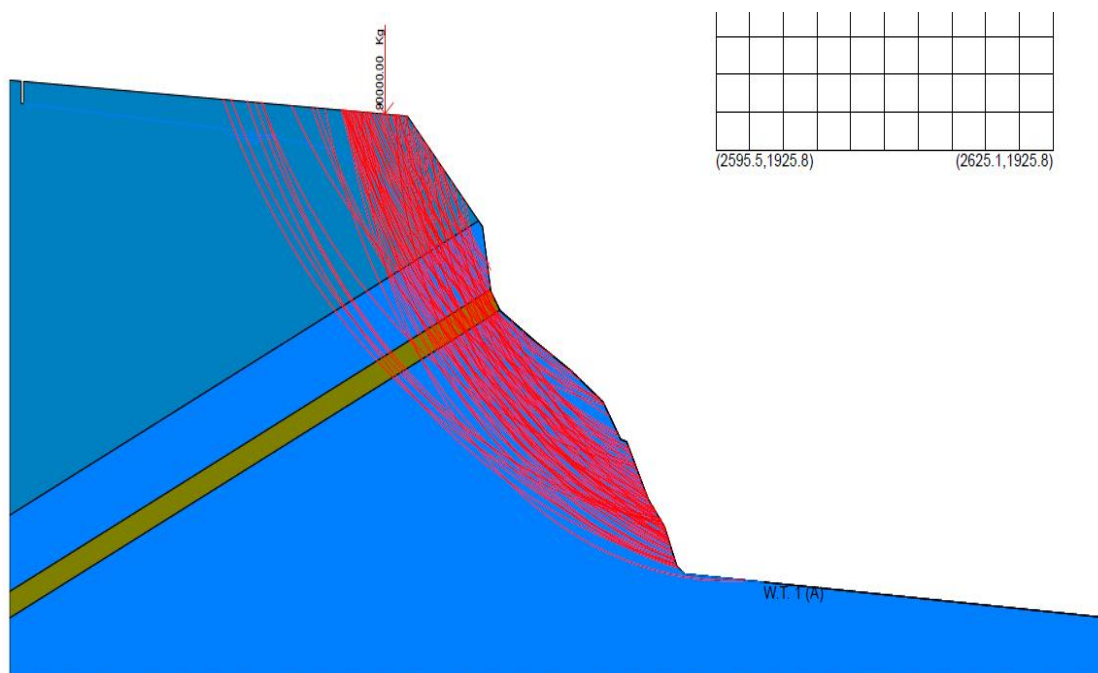
Fuente: GeoStru - Slope V.2018.25.6.1275

**Figura 37: Evaluación de falla localizada en el pie del talud sección 3-3.**



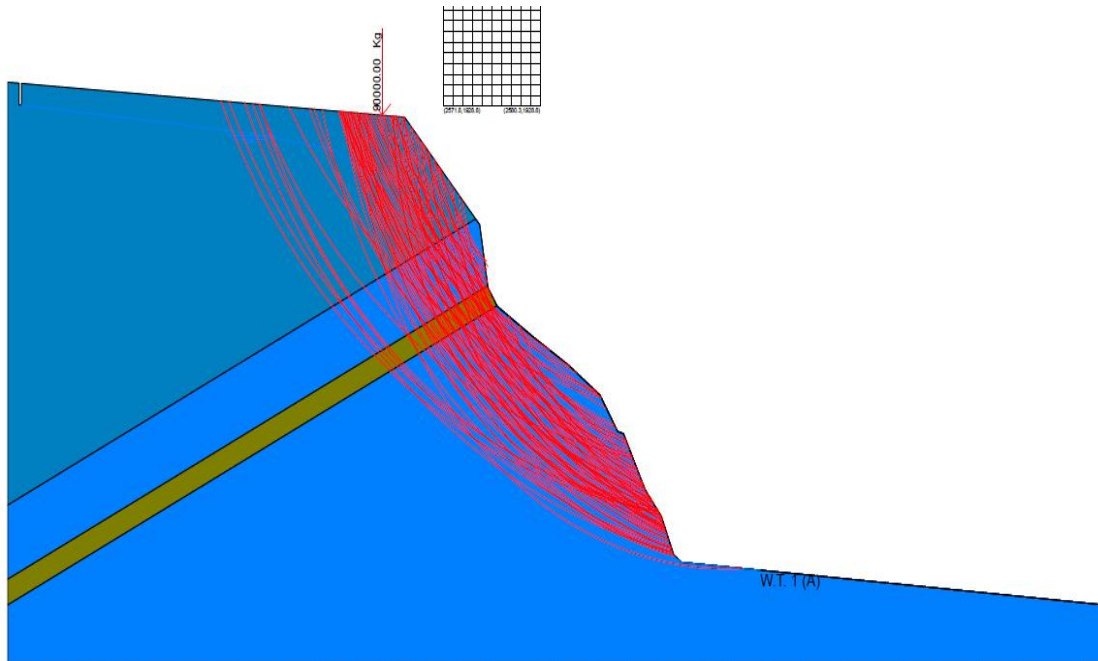
Fuente: GeoStru - Slope V.2018.25.6.1275

