



# UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



## TESIS

---

Influencia de la Topografía, Estudios de infiltración y Propiedades mecánicas del suelo en la evaluación del factor de seguridad del talud de la margen izquierda de la quebrada Ayahuayco, Cusco - 2022

---

Presentado por

Bach. Mijhail Walter Salas Quispe

Bach. Max Carlos Ynquiltupa Pumayalli

Para optar al Título Profesional de

Ingeniero Civil

Asesor:

Dr. Ing. Víctor Chacón Sánchez

CUSCO – PERÚ

2022



## Dedicatorias

Dedico este trabajo a mis papas Walter y María, a mi hermana Selena, por ser siempre el impulso que necesitaba en los momentos difíciles, por nunca dudar de mí, y brindarme su apoyo en todo momento, llenándome de fortaleza para poder cumplir mis sueños.

A mis primos y a mis tíos, que siempre confiaron en mí y me dieron aliento para seguir adelante, a pesar de cualquier dificultad presente siempre estuvieron a mi lado.

A mi prima Stephanie, quien siempre me dio consejos para mejorar como persona e ir creciendo cada día más y más.

A mi amigo Elvis, que siempre estuvo para apoyarme en mis peores momentos y levantarme los ánimos para continuar avanzando.

A mi hermano y mejor amigo Max Carlos, con el que siempre luchamos juntos para seguir adelante y cumplir nuestros objetivos trabajando arduamente.

### **Mijhail Walter Salas Quispe**

Dedico este trabajo a mi mamá Adelaida Pumayalli, mi papá Rodolfo Ynquiltupa, mis hermanos Rolfi QEPD y Edward, por ser el apoyo durante todo el proceso de aprendizaje y crecimiento durante este largo camino, a mi amigo Mijhail, quien con su ayuda fue posible elaborar esta investigación. También quiero dedicar esta tesis a Yanina a quien quiero tanto y quien me ayudo a crecer y mejorar como persona cada día.

### **Max Carlos Ynquiltupa Pumayalli**



## Agradecimientos

Agradezco a Dios por llenarme de fortaleza para siempre seguir adelante.

Agradezco a mi familia por brindarme todo el apoyo que necesitaba para poder cumplir cada meta que me proponía y por el impulso que siempre tuve de su parte para ser mejor cada día.

De la misma manera agradezco a la Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Universidad Andina del Cusco, por permitir cumplir mi sueño de ser un Ingeniero Civil, a mis docentes y compañeros por siempre enseñarme algo nuevo cada día y poder formarme como un profesional integral.

Un agradecimiento especial al Mgt. Ing. Víctor Chacón Sánchez, por brindarnos su apoyo en la ejecución de la tesis de investigación.

Agradezco a todos mis amigos y seres queridos que siempre estuvieron para darme una mano cuando más lo necesitaba.

Se agradece de manera especial a los pobladores de la zona de la Quebrada Ayahuayco, por darnos las facilidades necesarias para realizar la investigación.

### **Mijhail Walter Salas Quispe**

Me gustaría agradecer a Dios por mantenerme en el buen camino y permitirme llegar hasta aquí.

A mi mamá Adelaida Pumayalli por estar conmigo en cada etapa del proceso de mi educación, y estuvo conmigo aun en cada tropiezo brindándome su apoyo incondicional hasta llegar hasta llegar a cumplir mis objetivos.

A todos mis grandes maestros quienes hábilmente transmitieron sus conocimientos y también al. Mgt. Ing. Víctor Chacón Sánchez, por brindarnos su apoyo en la ejecución de la tesis de investigación

Finalmente quisiera agradecer con todo mi corazón a Yanina León quien creyó en mí, me inspiró y motivo para seguir adelante y no rendirme hasta alcanzar mis sueños, y aún sigue haciéndolo cada día.

### **Max Carlos Ynquiltupa Pumayalli**



## Resumen

El trabajo de investigación se realizó en el distrito de Cusco, de la Provincia y Departamento de Cusco, la finalidad de la investigación fue la determinación del factor de seguridad del talud de la margen izquierda de la Quebrada Ayahuayco, tomando en cuentas las características topográficas que presenta el talud, así como sus propiedades mecánicas del suelo que lo compone.

Se realizó el levantamiento topográfico para poder obtener la configuración de la superficie del talud donde se propuso establecer 3 cortes a lo largo de la quebrada en la dirección del deslizamiento que serán modelados para el cálculo del factor de seguridad, también se desarrolló ensayos in situ conocido como el Método de Porchet para hallar la infiltración y finalmente para la determinación de las propiedades mecánicas del suelo se realizaron de 8 prospecciones, 3 en cada uno de los puntos escogidos. Las muestras tomadas de las calicatas fueron llevadas a laboratorio para ser sometidas a los ensayos de contenido de humedad, límites de consistencia, granulometría, corte directo, clasificación de suelos por SUCS.

Obtenido las propiedades físicas y mecánicas del suelo (Ángulo de Fricción, cohesión y peso específico) así como los perfiles de cada corte con sus respectivas coordenadas, se procedió introducir estos valores en el software Slide, en donde se calculó el factor de seguridad por los métodos (Ordinario de Fellenius, Bishop Simplificado y Jambu Simplificado), obteniendo el menor valor de FS y eligiendo el más crítico de cada método Corte I (FS = 1.009 Jambu simplificado), Corte II (FS = 1.105 J.S) y Corte III (FS = 1.026 J.S), puesto que los resultados de FS son menores que 1.5 pero mayores a 1 podemos decir que el talud en las condiciones que se encontró es RELATIVAMENTE ESTABLE.

Como aporte a esta investigación se ofrece una propuesta de estabilización de la quebrada de Ayahuayco que consiste en mejorar el factor de seguridad por medio de modelamiento de muro de contención y el uso de anclajes que serán colocados de manera perpendicular al perfil longitudinal de la quebrada con la finalidad de sujetar el suelo y así se incremente el FS. Se opto por estos métodos de estabilización ya que en la zona es no es posible variar la topografía del lugar para proponer otras soluciones como banquetas o muro de gaviones que son más económicos.

**Palabras Clave:** Densidad en Campo, Infiltración, Calicatas, Límites de consistencia, Granulometría, Ángulo de Fricción, Cohesión, Superficie de falla, Método de Fellenius, Método de Bishop Simplificado, Método de Janbú Simplificado.



### Abstract

The research work was carried out in the district of Cusco, of the Province and Department of Cusco, the purpose of the research was to determine the safety factor of the slope of the left bank of the Quebrada Ayahuayco, taking into account the topographic characteristics that presents the slope, as well as its mechanical properties of the soil that makes up the slope.

The topographical survey was carried out in order to obtain the configuration of the slope surface where it was proposed to establish 3 cuts along the creek in the direction of the slide that will be modeled for the calculation of the safety factor, an in situ test was also developed. known as the Porchet Method to find the infiltration and finally to determine the mechanical properties of the soil, 8 surveys were carried out, 3 in each of the chosen points. The samples taken from the test pits were taken to the laboratory to be subjected to moisture content tests, consistency limits, granulometry, direct shear, and SUCS soil classification.

Obtained the physical and mechanical properties of the soil (Angle of Friction, cohesion and specific weight) as well as the profiles of each cut with their respective coordinates, these values were entered in the Slide software, where the safety factor was calculated by the methods (Ordinary Fellenius, Simplified Bishop and Jambu Simplificado), obtaining the lowest value of FS and choosing the most critical of each method Cut I (FS = 1.009 Jambu simplified), Cut II (FS = 1.105 J.S) and Cut III ( FS = 1.026 J.S), since the results of FS are less than 1.5 but greater than 1, we can say that the slope in the conditions found is RELATIVELY STABLE.

As a contribution to this research, a proposal to stabilize the Ayahuayco ravine is offered, which consists of improving the safety factor through retaining wall modeling and the use of anchors that will be placed perpendicular to the longitudinal profile of the ravine with the purpose of holding the soil and thus increasing the SF. These stabilization methods were chosen since in the area it is not possible to vary the topography of the place to propose other solutions such as sidewalks or gabion walls that are cheaper.

**Keywords:** Field Density, Infiltration, Pits, Consistency Limits, Particle Size, Friction Angle, Cohesion, Failure Surface, Fellenius Method, Simplified Bishop Method, Simplified Janbú Method.



## Introducción

“Influencia de la Topografía, Estudios de infiltración y Propiedades mecánicas del suelo en la evaluación del factor de seguridad del talud de la margen izquierda de la quebrada Ayahuayco, Cusco – 2022”, es un trabajo de investigación que pertenece a la rama de geotecnia dentro de la Ingeniería Civil; el cual se realizó en la Ciudad del Cusco.

En la Quebrada Ayahuayco del Distrito de Cusco se encuentran viviendo una gran cantidad de familias tanto a las laderas como en el mismo talud de la quebrada, dicha quebrada ha sido catalogada como un sector de alta peligrosidad según un estudio realizado por el Instituto Nacional de Defensa Civil (INDECI), por lo que se realizó un estudio profundo sobre la estabilidad del talud de la Quebrada Ayahuayco, para saber el riesgo que corren las personas que viven en esta zona.

El presente trabajo de investigación se hizo en el Departamento del Cusco, Provincia y Distrito del Cusco, cuyo objetivo principal es evaluar el factor de seguridad del talud correspondiente a la margen izquierda de la quebrada Ayahuayco, en función a la topografía, estudios de infiltración y propiedades físicas y mecánicas del suelo que presenta el talud.

La presente tesis pretende demostrar la condición actual en la que se encuentra el talud, y de la misma manera corroborar si el talud de la quebrada podría fallar y poner en riesgo la vida de las personas que residen en este sector, realizando el cálculo del factor de seguridad en la superficie de falla del talud.

Para la elaboración de la investigación se hicieron distintas visitas a campo donde se realizó el levantamiento topográfico y los ensayos in situ, así como la toma de muestras obtenidas de las calicatas para los ensayos de laboratorio. Y de esta manera poder determinar el factor de seguridad modelándolo en el Software Slide y determinando el valor por 3 diferentes métodos (Método de Bishop Simplificado, Método de Janbú Simplificado, Método de Fellenius).

La presente Tesis de investigación está compuesta por cinco capítulos: El capítulo I donde se puede apreciar la ubicación del ámbito de influencia de la tesis, la identificación del problema, justificación e importancia de la investigación, las limitaciones y los objetivos. En el capítulo II se puede apreciar los antecedentes que se tomaron en cuenta para la ejecución de la Tesis, de la misma manera se puede apreciar el marco teórico, las hipótesis, y finalmente el cuadro de operacionalización de variables.



En el capítulo III se encuentra la metodología de investigación, los instrumentos utilizados para la toma de datos y los procedimientos que se siguieron para la obtención de los resultados. En el capítulo IV se hace mención a los resultados obtenidos en los ensayos, así como el resultado más importante que es el valor del factor de seguridad del talud de la margen izquierda de la Quebrada Ayahuayco. En el capítulo V se presentan las discusiones obtenidas. Finalmente se aprecian las conclusiones y recomendaciones, conjuntamente con los anexos de la investigación.