**Figura 38: Evaluación de falla general del talud sección 4-4.**



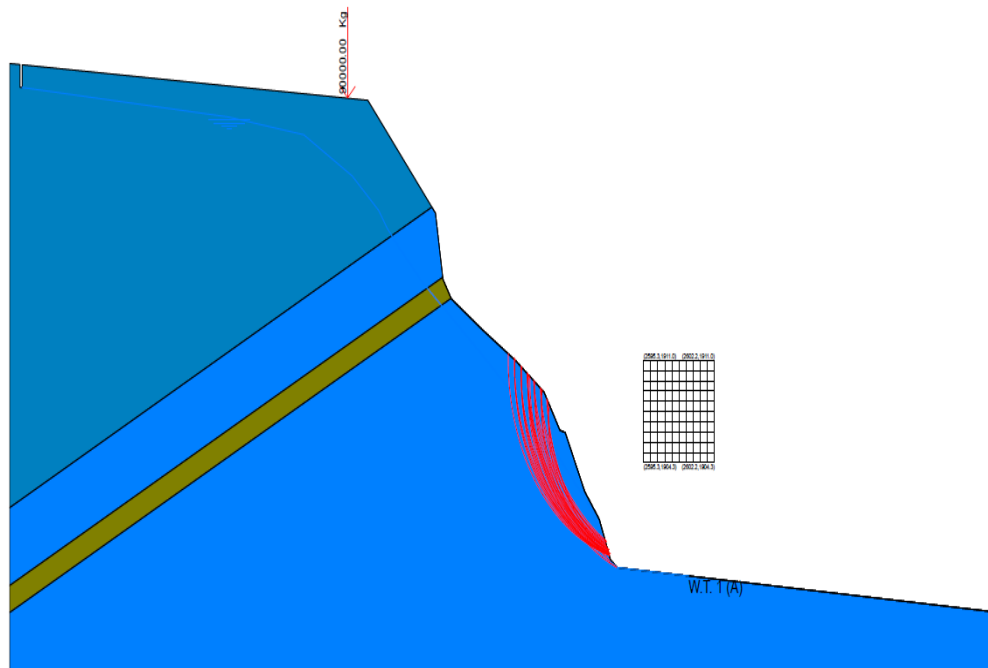
Fuente: GeoStru - Slope V.2018.25.6.1275

**Figura 39: Evaluación de falla localizada en la cabecera del talud sección 4-4.**



Fuente: GeoStru - Slope V.2018.25.6.1275

**Figura 40: Evaluación de falla localizada en el pie del talud sección 4-4.**



Fuente: GeoStru - Slope V.2018.25.6.1275

#### 4.12. DETERMINACIÓN DEL ÁREA DE RETIRO.

La determinación del área de retiro por razones de seguridad se hizo tomando en cuenta la envolvente de superficies potenciales de falla de las distintas secciones cuyos factores de seguridad en los cálculos de estabilidad incluido un sismo de diseño, estaban entre 0.3 y 1.1, es decir las superficies inestables e inseguras. Así se determinó la tabla de distancias que se aprecia a continuación.

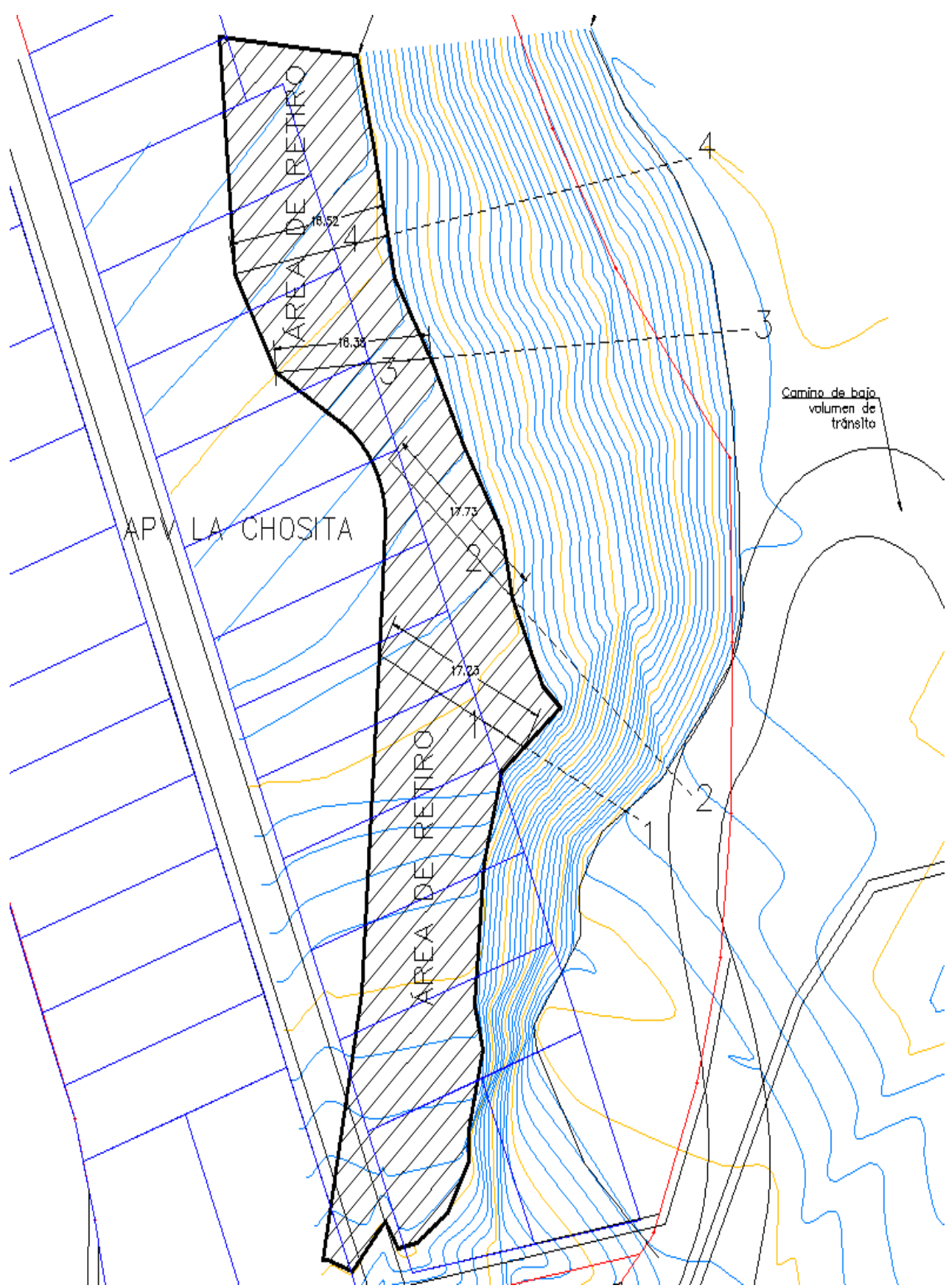
**Tabla 12: Distancias de riesgo por sección.**

Sección	Tipo de falla	Distancia de la cabecera en riesgo (m)	Máximo por sección
1 - 1	General	17.23	17.23
1 - 1	Cabecera	17.14	
1 - 1	Pie	0	
2 - 2	General	15.67	17.73
2 - 2	Cabecera	17.73	
2 - 2	Pie	0	
3 - 3	General	16.35	16.35
3 - 3	Cabecera	14.87	
3 - 3	Pie	0	
4 - 4	General	16.52	16.52
4 - 4	Cabecera	16.14	
4 - 4	Pie	0	

Fuente: Análisis de estabilidad, elaboración propia.

Con lo anterior se pudo proyectar en el plano topográfico del talud las distancias de seguridad y por lo tanto el área de retiro. Esto se muestra a continuación.

Figura 41: Área de retiro del talud La Chosita.



Fuente: Propia.