## Índice General

Dedicatorias.....	i
Agradecimientos.....	ii
Resumen .....	iii
Abstract .....	iv
Introducción .....	v
Índice General .....	vii
Índice de Tablas .....	x
Índice de Figuras .....	xix
Capítulo I: Planteamiento del Problema.....	1
1.1 Identificación del Problema.....	1
1.1.1 Descripción del Problema .....	1
1.1.2 Formulación Interrogativa del Problema.....	3
1.2 Justificación e Importancia de la Investigación.....	3
1.2.1 Justificación Técnica.....	3
1.2.2 Justificación Social.....	3
1.2.3 Justificación por Viabilidad. ....	4
1.2.4 Justificación por Relevancia.....	4
1.3 Limitaciones de la Investigación .....	4
1.4 Objetivos de la Investigación .....	5
1.4.1 Objetivo General. ....	5
1.4.2 Objetivos Específicos.....	5
Capítulo II: Marco Teórico .....	6
2.1 Antecedentes de la Tesis.....	6
2.1.1 Antecedentes a Nivel Local.....	6
2.1.2 Antecedentes a Nivel Nacional. ....	8
2.1.3 Antecedentes a Nivel Internacional.....	10
2.2 Bases Teórico - Científicas.....	11
2.2.1 Talud.....	11
2.2.2 Topografía.....	18
2.2.3 Estudios de Infiltración. ....	22
2.2.4 Propiedades Mecánicas del suelo.....	25
2.2.5 Slide.....	48



2.3	Hipótesis .....	49
2.3.1	Hipótesis General. ....	49
2.3.2	Sub Hipótesis.....	49
2.4	Definición de variables .....	50
2.4.1	Variables Independientes. ....	50
2.4.2	Variables Dependientes.....	51
2.4.3	Cuadro de operacionalización de variables.....	52
Capítulo III: Metodología.....		54
3.1	Metodología de la Investigación.....	54
3.1.1	Enfoque de la Investigación. ....	54
3.1.2	Nivel de la Investigación.....	54
3.1.3	Método de la Investigación .....	54
3.2	Diseño de la Investigación.....	54
3.2.1	Diseño metodológico.....	54
3.2.2	Diseño de Ingeniería.....	55
3.3	Población y muestra.....	56
3.3.1	Población.....	56
3.3.2	Muestra.....	56
3.4	Instrumentos .....	58
3.4.1	Instrumentos metodológicos o instrumentos de recolección de datos .....	58
3.4.2	Instrumentos de Ingeniería .....	66
3.5	Procedimiento de Recolección de Datos .....	68
3.5.1	Levantamiento topográfico .....	68
3.5.2	Ensayo de Infiltración – Método de Porchet.....	71
3.5.3	Ensayo de contenido de Humedad .....	76
3.5.4	Ensayo de análisis Granulométrico por tamizado .....	81
3.5.5	Ensayos de límites de consistencia.....	91
3.5.6	Ensayo de corte directo .....	102
3.5.7	Ensayo de densidad de campo.....	130
3.6	Procesamiento de análisis de Datos.....	139
3.6.1	Levantamiento Topográfico .....	139
3.6.2	Estudio de Infiltración.....	152



3.6.3	Ensayo de Contenido de Humedad .....	155
3.6.4	Análisis granulométrico .....	164
3.6.5	Límites de Consistencia .....	173
3.6.6	Ensayo de Corte directo .....	182
3.6.7	Densidad de campo .....	215
3.6.8	Análisis de datos para el cálculo del factor de seguridad.....	224
Capítulo IV: Resultados .....		243
4.1	De la topografía del terreno .....	243
4.2	De los estudios de infiltración .....	244
4.3	Respecto a los estudios de Mecánica de Suelos .....	245
4.4	Respecto al Factor de Seguridad .....	250
Capítulo V: Discusiones.....		253
Glosario .....		255
Conclusiones .....		259
Recomendaciones.....		261
Referencias.....		262
Anexos.....		264



## Índice de Tablas

Tabla 1 Variables Independientes .....	50
Tabla 2 Variables Dependientes.....	51
Tabla 3 Operacionalización de Variables.....	52
Tabla 4 Ensayos necesarios para el análisis del talud de la margen izquierda de la quebrada Ayahuayco.....	57
Tabla 5 Formato N° 01 para registro de datos del levantamiento topográfico .....	58
Tabla 6 Formato N° 02 Ensayo de infiltración .....	59
Tabla 7 Formato N° 03 Ensayo de contenido de humedad.....	60
Tabla 8 Formato N° 04 Ensayo de Granulometría.....	61
Tabla 9 Formato N° 05 Ensayo de límites de consistencia.....	62
Tabla 10 Formato N° 06 Ensayo de Corte Directo .....	63
Tabla 11 Formato N° 07 Ensayo de Corte Directo .....	64
Tabla 12 Formato N° 08 Ensayo de densidad de campo.....	65
Tabla 13 Instrumentos utilizados para el levantamiento topográfico, calicatas y ensayo de contenido de humedad.....	66
Tabla 14 Instrumentos utilizados para los ensayos de granulometría y límites de consistencia .....	67
Tabla 15 Instrumentos utilizados en los ensayos de corte directo y densidad de campo.....	68
Tabla 16 Toma de datos del Ensayo de Infiltración del Pozo 01 .....	73
Tabla 17 Toma de datos del Ensayo de Infiltración del Pozo 02.....	74
Tabla 18 Toma de datos del Ensayo de Infiltración del Pozo 03 .....	75
Tabla 19 Toma de datos del ensayo de contenido de humedad para la calicata C – 01.....	77
Tabla 20 Toma de datos del ensayo de contenido de humedad para la calicata C – 02.....	78
Tabla 21 Toma de datos del ensayo de contenido de humedad para la calicata C - 03 .....	78
Tabla 22 Toma de datos del ensayo de contenido de humedad para la calicata C - 04 .....	79
Tabla 23 Toma de datos del ensayo de contenido de humedad para la calicata C - 05 .....	79
Tabla 24 Toma de datos del ensayo de contenido de humedad para la calicata C - 06 .....	80
Tabla 25 Toma de datos del ensayo de contenido de humedad para la calicata C - 07 .....	80
Tabla 26 Toma de datos del ensayo de contenido de humedad para la calicata C - 08 .....	81
Tabla 27 Toma de datos del ensayo de granulometría de la calicata C - 01 .....	84
Tabla 28 Toma de datos del ensayo de granulometría de la calicata C - 02 .....	85



Tabla 29 Toma de datos del ensayo de granulometría de la calicata C - 03 .....	86
Tabla 30 Toma de datos del ensayo de granulometría de la calicata C - 04 .....	87
Tabla 31 Toma de datos del ensayo de granulometría de la calicata C - 05 .....	88
Tabla 32 Toma de datos del ensayo de granulometría de la calicata C - 06 .....	89
Tabla 33 Toma de datos del ensayo de granulometría de la calicata C - 07 .....	90
Tabla 34 Toma de datos del ensayo de granulometría de la calicata C - 08 .....	91
Tabla 35 Toma de datos del ensayo de límites de consistencia de la calicata C - 01 .....	95
Tabla 36 Toma de datos del ensayo de límites de consistencia de la calicata C - 02 .....	96
Tabla 37 Toma de datos del ensayo de límites de consistencia de la calicata C - 03 .....	97
Tabla 38 Toma de datos del ensayo de límites de consistencia de la calicata C - 04 .....	98
Tabla 39 Toma de datos del ensayo de límites de consistencia de la calicata C - 05 .....	99
Tabla 40 Toma de datos del ensayo de límites de consistencia de la calicata C - 06 .....	100
Tabla 41 Toma de datos del ensayo de límites de consistencia de la calicata C - 07 .....	101
Tabla 42 Toma de datos del ensayo de límites de consistencia de la calicata C - 08 .....	102
Tabla 43 Toma de datos del ensayo de corte directo con una carga normal de 15 kg de la calicata C - 01 .....	106
Tabla 44 Toma de datos del ensayo de corte directo con una carga normal de 30 kg de la calicata C - 01 .....	107
Tabla 45 Toma de datos del ensayo de corte directo con una carga normal de 60 kg de la calicata C - 01 .....	108
Tabla 46 Toma de datos del ensayo de corte directo con una carga normal de 15 kg de la calicata C - 02 .....	109
Tabla 47 Toma de datos del ensayo de corte directo con una carga normal de 30 kg de la calicata C - 02 .....	110
Tabla 48 Toma de datos del ensayo de corte directo con una carga normal de 60 kg de la calicata C - 02 .....	111
Tabla 49 Toma de datos del ensayo de corte directo con una carga normal de 15 kg de la calicata C - 03 .....	112
Tabla 50 Toma de datos del ensayo de corte directo con una carga normal de 30 kg de la calicata C - 03 .....	113
Tabla 51 Toma de datos del ensayo de corte directo con una carga normal de 60 kg de la calicata C - 03 .....	114



Tabla 52 Toma de datos del ensayo de corte directo con una carga normal de 15 kg de la calicata C - 04.....	115
Tabla 53 Toma de datos del ensayo de corte directo con una carga normal de 30 kg de la calicata C - 04.....	116
Tabla 54 Toma de datos del ensayo de corte directo con una carga normal de 60 kg de la calicata C - 04.....	117
Tabla 55 Toma de datos del ensayo de corte directo con una carga normal de 15 kg de la calicata C - 05.....	118
Tabla 56 Toma de datos del ensayo de corte directo con una carga normal de 30 kg de la calicata C - 05.....	119
Tabla 57 Toma de datos del ensayo de corte directo con una carga normal de 60 kg de la calicata C - 05.....	120
Tabla 58 Toma de datos del ensayo de corte directo con una carga normal de 15 kg de la calicata C - 06.....	121
Tabla 59 Toma de datos del ensayo de corte directo con una carga normal de 30 kg de la calicata C - 06.....	122
Tabla 60 Toma de datos del ensayo de corte directo con una carga normal de 60 kg de la calicata C - 06.....	123
Tabla 61 Toma de datos del ensayo de corte directo con una carga normal de 15 kg de la calicata C - 07.....	124
Tabla 62 Toma de datos del ensayo de corte directo con una carga normal de 30 kg de la calicata C - 07.....	125
Tabla 63 Toma de datos del ensayo de corte directo con una carga normal de 60 kg de la calicata C - 07.....	126
Tabla 64 Toma de datos del ensayo de corte directo con una carga normal de 15 kg de la calicata C - 08.....	127
Tabla 65 Toma de datos del ensayo de corte directo con una carga normal de 30 kg de la calicata C - 08.....	128
Tabla 66 Toma de datos del ensayo de corte directo con una carga normal de 60 kg de la calicata C - 08.....	129
Tabla 67 Toma de datos del ensayo de densidad de campo en la calicata C - 01.....	131
Tabla 68 Toma de datos del ensayo de densidad de campo en la calicata C - 02.....	132
Tabla 69 Toma de datos del ensayo de densidad de campo en la calicata C - 03.....	133