## **CAPITULO V**

### **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.**

De acuerdo con lo expuesto anteriormente, y sobre la base de las conclusiones preliminares presentadas en cada capítulo, se llega a las siguientes conclusiones generales:

#### **CONCLUSIONES**

1. El área de retiro de la cabeza del talud en la APV La Chosita Manzana B del distrito de San Sebastián, provincia y región Cusco, es de 1464.482 m<sup>2</sup>
2. El estado actual de la estabilidad del talud en la APV La Chosita Manzana B del distrito de San Sebastián, provincia y región Cusco, es estable pero no segura.
3. La distancia de riesgo desde la cabecera del talud en la APV La Chosita Manzana B del distrito de San Sebastián, provincia y región Cusco.
4. Sección 1-1 (17.23m)
5. Sección 2-2 (17.73m)

6. *Sección 3-3 (16.35m)*
7. *Sección 4-4 (16.52m)*
8. Se ha determinado la geometría del talud de estudio. Teniéndose un talud de 25 m de longitud por 45 m de altura, con pendiente promedio de  $63^\circ$ .
9. Se ha determinado los parámetros geotécnicos de un estrato del talud de estudio, teniéndose un  $f=24.4^\circ$  y una cohesión  $c=0.24 \text{ kg/cm}^2$ .
10. El agua superficial contribuye a la erosión, meteorización e intemperismo.
11. En el área en general se presentan pequeños deslizamientos localizados.

## RECOMENDACIONES

1. Dentro del plano de zonificación de la municipalidad del Cusco La APV La Chosita se encuentra fuera del borde urbano, y dentro de ZRE (zona de reglamento especial) por lo que se sugiere a la APV La Chosita proceder con los trámites correspondientes para el cambio de uso a Zona Urbana, con la finalidad de acceder a su habilitación urbana, que actualmente no cuenta.
2. Hasta la fecha, la municipalidad de San Sebastian no inicio ningún tipo de estudio ni evaluación en la zona de investigación, por lo que sugiero tener en cuenta esta tesis investigación como antecedente para ayudar a determinar los parámetros del área de retiro que la APV La Chosita en futuro pueda solicitar
3. La zona de exclusión del aeropuerto limita el levantamiento topográfico con UASs (drones), por tanto, se recomiendan técnicas alternativas como fotogrametría terrestre.
4. Monitorear cualquier movimiento de tierra en la cabecera del talud, especialmente producto obras de saneamiento y pavimentación.
5. Durante los trámites de habilitación urbana se deberían tomar en cuenta los peligros geológicos de las zonas destinadas a vivienda.
6. Las edificaciones que pudieran construirse en la cabecera del talud deberían estar limitadas a un máximo de dos pisos.
7. Se recomienda monitorear el movimiento de tierras al pie del talud.
8. Se recomienda para estudios de este tipo considerar la participación y opinión de los moradores de la zona de estudio.



9. Informar a los moradores acerca del riesgo de caída de bloques actualmente sueltos.

## BIBLIOGRAFÍA

- Bogena, Herbst, Huisman, Rosenbaum, Weuthen, & Vereecken. (2010). *Potential of Wireless Sensor Networks for Measuring Soil Water Content Variability*. Madison: Soil Science Society of America.
- Dipp Ramos, N., Fuentes Medina, N., Cruz Suárez, L., Terrazas Alvarado, L., & Collado Solís, C. (2009). *Esfuerzos Cortantes y de Aplastamiento*. Managua: Universidad Centroamericana.
- Experimento casero*. (2018). Obtenido de [https://www.researchgate.net/figure/Figura1-Experimento-casero-para-determinar-el-peso-especifico-de-las-particulas-solidas-d\\_fig1\\_256677978](https://www.researchgate.net/figure/Figura1-Experimento-casero-para-determinar-el-peso-especifico-de-las-particulas-solidas-d_fig1_256677978)
- Huamán, N., Yupanquib, G., Allccaa, E., & Allccac, G. (2016). EFECTO DEL CONTENIDO DE HUMEDAD Y TEMPERATURA SOBRE LA DIFUSIVIDAD TÉRMICA EN GRANOS ANDINO. *Rev Soc Quím Perú*. 82(3), 259-271.
- Ingeosolum*. (2018). Obtenido de <http://ingeosolum.blogspot.com/2011/07/la-perdida-de-succion-en-la-estabilidad.html>
- LAZO, W., & CAMPOS, R. (2014). *SISTEMA REMOTO DE CONTROL Y MONITOREO DE LA HUMEDAD DEL SUELO PARA REDUCIR EL CONSUMO DE AGUA DEL MAÍZ CON RIEGO POR GOTEO EN EL VALLE DE PAMPAS*. PAMPAS: UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAMELICA.
- LOPEZ, A. R. (2006). *ESTABILIZACION DEL TALUD DE LA COSTA VERDE EN LA ZONA DEL DISTRITO DE BARRANCO*. LIMA: UNIVERSIDAD CATOLICA DEL PERU.
- Minedu. (Abril de 2014). *Magnitudes de la Educación - ESCALE - Unidad de Estadística Educativa*. Obtenido de <http://escale.minedu.gob.pe/magnitudes>
- Salour, F. (2015). *Moisture Influence on Structural Behaviour of Pavements*. Stockholm: KTH, Royal Institute of Technology.
- Sotelo, M., Mazari, M., Garibay, J., & Nazarian, S. (2014). Variability of Moisture Content Measurement Devices on Subgrade Soils. *Geo-Congress 2014 Technical Papers, GSP 234 © ASCE 2014*, 1425-1432.
- Taludes*. (2018). Obtenido de <https://es.slideshare.net/Irveen/taludes>
- Varas, Z. (2013). *DISEÑO DE UN SISTEMA ELECTRÓNICO PARA RIEGO DE CÉSPED DE JARDÍN EMPLEANDO UN SENSOR DE HUMEDAD DE SUELOS Y COMUNICACIÓN INALÁMBRICA*. Lima: PUCP.