Tabla 70 Toma de datos del ensayo de densidad de campo en la calicata C - 04.....	134
Tabla 71 Toma de datos del ensayo de densidad de campo en la calicata C - 05.....	135
Tabla 72 Toma de datos del ensayo de densidad de campo en la calicata C - 06.....	136
Tabla 73 Toma de datos del ensayo de densidad de campo en la calicata C - 07.....	137
Tabla 74 Toma de datos del ensayo de densidad de campo en la calicata C - 08.....	138
Tabla 75 Análisis de datos del levantamiento topográfico del punto 1 – 21 .....	139
Tabla 76 Análisis de datos del levantamiento topográfico del punto 22 - 45 .....	140
Tabla 77 Análisis de datos del levantamiento topográfico del punto 46 - 69 .....	141
Tabla 78 Análisis de datos del levantamiento topográfico del punto 70 - 93 .....	142
Tabla 79 Análisis de datos del levantamiento topográfico del punto 94 - 117 .....	143
Tabla 80 Análisis de datos del levantamiento topográfico del punto 118 - 145 .....	144
Tabla 81 Análisis de datos del levantamiento topográfico del punto 146 - 170 .....	145
Tabla 82 Análisis de datos del levantamiento topográfico del punto 171 - 196 .....	146
Tabla 83 Análisis de datos del levantamiento topográfico del punto 197 - 222 .....	147
Tabla 84 Análisis de datos del levantamiento topográfico del punto 223 - 247 .....	148
Tabla 85 Análisis de datos del levantamiento topográfico del punto 248 - 280 .....	149
Tabla 86 Resultados del Ensayo de Infiltración por el Método de Porchet del Pozo 01 .....	153
Tabla 87 Resultados del Ensayo de Infiltración por el Método de Porchet del Pozo 02 .....	154
Tabla 88 Resultados del Ensayo de Infiltración por el Método de Porchet del Pozo 03 .....	155
Tabla 89 Resultados obtenidos del ensayo de contenido de humedad de la calicata C - 01 ..	156
Tabla 90 Resultados obtenidos del ensayo de contenido de humedad de la calicata C - 02..	157
Tabla 91 Resultados obtenidos del ensayo de contenido de humedad de la calicata C - 03..	158
Tabla 92 Resultados obtenidos del ensayo de contenido de humedad de la calicata C - 04..	159
Tabla 93 Resultados obtenidos del ensayo de contenido de humedad de la calicata C - 05..	160
Tabla 94 Resultados obtenidos del ensayo de contenido de humedad de la calicata C - 06..	161
Tabla 95 Resultados obtenidos del ensayo de contenido de humedad de la calicata C - 07..	162
Tabla 96 Resultados obtenidos del ensayo de contenido de humedad de la calicata C - 08..	163
Tabla 97 Resultados obtenidos en el ensayo de granulometría de la calicata C - 01 .....	165
Tabla 98 Resultados obtenidos en el ensayo de granulometría de la calicata C - 02.....	166
Tabla 99 Resultados obtenidos en el ensayo de granulometría de la calicata C - 03.....	167
Tabla 100 Resultados obtenidos en el ensayo de granulometría de la calicata C - 04.....	168
Tabla 101 Resultados obtenidos en el ensayo de granulometría de la calicata C - 05.....	169
Tabla 102 Resultados obtenidos en el ensayo de granulometría de la calicata C - 06.....	170



Tabla 103 Resultados obtenidos en el ensayo de granulometría de la calicata C - 07.....	171
Tabla 104 Resultados obtenidos en el ensayo de granulometría de la calicata C - 08.....	172
Tabla 105 Resultados obtenidos en el ensayo de límites de consistencia de la calicata C - 01 .....	174
Tabla 106 Resultados obtenidos en el ensayo de límites de consistencia de la calicata C - 02 .....	175
Tabla 107 Resultados obtenidos en el ensayo de límites de consistencia de la calicata C - 03 .....	176
Tabla 108 Resultados obtenidos en el ensayo de límites de consistencia de la calicata C - 04 .....	177
Tabla 109 Resultados obtenidos en el ensayo de límites de consistencia de la calicata C - 05 .....	178
Tabla 110 Resultados obtenidos en el ensayo de límites de consistencia de la calicata C - 06 .....	179
Tabla 111 Resultados obtenidos en el ensayo de límites de consistencia de la calicata C - 07 .....	180
Tabla 112 Resultados obtenidos en el ensayo de límites de consistencia de la calicata C - 08 .....	181
Tabla 113 Resultados obtenidos en el ensayo de corte directo con una carga normal de 15 kg de la calicata C - 01 .....	183
Tabla 114 Resultados obtenidos en el ensayo de corte directo con una carga normal de 30 kg de la calicata C - 01 .....	184
Tabla 115 Resultados obtenidos en el ensayo de corte directo con una carga normal de 60 kg de la calicata C - 01 .....	185
Tabla 116 Determinación del ángulo de fricción y cohesión del suelo de la calicata C - 01.	186
Tabla 117 Resultados obtenidos en el ensayo de corte directo con una carga normal de 15 kg de la calicata C - 02.....	187
Tabla 118 Resultados obtenidos en el ensayo de corte directo con una carga normal de 30 kg de la calicata C - 02.....	188
Tabla 119 Resultados obtenidos en el ensayo de corte directo con una carga normal de 60 kg de la calicata C - 02.....	189
Tabla 120 Determinación del ángulo de fricción y cohesión del suelo de la calicata C - 02.	190



Tabla 121 Resultados obtenidos en el ensayo de corte directo con una carga normal de 15 kg de la calicata C - 03 .....	191
Tabla 122 Resultados obtenidos en el ensayo de corte directo con una carga normal de 30 kg de la calicata C - 03 .....	192
Tabla 123 Resultados obtenidos en el ensayo de corte directo con una carga normal de 60 kg de la calicata C - 03 .....	193
Tabla 124 Determinación del ángulo de fricción y cohesión del suelo de la calicata C - 03.	194
Tabla 125 Resultados obtenidos en el ensayo de corte directo con una carga normal de 15 kg de la calicata C - 04 .....	195
Tabla 126 Resultados obtenidos en el ensayo de corte directo con una carga normal de 30 kg de la calicata C - 04 .....	196
Tabla 127 Resultados obtenidos en el ensayo de corte directo con una carga normal de 60 kg de la calicata C - 04 .....	197
Tabla 128 Determinación del ángulo de fricción y cohesión del suelo de la calicata C - 04.	198
Tabla 129 Resultados obtenidos en el ensayo de corte directo con una carga normal de 15 kg de la calicata C - 05 .....	199
Tabla 130 Resultados obtenidos en el ensayo de corte directo con una carga normal de 30 kg de la calicata C - 05 .....	200
Tabla 131 Resultados obtenidos en el ensayo de corte directo con una carga normal de 60 kg de la calicata C - 05 .....	201
Tabla 132 Determinación del ángulo de fricción y cohesión del suelo de la calicata C - 05.	202
Tabla 133 Resultados obtenidos en el ensayo de corte directo con una carga normal de 15 kg de la calicata C - 06 .....	203
Tabla 134 Resultados obtenidos en el ensayo de corte directo con una carga normal de 30 kg de la calicata C - 06 .....	204
Tabla 135 Resultados obtenidos en el ensayo de corte directo con una carga normal de 60 kg de la calicata C - 06 .....	205
Tabla 136 Determinación del ángulo de fricción y cohesión del suelo de la calicata C - 06.	206
Tabla 137 Resultados obtenidos en el ensayo de corte directo con una carga normal de 15 kg de la calicata C - 07 .....	207
Tabla 138 Resultados obtenidos en el ensayo de corte directo con una carga normal de 30 kg de la calicata C - 07 .....	208



Tabla 139 Resultados obtenidos en el ensayo de corte directo con una carga normal de 60 kg de la calicata C - 07 .....	209
Tabla 140 Determinación del ángulo de fricción y cohesión del suelo de la calicata C - 07.	210
Tabla 141 Resultados obtenidos en el ensayo de corte directo con una carga normal de 15 kg de la calicata C - 08 .....	211
Tabla 142 Resultados obtenidos en el ensayo de corte directo con una carga normal de 30 kg de la calicata C - 08 .....	212
Tabla 143 Resultados obtenidos en el ensayo de corte directo con una carga normal de 60 kg de la calicata C - 08 .....	213
Tabla 144 Determinación del ángulo de fricción y cohesión del suelo de la calicata C - 08.	214
Tabla 145 Resultados obtenidos del ensayo de densidad de campo en la calicata C - 01 .....	216
Tabla 146 Resultados obtenidos del ensayo de densidad de campo en la calicata C - 02 .....	217
Tabla 147 Resultados obtenidos del ensayo de densidad de campo en la calicata C - 03 .....	218
Tabla 148 Resultados obtenidos del ensayo de densidad de campo en la calicata C - 04 .....	219
Tabla 149 Resultados obtenidos del ensayo de densidad de campo en la calicata C - 05 .....	220
Tabla 150 Resultados obtenidos del ensayo de densidad de campo en la calicata C - 06 .....	221
Tabla 151 Resultados obtenidos del ensayo de densidad de campo en la calicata C - 07 .....	222
Tabla 152 Resultados obtenidos del ensayo de densidad de campo en la calicata C - 08 .....	223
Tabla 153 Pesos específicos de cada estrato .....	225
Tabla 154 Cohesión para cada estrato .....	225
Tabla 155 Ángulo de fricción interna para cada estrato.....	226
Tabla 156 Resultados obtenidos del análisis de factor de seguridad por el Método de Fellenius en el Corte I.....	233
Tabla 157 Resultados obtenidos del análisis de factor de seguridad por el Método Simplificado de Bishop en el Corte I.....	234
Tabla 158 Resultados obtenidos del análisis de factor de seguridad por el Método de Janbú Simplificado en el Corte I .....	235
Tabla 159 Resultados obtenidos del análisis de factor de seguridad por el Método de Fellenius en el Corte II.....	236
Tabla 160 Resultados obtenidos del análisis de factor de seguridad por el Método de Simplificado de Bishop en el Corte II.....	237
Tabla 161 Resultados obtenidos del análisis de factor de seguridad por el Método de Janbú Simplificado en el Corte II .....	238



Tabla 162 Resultados obtenidos del análisis de factor de seguridad por el Método de Fellenius en el Corte III .....	239
Tabla 163 Resultados obtenidos del análisis de factor de seguridad por el Método Simplificado de Bishop en el Corte III .....	240
Tabla 164 Resultados obtenidos del análisis de factor de seguridad por el Método de Janbú en el Corte III .....	241
Tabla 165 Resumen de valores de Factor de seguridad de los métodos aplicados .....	242
Tabla 166 Valores de las pendientes más críticas del talud en estudio .....	243
Tabla 167 Valores de las pendientes más críticas del talud en estudio .....	244
Tabla 168 Clasificación de suelos (SUCS) .....	245
Tabla 169 Detalle del Perfil Estratigráfico de la Prospección N° 02 en el Corte I .....	248
Tabla 170 Detalle del Perfil Estratigráfico de la Prospección N° 04 en el Corte II .....	250
Tabla 171 Detalle del Perfil Estratigráfico de la Prospección N° 08 en el Corte III .....	250
Tabla 172 Valores de Cohesión, Peso Específico, Ángulo de Fricción y Valores de Factor de Seguridad .....	250
Tabla 173 Datos para perfiles y el FS elegido .....	250



## Índice de Figuras

Figura 1: Ubicación de la Quebrada Ayahuayco .....	2
Figura 2: Margen derecha de la Quebrada Ayahuayco .....	2
Figura 3: Falla de un talud.....	11
Figura 4: Nomenclatura de taludes.....	12
Figura 5: Nomenclatura del deslizamiento de un talud.....	13
Figura 6: Caídas de bloques por gravedad .....	14
Figura 7: Volteo de materiales residuales .....	15
Figura 8: Representación de un proceso de reptación.....	15
Figura 9: Deslizamiento en suelos blandos .....	16
Figura 10: Representación de un deslizamiento rotacional típico.....	16
Figura 11: Deslizamiento de Translación en la vía Tijuana - Ensenada en México .....	17
Figura 12: Esquema de un esparcimiento lateral .....	17
Figura 13: Representación de flujos que van a diferentes velocidades.....	18
Figura 14: Relación peso – volumen.....	22
Figura 15: Grafica de una Curva Granulométrica .....	26
Figura 16: Límites de Atterberg .....	28
Figura 17: Equipo para la realización del ensayo de límite líquido .....	28
Figura 18: Grafica del ensayo de límite líquido .....	29
Figura 19: Equipo para la realización del ensayo de límite plástico .....	29
Figura 20: Ensayo de límite plástico .....	30
Figura 21: Clasificación de suelos según el método AASHTO .....	32
Figura 22: Clasificación de suelos según el método AASHTO .....	32
Figura 23: Rango del límite líquido y del índice de plasticidad para suelos en los grupos A-2, A-4, A-5, A-6 y A-7 .....	33
Figura 24: Grafica de Plasticidad .....	34
Figura 25: Clasificación de suelos por el método SUCS .....	35
Figura 26: Clasificación de suelos por el método SUCS .....	36
Figura 27: Resistencia pico y residual.....	40
Figura 28: Envolvente de falla y circulo de Mohr .....	41
Figura 29: Ensayo de corte directo.....	42
Figura 30: Representación del cálculo del factor de seguridad por el método de Fellenius ....	45



Figura 31: Diagrama para determinar el factor $f_0$ para el método de Janbú.....	47
Figura 32: Diseño de ingeniería. ....	55
Figura 33: Reconocimiento del cuerpo del talud para el levantamiento topográfico.....	69
Figura 34: Instrumentos utilizados para el levantamiento topográfico .....	69
Figura 35: Colocando correctamente el prisma para el levantamiento topográfico.....	70
Figura 36: Exportando los datos del levantamiento topográfico.....	70
Figura 37: Realizando la Excavación del pozo para el ensayo de infiltración.....	71
Figura 38: Realizando las mediciones de la profundidad y radio del pozo.....	72
Figura 39: Llenando el pozo con agua .....	72
Figura 40: Tomando medidas del descenso del agua.....	73
Figura 41: Colocando la muestra en el horno .....	76
Figura 42: Retirando la muestra del horno después de 24 horas.....	77
Figura 43: Coloca la muestra lavada en el horno .....	82
Figura 44: Realizando el tamizado manual de la muestra.....	82
Figura 45: Colocando muestra en el tamiz para continuar con el tamizado manual.....	83
Figura 46: Separando las muestras retenidas en cada tamiz .....	83
Figura 47: Preparando la pasta para el ensayo .....	92
Figura 48: Colocando la muestra en la cuchara de Casagrande.....	92
Figura 49: Girando la manivela de la cuchara de Casagrande y contando el número de golpes .....	93
Figura 50: Muestras obtenidas después de realizar el ensayo.....	93
Figura 51: Moldeando los bastones de 3 mm.....	94
Figura 52: Muestras obtenidas durante el ensayo de límite plástico.....	94
Figura 53: Colocando la muestra en la caja de corte.....	103
Figura 54: Preparando la máquina de corte directo para el ensayo.....	104
Figura 55: Colocando la carga normal en la máquina de corte directo.....	104
Figura 56: Anotando los datos del deformímetro de la máquina de corte directo .....	105
Figura 57: Se realiza el agujero para colocar el cono de arena .....	130
Figura 58: Colocación del cono de arena en el agujero para que la arena comience a llenarlo .....	130
Figura 59: Curvas de nivel generadas con los puntos del levantamiento topográfico .....	150
Figura 60: Curvas de nivel geolocalizadas.....	150
Figura 61: Perfil longitudinal del Corte I escogido para el análisis del factor de seguridad .	151



Figura 62: Perfil longitudinal del Corte II escogido para el análisis del factor de seguridad	151
Figura 63: Perfil longitudinal del Corte III escogido para el análisis del factor de seguridad	152
Figura 64: Perfil longitudinal quebrada Ayahuayco .....	224
Figura 65: Datos necesarios para el procesamiento y cálculo de factor de seguridad .....	226
Figura 66: Factor de seguridad método Ordinario Fellenius perfil Corte I.....	227
Figura 67: Factor de seguridad método Bishop simplificado perfil Corte I.....	228
Figura 68: Factor de seguridad método Janbú Simplificado perfil Corte I.....	228
Figura 69: Factor de seguridad método Ordinario Fellenius perfil Corte II .....	229
Figura 70: Factor de seguridad método Bishop simplificado perfil Corte II .....	229
Figura 71: Factor de seguridad método Janbú Simplificado perfil Corte II.....	230
Figura 72: Factor de seguridad método Ordinario Fellenius perfil Corte III .....	230
Figura 73: Factor de seguridad método Bishop simplificado perfil Corte III.....	231
Figura 74: Factor de seguridad método Janbú Simplificado perfil Corte III .....	231
Figura 75: Representación gráfica de una falla local. ....	232
Figura 76: Perfil longitudinal quebrada Ayahuayco .....	243
Figura 77: Comparación del factor de seguridad vs pendiente .....	244
Figura 78: Comparación del factor de seguridad vs Infiltración.....	245
Figura 79: Mapa Geológico Regional .....	246
Figura 80: Comparación del factor de seguridad vs cohesión .....	249
Figura 81: Comparación del factor de seguridad vs Peso Especifico .....	249
Figura 82: Comparación del factor de seguridad vs Ángulo de Fricción.....	250



## Capítulo I: Planteamiento del Problema

### 1.1 Identificación del Problema

#### 1.1.1 Descripción del Problema

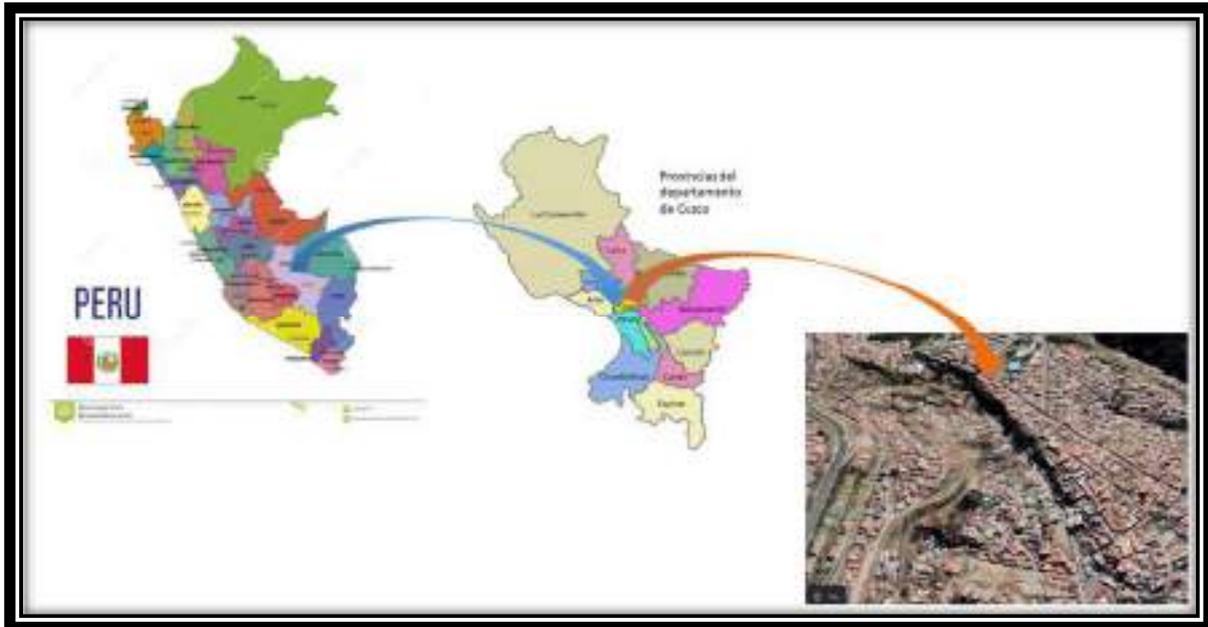
En el Perú se aprecia con continuidad la presencia de deslizamientos en distintas quebradas, lo cual genera una gran cantidad de accidentes, ocasionando la pérdida de vidas humanas, así como la pérdida de gran cantidad de bienes materiales, también poniendo en riesgo el tránsito vehicular por zonas donde las carreteras tienen que atravesar quebradas con taludes poco estables, donde se observa con frecuencia derrumbes que ocasionan accidentes vehiculares o generan bloqueo de rutas entre distintas ciudades.

La presente investigación se realizó en el sector de la Quebrada Ayahuayco, dicha quebrada presenta problemas geodinámicos, debido a que con continuidad se pueden apreciar la presencia de derrumbes de baja magnitud y pequeños deslizamientos debido a la erosión que presenta el suelo que conforma el talud.

(Benavente, Fernández, & Andres, 2004), en una investigación realizada por INDECI han catalogado como sector de alto peligro a la zona de la quebrada Ayahuayco debido que presenta depósitos fluvio glaciares y depósitos morrenicos, a la vez dicha quebrada presenta una fuerte pendiente en su margen izquierda, la posible sobrecarga del talud debido a las viviendas que están construidas en la parte superior y la presencia de las fuertes precipitaciones pluviales que se aprecian en la ciudad del Cusco, ocasionan que se continúe deteriorando el talud de dicha quebrada.

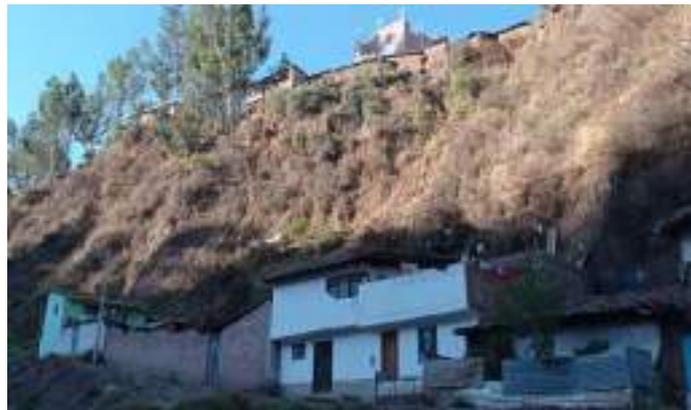
Esto ocasiona que las personas que viven en los alrededores de la quebrada tanto en la zona baja, como en la zona superior del talud en estudio, estén expuestas a sufrir algún tipo de accidente, en caso de falla del talud. Esto ocasionaría pérdidas materiales y a la vez daños físicos, en todas las personas que viven en esta zona.