## MATRIZ DE CONSISTENCIA

	PROBLEMA	OBJETIVO	HIPOTESIS	DISEÑO
GENERAL	¿Cuál es el área de retiro de la cabeza del talud en la APV La Chosita Manzana B del distrito de San Sebastián, provincia y región Cusco?	Determinar el área de retiro de la cabeza del talud en la APV La Chosita Manzana B del distrito de San Sebastián, provincia y región Cusco	La determinación del área de retiro de la cabeza del talud influye significativamente en la APV La Chosita Manzana B del distrito de San Sebastián, provincia y región Cusco	Tipo de Investigación: La presente investigación tiene un enfoque cuantitativo del tipo descriptiva ya que tiene por finalidad detallar los hechos tal como son observados, en este caso el análisis e identificación visual e histórica de los diferentes puntos susceptibles a deslizamientos, a través de visitas de campo y analítico porque tiene como objetivo resolver un determinado problema, el cual es conocer el comportamiento del talud en laderas.
ESPECIFICO	¿Cuál es el estado actual de la estabilidad del talud en la APV La Chosita Manzana B del distrito de San Sebastián, provincia y región Cusco?	Determinar el estado actual de la estabilidad del talud en la APV La Chosita Manzana B del distrito de San Sebastián, provincia y región Cusco.	La determinación del estado actual de la estabilidad del talud alerta sobre el riesgo a la APV La Chosita Manzana B del distrito de San Sebastián, provincia y región Cusco.	Método de Investigación : Consideramos a la presente investigación dentro del diseño metodológico descriptiva exploratoria, en razón a las variables desarrolladas en la investigación. Para alcanzar los objetivos anteriormente descritos, se deberán cumplir los siguientes pasos: •Revisión, recopilación y elaboración de informaciones preliminares. •Selección, establecimiento de condiciones y caracterización del sitio. •Caracterización geológica. •Caracterización estructural. •Caracterización Geotécnica. •Ensayos de laboratorio. •Análisis de los modos de falla en taludes. Población: La población tomada para la presente investigación es el área geográfica perteneciente a la APV La Chosita Manzana B del distrito de San Sebastián, provincia y región del Cusco. Muestra: El muestreo se realizará por muestreo universal: • Macizo rocoso. • Roca intacta. • Discontinuidades. • Litología. Técnicas:
ESPECIFICO	¿Cuál es la distancia de riesgo desde la cabecera del talud en la APV La Chosita Manzana B del distrito de San Sebastián, provincia y región Cusco?	Determinar la distancia de riesgo desde la cabecera del talud en la APV La Chosita Manzana B del distrito de San Sebastián, provincia y región Cusco?	La determinación de la distancia de riesgo desde la cabecera del talud previene accidentes y pérdidas humanas en la APV La Chosita Manzana B del distrito de San Sebastián, provincia y región Cusco	

## **ANEXOS**

**ANEXO I Informe de los ensayos de mecánica de suelos.**

**ANEXO**

**ANEXO II Panel fotográfico de la investigación.**

**ANEXO**

**ANEXO III Planos.**