En la presente investigación, se determinó el factor de seguridad del talud, para poder informar a todas las personas que viven en las zonas aledañas a la quebrada, el riesgo que corren y las consideraciones que deben tener en cuenta para poder mitigar el riesgo al que están expuestos, y vivir de manera más tranquila.



*Figura 1: Ubicación de la Quebrada Ayahuayco*

**Fuente: Elaboración propia Google Earth**



*Figura 2: Margen derecha de la Quebrada Ayahuayco*

**Fuente: Elaboración propia**

Coordenadas UTM ubicadas en la zona 19 S, de la Quebrada de la Margen Izquierda

Inicio:	E	176365.5
	N	8504336.7
Final	E	176488.1
	N	8504153.6



## 1.1.2 Formulación del Problema

### 1.1.2.1 Problema General.

¿Cuál es la influencia de la topografía, estudios de infiltración y propiedades mecánicas del suelo en la evaluación del factor de seguridad del Talud de la margen izquierda correspondiente a la quebrada Ayahuayco?

### 1.1.2.2 Problemas Específicos.

**Problema Especifico 01:** ¿De qué manera influye la topografía en la evaluación del factor de seguridad del Talud de la margen izquierda de la Quebrada Ayahuayco?

**Problema Especifico 02:** ¿Cómo afecta la infiltración en la evaluación del factor de seguridad del Talud de la margen izquierda de la quebrada Ayahuayco?

**Problema Especifico 03:** ¿Qué influencia tienen las propiedades mecánicas del suelo en la evaluación del factor de seguridad del Talud de la margen izquierda de la quebrada Ayahuayco?

**Problema Especifico 04:** ¿Cuál es el factor de seguridad más crítico obtenido después de aplicar 3 métodos utilizados en la evaluación del Factor de seguridad del Talud de la margen izquierda de la quebrada Ayahuayco, tomando en cuenta la influencia de la topografía, estudios de infiltración y propiedades mecánicas del suelo?

## 1.2 Justificación e Importancia de la Investigación

### 1.2.1 Justificación Técnica.

En la presente tesis, pretendemos realizar la evaluación del factor de seguridad del talud de la margen izquierda correspondiente a la quebrada Ayahuayco, teniendo en consideración la topografía que presenta el talud, realizando estudios de infiltración en dicho talud, y analizando las propiedades mecánicas del suelo, y de esta manera determinar cómo podemos mejorar el Factor de seguridad del talud correspondiente a la quebrada Ayahuayco.

### 1.2.2 Justificación Social.

La presente tesis pretende ayudar a la población que reside en las zonas aledañas a la quebrada (APV Ayahuayco) para que puedan conocer los riesgos que pueden llegar a correr por tener sus viviendas tan próximas al talud de la margen izquierda de la quebrada Ayahuayco, de la misma manera se pretende dar una advertencia a los conductores sobre algún posible deslizamiento que pueda afectar el tránsito vehicular en dicha zona, también se pretende ayudar a los investigadores que estén interesados en evaluar taludes en el Cusco, y de la misma



manera ayuda a futuros tesis para que tengan una base de como evaluar el factor de seguridad de un talud..

### **1.2.3 Justificación por Viabilidad.**

Para la ejecución de la presente investigación, se cuenta con la disponibilidad de un laboratorio para la realización de los ensayos necesarios para la determinación de las propiedades mecánicas del suelo, así como se cuenta con una estación total para realizar el levantamiento topográfico del talud, de la misma manera se dispone de un acceso a la zona del talud para la excavación de las respectivas calicatas y del ensayo que se realizara in situ, como el ensayo de Porchet para los estudios de infiltración, así mismo contamos con el permiso para el ingreso y el desarrollo de la investigación en la zona de la Quebrada Ayahuayco.

### **1.2.4 Justificación por Relevancia.**

Este tema de investigación es de gran importancia debido a que según (Benavente, Fernández, & Andres, 2004), un estudio de mapa de Peligros de la ciudad del Cusco, se determinó dicha quebrada posee una alta peligrosidad, por lo que esta tesis de investigación nos permitirá conocer los parámetros que más influencia tienen en el factor de seguridad del talud de la margen derecha correspondiente a la quebrada Ayahuayco y así poder prevenir a la población aledaña a dicho talud para que tomen las consideraciones necesarias para estar seguros en dicha zona y estar preparados para algún deslizamiento en dicha quebrada.

## **1.3 Limitaciones de la Investigación**

- La presente tesis de investigación, se desarrolló en la margen izquierda de la quebrada Ayahuayco que comprende un área aproximada de 16,800 m<sup>2</sup>.
- Se limito al deslizamiento de la zona 19 S, en el sistema de coordenadas UTM del sector de la margen izquierda de la Quebrada Ayahuayco, tomando en cuenta que este sector tiene presencia de viviendas en la parte superior y en la parte inferior del talud.
- Se establecieron 3 Cortes para la evaluación del factor de seguridad del talud, los cuales fueron escogidos al inicio, medio y parte final del sector que se escogió del talud.
- Se realizaron las prospecciones en los Cortes que se escogieron para el análisis del factor de seguridad.



- Debido al difícil acceso al cuerpo entero del talud para la realización de un mayor número de prospecciones geotécnicas, solo se tuvo un acceso seguro para realizar calicatas en la base y corona del talud, y perforaciones en el medio del talud de los 3 perfiles escogidos para la realización de la investigación, todo esto debido a la pendiente pronunciada del talud y a la presencia de viviendas que restringían el acceso para la ejecución de las prospecciones.
- Los estudios de mecánicas de suelo se realizaron con los ensayos en laboratorio de Contenido de Humedad, Límites de consistencia, Granulometría, Corte directo y con los ensayos en campo de Ensayo de cono de arena, y ensayo de Porchet.
- Se determinó el factor de seguridad del talud haciendo uso del software Slide, por los métodos de Fellinius, método de Bishop Simplificado y método de Janbu Simplificado.

## 1.4 Objetivos de la Investigación

### 1.4.1 Objetivo General.

Evaluar la influencia de la topografía, estudios de infiltración y propiedades mecánicas del suelo en la evaluación del factor de seguridad del Talud de la margen izquierda de la quebrada Ayahuayco.

### 1.4.2 Objetivos Específicos.

**Objetivo Específico 01:** Determinar la influencia de la topografía en la evaluación del factor de seguridad del Talud de la margen izquierda de la Quebrada Ayahuayco.

**Objetivo Específico 02:** Establecer como afecta la infiltración en la evaluación del factor de seguridad del Talud de la margen izquierda de la quebrada Ayahuayco.

**Objetivo Específico 03:** Calcular la influencia de las propiedades mecánicas del suelo en la evaluación del factor de seguridad del Talud de la margen izquierda de la quebrada Ayahuayco.

**Objetivo Específico 04:** Verificar el Factor de seguridad más crítico del Talud de la margen izquierda de la quebrada Ayahuayco, al aplicar 3 métodos utilizados en la evaluación del Factor de Seguridad de taludes, tomando en cuenta la influencia de la topografía, estudios de infiltración y propiedades mecánicas del suelo.



## Capítulo II: Marco Teórico

### 2.1 Antecedentes de la Tesis

#### 2.1.1 Antecedentes a Nivel Local.

##### a) “Identificación y Evaluación de factores Geotécnicos que causan la inestabilidad de ladera en la quebrada de Qolcohuaycco, urbanización Santa Rosa, Distrito de San Sebastián-Cusco”

- **Institución:** Universidad Andina del Cusco
- **Autor:** David Huallpa Ayte
- **Año:** 2019
- Tesis para la obtención del título profesional de Ingeniero Civil

La mencionada tesis tiene como objetivo identificar y evaluar cuales son los factores geotécnicos que causan la inestabilidad de la ladera derecha en la quebrada Qolcohuayo durante la temporada de lluvias, la población que abarca este estudio está compuesta por las dos laderas que comprenden la quebrada, se tomó como muestra el talud derecho en base a criterios topográficos, geotécnicos y FS crítico de la zona, donde se obtuvieron 2 perfiles longitudinales denominados PL-1 Y PL2 y por medio de ensayos de campo y laboratorio (Coeficiente de Permeabilidad ( $k$ ), la Cohesión ( $c$ ), El Ángulo de fricción ( $\Phi$ ) y el Peso Específico ( $\gamma$ )) se obtuvieron los parámetros geotécnicos del suelo por cada estrato (limo orgánico ML hasta 1.50m, Arena Limosa SM de 1.50m – 3.60m de profundidad, limo inorgánico ML de 3.60 – 4.80 y arcilla de baja plasticidad CL a más de 4.80m) que comprende la ladera estudiada, se realizó la evaluación de Estabilidad de la ladera mediante el programa Slide V-5.0 utilizando los métodos de dovelas por Spencer y Morgenstern Price obteniendo los resultados de FS de los estratos del suelo en las prospecciones SPTN-1 y SPTN-2 antes de la erosión pluvial PL-1 con FS por Morgenstern Price de 1.40 y Spencer de 1.41 y después de la erosión pluvial con FS por Morgenstern Price de 1.33 y Spencer de 1.33, en ambos casos la condición del talud es INESTABLE. En conclusión, el tipo de suelo, la permeabilidad, la variación de los parámetros de resistencia al corte por saturación del suelo y la erosión pluvial al pie de la ladera, son factores que causan la inestabilidad de la ladera en la quebrada estudiada en esta investigación.



Esta tesis de investigación fue utilizada para conocer los parámetros que utilizaron para medir la inestabilidad de la ladera en la quebrada de Qolcohuaycco, y así poder tomar en cuenta que factores que fueron necesarias para poder determinar el factor de Seguridad del talud de la Quebrada Ayahuayco.

**b) Tesis “Evaluación del Factor de Seguridad del talud Correspondiente a la quebrada de Sipaspucyo, en función a la topografía, estudios de Infiltración y propiedades mecánicas de los suelos”**

- **Institución:** Universidad Andina del Cusco
- **Autor:** Shirley Zenaida Bustamante Corrido, Carlos Enrique García Yépez
- **Año:** 2018
- Tesis para la obtención del título profesional de Ingeniero Civil

El objetivo de esta tesis es el evaluar el factor de seguridad del talud que se encuentra en la quebrada de Sipaspucyo, Departamento de Cusco, Provincia y distrito de Cusco, en función a estudios de infiltración, topografía y propiedades mecánicas del suelo, este estudio abarca una población que está compuesta únicamente por la ladera Sipasoucyo (ancho 46m y longitud de 737 ml haciendo un área de 33908.128m<sup>2</sup>), se tomó como muestra 03 puntos del talud en base a criterios en función a la norma E.020 Estabilidad de Suelos y taludes. Para los respectivos cálculos se empleó el método de Bishop Simplificado ya que esta corresponde a una falla circular y es más semejante a la realidad de la quebrada; se llevó a cabo 06 prospecciones, 1 levantamiento topográfico y por último se realizó 04 pruebas para los estudios de infiltración, obteniéndose valores de FS de 1.05, 1.28 y 1.41 que son menores a 1.5 lo que indica que el talud es INESTABLE. Concluyendo que la evaluación del factor de seguridad del talud correspondiente a la Quebrada de Sipaspucyo se verá influido directamente por las características antes mencionadas.

Por medio de esta tesis de investigación, se tomó en cuenta características necesarias para evaluar el factor de seguridad de un talud, ensayos que se deben realizar en laboratorio y en campo para tener los valores necesarios para la evaluación de un factor de seguridad. También se conoció un método utilizado para la evaluación del factor de seguridad, que fue el método de Bishop simplificado.



### 2.1.2 Antecedentes a Nivel Nacional.

#### a) “Análisis retrospectivo y prospectivo secuencial de deslizamiento de laderas en la ciudad universitaria de la universidad nacional de Huancavelica”

- **Institución:** Universidad Nacional de Huancavelica
- **Autor:** Espinoza Huamán Iván y Rivera Casavilca Isaías.
- **Año:** 2018
- Tesis para la obtención del título profesional de Ingeniero Civil

La tesis en mención tiene como objetivo determinar los resultados del análisis retrospectivo y prospectivo secuencial en el deslizamiento de ladera en la ciudad universitaria de la Universidad Nacional de Huancavelica. Esta investigación partió de la necesidad de conocer en que etapa de construcción de la infraestructura académica comenzó a presentar inestabilidad del talud para ello se realizó el estudio en las laderas en el cual se tomó como muestra según el área afectada que corresponde al pabellón de educación asumiendo un tipo de muestreo no probabilística. El procedimiento se fundamentó en realizar un análisis de estabilidad en cuatro etapas del proceso constructivo: primera etapa un análisis antes de concebir el proyecto en terreno natural, segunda etapa un análisis una vez concebida las explanaciones del proyecto, tercera etapa un análisis una vez concebida las explanaciones más influencia de infraestructura del proyecto y por último se realizó un análisis posterior al deslizamiento como se encuentra en estos momentos, con la finalidad de observar si el talud se encuentra en un estado Estable o Inestable. Para realizar dichos análisis de estabilidad usaron cuatro métodos de equilibrio límite (Fellenius, Bishop Simplificado, Janbu Simplificado y Spencer), usando como medio de verificación el programa de análisis de estabilidad de taludes Slide V 5.0. Llegando a la conclusión que el área afectada en la primera etapa no presentaba problemas de estabilidad ya que se obtuvo un resultado  $FS = 1.379$  (Bishop Simplified) con parámetros in situ, dando como resultado un  $FS > 1$ , pero en los demás casos de análisis de estabilidad en las posteriores etapas (Segunda etapa:  $FS = 0.963$ , Tercera Etapa:  $FS = 0.963$  y Análisis posterior al deslizamiento con un  $FS = 0.30$ ) se obtuvo factores de seguridad  $FS < 1$  lo que ocasiono problemas de inestabilidad, concluyendo que la ladera estudiada sigue siendo propenso a deslizarse.

La presente tesis de investigación fue utilizada para conocer más métodos utilizados para determinar el factor de seguridad de taludes, y a su vez tomar en conocimiento un software que



realiza el cálculo preciso del factor de seguridad, tomando en cuenta el Ángulo de fricción, cohesión y densidad del suelo en estudio, dicho software es Slide V 5.0.

**b) “Evaluación de la inestabilidad de taludes en la carretera las Pirias- cruce Lambayeque, San Ignacio”**

- **Institución:** Universidad Nacional de Cajamarca
- **Autor:** Jawer Toro Irureta
- **Año:** 2014
- Tesis para la obtención del título profesional de Ingeniero Civil

El objetivo de esta tesis es evaluar la inestabilidad de los taludes en la carretera Pirias Cruce Lambayeque, así como los parámetros que causan esta inestabilidad. La población que contempla esta tesis está comprendida por la carretera Las Pirias- Cruce Lambayeque con 19.625 km tomándose donde se estudió un tramo de 4. km de carretera en la zona más vulnerable km 12+000- 16+000 donde se establecieron 08 taludes inestables de los cuales 02 taludes se tomaron como muestra para su respectivo estudio. La metodología que emplearon para determinar la inestabilidad del talud se basó en la recolección, organización de la información y posterior análisis por el método de equilibrio límite. Y en base a los resultados obtenidos, se determinó que los factores más incidentes que afectan la inestabilidad de taludes son el Angulo de fricción. ( $\phi$ ) =  $12.71^\circ$ , Cohesión (C) = 27.46 kPa, Peso específico  $\gamma = 27,34$  kN/m<sup>3</sup>, así como la pendiente o grado de inclinación altura y longitud en promedio: Altura= 22.21 m, Pendiente =  $62.98^\circ$ . Así mismo se obtuvieron resultados de FS de los 2 taludes que fueron estudiados (FS1 = 0.643, FS2 = 0.623) lo que indicaría que el talud es inestable.

Por medio de esta tesis, se tomó en cuenta para nuestra investigación los factores mas incidentes que causan la inestabilidad de taludes que son el Angulo de fricción, cohesión, el peso específico y la inclinación que posee el talud en la dirección del deslizamiento y serán necesarios para la determinación del FS.



### 2.1.3 Antecedentes a Nivel Internacional.

#### a) “Análisis de estabilidad de ladera en el cerro del Mesón de Poza Rica”

- **Institución:** Universidad Nacional de Costa Rica
- **Autor:** Garibay Pérez Andrés
- **Año:** 2016

El objetivo de la mencionada tesis de investigación es estimar mediante un análisis la estabilidad del talud en una zona rural de la ciudad de Poza Rica de Hidalgo, ya que este lugar se produjeron daños en las viviendas de los habitantes por movimientos de terreno debido al debilitamiento de las propiedades mecánicas del suelo a consecuencia de lluvias, erosión y degradación del material, así como otros fenómenos naturales. Para la estimación de la estabilidad del talud se usó métodos de equilibrio límite (Fellini) para determinar el factor de seguridad. El resultado obtenido para los dos perfiles que se tomaron, se hizo evaluando el comportamiento mecánico a diferentes grados de humedad, se realizó eso con la finalidad de comprender la relación entre el F.S. y la humedad del material esto para simular en laboratorio lo que puede ocurrir en tiempos de lluvia. En la investigación se pudo concluir que a medida que aumenta el porcentaje de humedad existe una disminución significativa del F.S. y finalmente los resultados obtenidos en el análisis para mencionados perfiles comprueban una inestabilidad del terreno, puesto que no se cumple con el F.S. estático mínimo que es de 1.5. El FS obtenido es de gran ayuda para establecer criterios geométricos en la remediación de este deslizamiento, así como también se puede determinar la obra correcta para solucionar esta problemática.

Esta tesis fue un aporte que nos permitió conocer la relación que existe entre la cantidad de agua que está presente en un talud con su factor de seguridad, ya que en esta investigación se realizó la simulación de épocas de lluvia, alterando la cantidad de agua en el laboratorio de las muestras extraídas en campo, y así ver cómo afecta el agua en la inestabilidad de la ladera en el cerro del Mesón de Poza Rica.

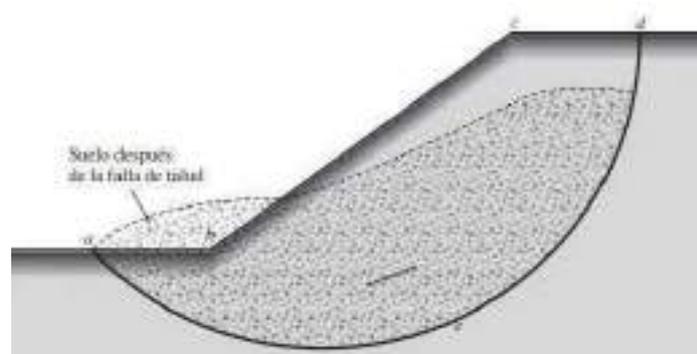
## 2.2 Bases Teórico - Científicas

### 2.2.1 Talud.

Se entiende por talud a cualquier superficie inclinada respecto a la horizontal que hayan de adoptar permanentemente las estructuras de tierra. Cuando el talud se produce en forma natural, sin intervención humana, se denomina ladera natural o simplemente ladera. Cuando los taludes son hechos por el hombre se denominan cortes o taludes artificiales, según se la génesis de su formación; en el corte, se realiza una excavación en una formación terrea natural (desmontes), en tanto que los taludes artificiales son los lados inclinados de los terraplenes. (De Matteis, 2003)

A una superficie de suelo expuesto que se sitúa en un ángulo con la horizontal se le llama talud sin restricciones. La pendiente puede ser natural o construida. Si la superficie del suelo no es horizontal, un componente de la gravedad hará que el suelo se mueva hacia abajo, como se muestra en la figura. Si la pendiente es lo suficientemente grande, puede ocurrir falla de la pendiente, es decir, la masa de suelo en la zona *abcdea* puede deslizarse hacia abajo. La fuerza motriz supera la resistencia del suelo al corte a lo largo de la superficie de ruptura. (Das, Fundamentos de Ingeniería Geotécnica, 2015)

Los taludes por ser una de las estructuras más importantes a la hora de realizar un trabajo ingenieril y por las consecuencias que deriva su falla, exigen un mayor cuidado y estudio para lograr su estabilidad, para que la obra no se vea afectada por el mal análisis de los mismos, por esto el desarrollo de las vías, la expansión de canales entre otras obras provocaron que se hiciera un buen estudio para la estabilidad de los taludes, esto con la ayuda de la mecánica de suelos que apporto normas y criterios de estudio para estos. (Grajales & Ramírez, 2018)



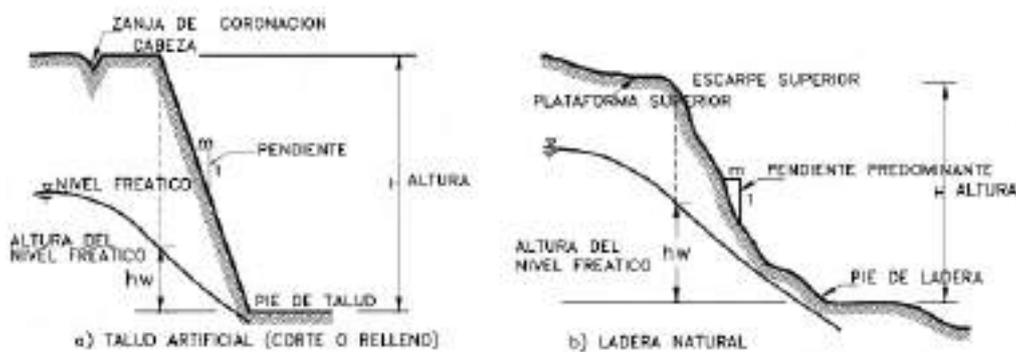
**Figura 3: Falla de un talud**

**Fuente: Das, 2015**

### 2.2.1.1 Componentes de un talud.

Según (Suarez, 1998) los elementos Constitutivos de un Talud son:

- a. **Altura.** – Es la distancia vertical entre el pie y la Corona, la cual se presenta claramente definida en taludes artificiales, pero es complicada de cuantificar en las laderas debido a que el pie y la Corona no son accidentes topográficos bien marcados.
- b. **Pie.** - Corresponde al sitio de cambio brusco de pendiente en la parte inferior.
- c. **Corona.** - Se refiere al sitio de cambio brusco de pendiente en la parte superior.
- d. **Altura de Nivel Freático.** - Distancia vertical desde el pie del talud o ladera hasta el nivel de agua medida debajo de la Corona.
- e. **Pendiente.** - Es la medida de la inclinación del talud o ladera. Puede medirse en grados, en porcentaje o en relación  $m/1$ , en la cual  $m$  es la distancia horizontal que corresponde a una unidad de distancia vertical.



**Figura 4: Nomenclatura de taludes**

**Fuente: Suarez, 1998**

### 2.2.1.2 Clasificación de taludes.

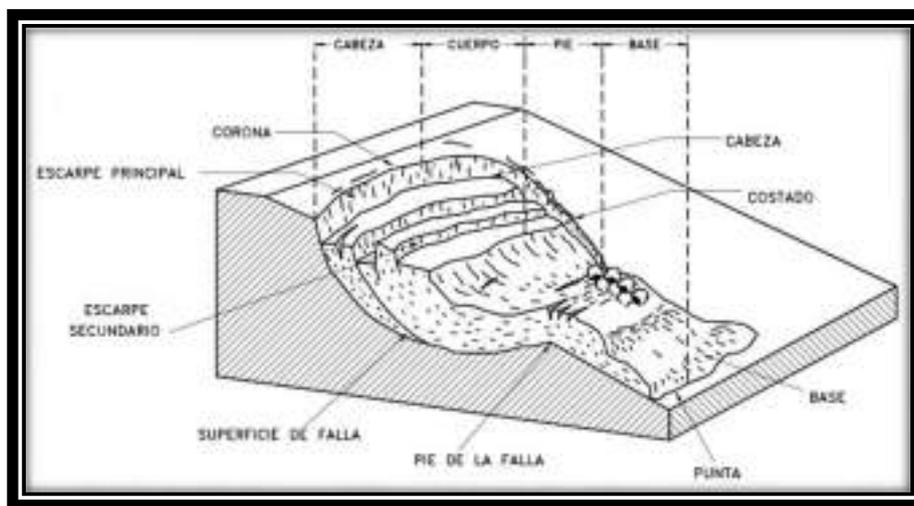
- **Naturales:** Cuando el talud se produce en forma natural, sin intervención humana se denomina talud natural. (De Matteis, 2003)
- **Artificiales:** Cuando los taludes son hechos por el hombre se denominan cortes o taludes artificiales, según sea el génesis de su formación; en el corte, se realiza una



excavación den una formación terrea natural (desmontes), en tanto que los taludes artificiales son los lados inclinados de los terraplenes. (De Matteis, 2003)

### ***2.2.1.3 Nomenclatura de los procesos de movimiento.***

Los procesos geotécnicos activos de los taludes y laderas corresponden generalmente, a movimientos hacia abajo y hacia afuera de los materiales que conforman un talud de roca, suelo natural o relleno, o una combinación de ellos. Los movimientos ocurren generalmente, a lo largo de superficies de falla, por caída libre, movimientos de masa, erosión o flujos. Algunos segmentos del talud o ladera pueden moverse hacia arriba, mientras otros se mueven hacia abajo. (Suarez, 1998)



***Figura 5: Nomenclatura del deslizamiento de un talud***

**Fuente: Suarez, 1998**

### ***2.2.1.4 Etapas en el proceso de falla.***

Según (Suarez, 1998), se consideran cuatro etapas diferentes en la clasificación de los movimientos:

- Etapa de deterioro o antes de la falla donde el suelo es esencialmente intacto.
- Etapa de falla caracterizada por la formación de una superficie de falla o el movimiento de una masa importante de material.
- La etapa post-falla que incluye los movimientos de la masa involucrada en un deslizamiento desde el momento de la falla y hasta el preciso instante en el cual se detiene totalmente.

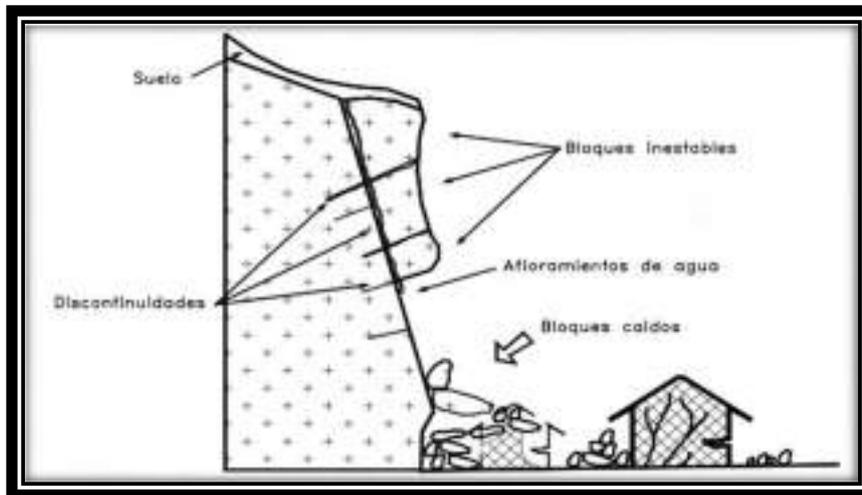


- La etapa de posible reactivación en la cual pueden ocurrir movimientos que pueden considerarse como una nueva falla, e incluye las tres etapas anteriores.

### 2.2.1.5 Clasificación de movimientos en masa en un talud.

Según (Suarez, 1998), los movimientos en masa en un talud se clasifican de la siguiente manera:

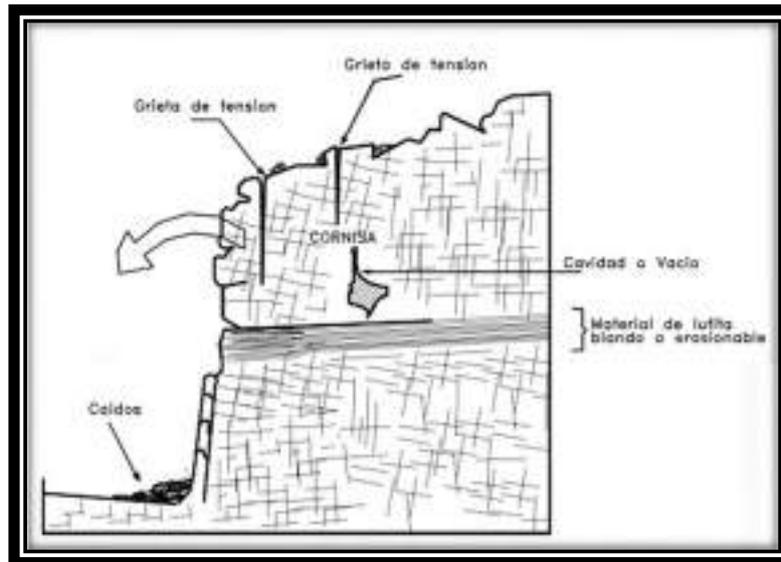
- Caído.** - En los caídos una masa de cualquier tamaño se desprende de un talud de pendiente fuerte, a lo largo de una superficie, en la cual ocurre ningún o muy poco desplazamiento de corte y desciende principalmente, a través del aire por caída libre, a saltos o rodando.



*Figura 6: Caídas de bloques por gravedad*

Fuente: Suarez, 1998

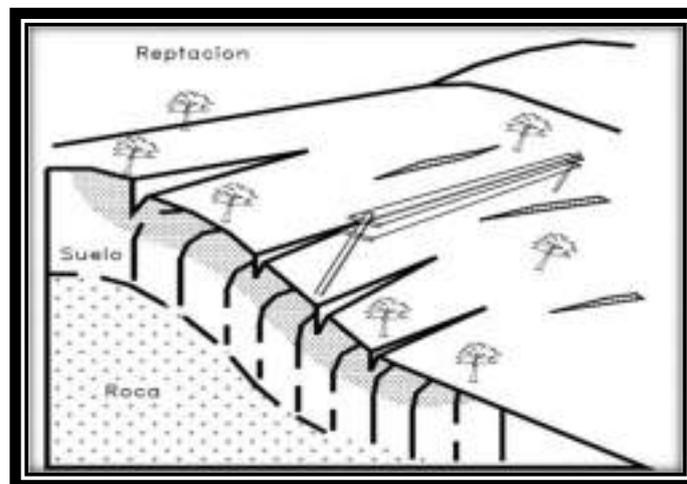
- Inclinación o volteo.** - Este tipo de movimiento consiste en una rotación hacia adelante de una unidad o unidades de material térreo con centro de giro por debajo del centro de gravedad de la unidad y generalmente, ocurren en las formaciones rocosas.



*Figura 7: Volteo de materiales residuales*

Fuente: Suarez, 1998

- c. **Reptación.** - La reptación consiste en movimientos muy lentos a extremadamente lentos del suelo subsuperficial sin una superficie de falla definida. Generalmente, el movimiento es de unos pocos centímetros al año y afecta a grandes áreas de terreno.



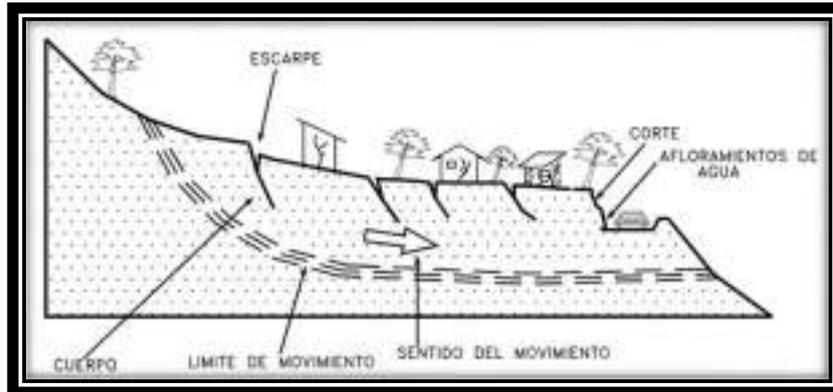
*Figura 8: Representación de un proceso de reptación*

Fuente: Suarez, 1998

- d. **Deslizamiento.** - Este movimiento consiste en un desplazamiento de corte a lo largo de una o varias superficies, que pueden detectarse fácilmente o dentro de una zona relativamente delgada (Figura 1.14). El movimiento puede ser progresivo, o sea, que no se inicia simultáneamente a lo largo de toda, la que sería, la superficie de



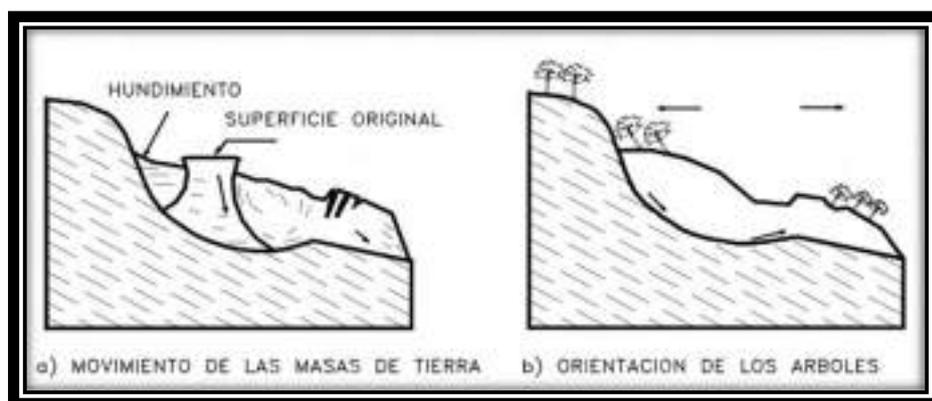
falla. Los deslizamientos pueden ser de una sola masa que se mueve o pueden comprender varias unidades o masas semi-independientes.



*Figura 9: Deslizamiento en suelos blandos*

Fuente: Suarez, 1998

- **Deslizamiento Rotacional.** - En un deslizamiento rotacional la superficie de falla es formada por una curva cuyo centro de giro se encuentra por encima del centro de gravedad del cuerpo del movimiento. En muchos deslizamientos rotacionales se forma una superficie cóncava en forma de “cuchara”. Generalmente, el escarpe debajo de la corona tiende a ser semivertical, lo cual facilita la ocurrencia de movimientos retrogresivos. El movimiento, aunque es curvilíneo no es necesariamente circular, lo cual es común en materiales residuales donde la resistencia al corte de los materiales aumenta con la profundidad.



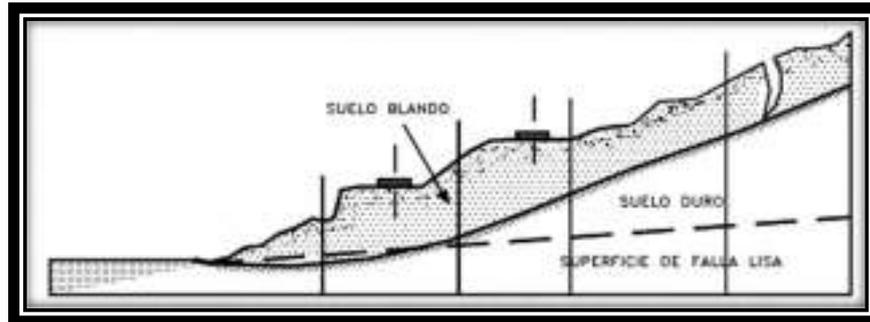
*Figura 10: Representación de un deslizamiento rotacional típico*

Fuente: Suarez, 1998

- **Deslizamiento de traslación.** - En el deslizamiento de traslación el movimiento de la masa se desplaza hacia fuera o hacia abajo, a lo largo de una superficie más



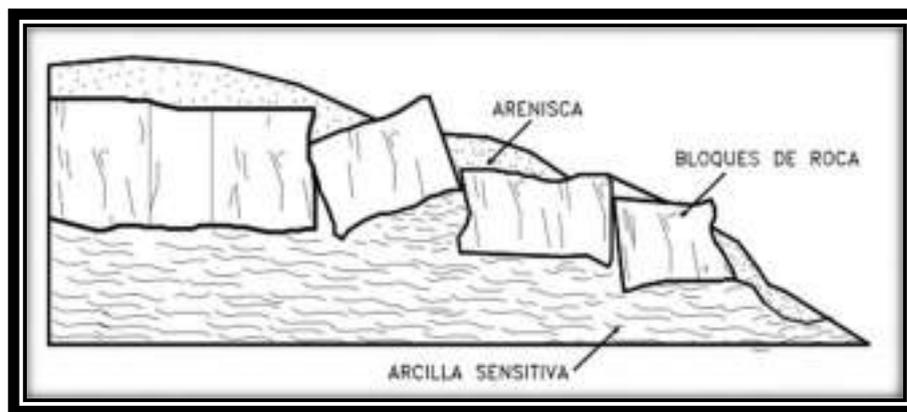
o menos plana o ligeramente ondulada y tiene muy poco o nada de movimiento de rotación o volteo



*Figura 11: Deslizamiento de Translación en la vía Tijuana - Ensenada en México*

**Fuente: Suarez, 1998**

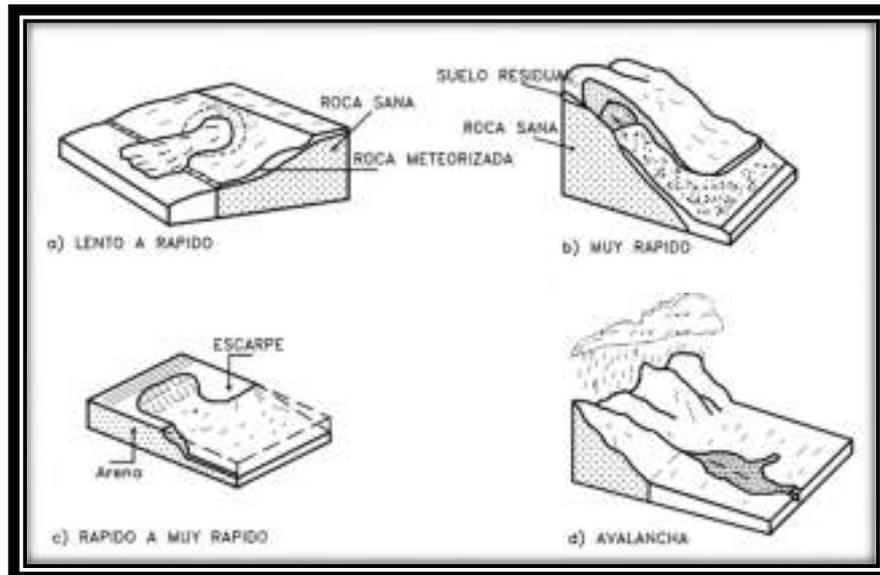
- e. **Esparcimiento lateral.** - En los esparcimientos laterales el modo de movimiento dominante es la extensión lateral acomodada por fracturas de corte y tensión. El mecanismo de falla puede incluir elementos no solo de rotación y translación sino también de flujo. (Figura 1.18). Generalmente, los movimientos son complejos y difíciles de caracterizar. La ruta de movimiento es por lo general extremadamente lenta.



*Figura 12: Esquema de un esparcimiento lateral*

**Fuente: Suarez, 1998**

- f. **Flujo.** - En un flujo existen movimientos relativos de las partículas o bloques pequeños dentro de una masa que se mueve o desliza sobre una superficie de falla. Los flujos pueden ser lentos o rápidos (Figura 1.19), así como secos o húmedos y los puede haber de roca, de residuos o de suelo o tierra.



*Figura 13: Representación de flujos que van a diferentes velocidades*

Fuente: Suarez, 1998

### 2.2.2 Topografía.

La Topografía es la ciencia que trata de los principios y métodos utilizados para determinar las posiciones relativas de puntos de la superficie terrestre. La Topografía es una aplicación de la geometría por lo que se recomienda una revisión de los temas de geometría. Estos métodos definen la posición y las formas del suelo o terreno. La Topografía estudiará y aplicará los procedimientos para representar los accidentes que en él existen, ya sean naturales o artificiales. El medio usual para representar estos accidentes es el dibujo. (Fuentes, 2012)

A la Topografía se le puede considerar como una de las herramientas básicas de la Ingeniería y la Arquitectura, además de utilizarse en otras en otras licenciaturas. Las materias que deben estudiarse antes de entrar a Topografía son la geometría, trigonometría y física. (Fuentes, 2012)

Dentro de las aplicaciones se pueden mencionar la de proyección de obras, trazar un fraccionamiento, proyectar presas, puentes, canales, carreteras, obras de agua potable y alcantarillado, construcción de vías de comunicación, acueductos, obras subterráneas, etc. (Fuentes, 2012)



### *2.2.2.1 Partes de la Topografía.*

Según, las partes de la topografía son las siguientes:

- **La Planimetría:** estudia los instrumentos y métodos para proyectar sobre una superficie plana horizontal, la exacta posición de los puntos más importantes del terreno y construir de esa manera una figura similar al mismo. Entre los trabajos que realiza la planimetría tenemos: cálculo de superficie, división de terrenos en parcelas, replanteo de líneas viejas o destruidas, construcción de planos de terrenos, etc. (Gámez, 2015)
- **La Altimetría:** tiene en cuenta la diferencia de nivel existente entre los diferentes puntos del terreno con respecto a una superficie de referencia, generalmente corresponde al nivel medio del mar. (Gámez, 2015)

La medición de distancia verticales directa o indirecta se llama nivelación. Se tienen los siguientes métodos de nivelación:

- **Métodos Indirectos.** – En este método se encuentran la nivelación trigonométrica y la nivelación barométrica. (Gámez, 2015)
- **Métodos Directos.** – Como método directo se tiene la nivelación diferencial o geométrica. (Gámez, 2015)

### *2.2.2.2 Levantamiento Topográfico.*

Se define como tal el conjunto de operaciones ejecutadas sobre un terreno con los instrumentos adecuados para poder confeccionar una correcta representación gráfico a plano. Este plano resulta esencial para situar correctamente cualquier obra que se desee llevar a cabo, así como para elaborar cualquier proyecto técnico. Si se desea conocer la posición de puntos en el área de interés, es necesario determinar su ubicación mediante tres coordenadas que son latitud, longitud y elevación o cota. Para realizar levantamientos topográficos se necesitan varios instrumentos, como el nivel y la estación total. El levantamiento topográfico es el punto de partida para poder realizar toda una serie de etapas básicas dentro de la identificación y señalamiento del terreno a edificar, como levantamiento de planos (planimétricos y altimétricos), replanteo de planos, deslindes, amojonamientos y demás. (Rodríguez, 2021)



Son aquellos que por abarcar superficies reducidas pueden hacerse despreciando la curvatura terrestre, sin error apreciable. Los levantamientos topográficos comprenden dos etapas. (Gámez, 2015)

- **Etapas de Campo.** – Consiste en la toma de datos, tales como ángulos, distancias.
- **Etapas de Gabinete.** – Corresponde al cálculo y dibujo de lo levantado en campo.

Según (Gámez, 2015) los levantamientos topográficos se clasifican en:

- **Levantamientos de terrenos en general:** tienen por objeto marcar linderos o localizarlos, medir y dividir superficie, ubicar terrenos en planos generales ligando con levantamientos anteriores o proyectar obras y construcciones.
- **Topografía de vías de comunicación:** es la que sirve para estudiar y construir caminos, ferrocarriles, líneas de transmisión, acueductos, etc.
- **Topografía de minas:** tiene por objeto fijar y controlar la posición de trabajos subterráneos y relacionarlos con las obras superficiales.
- **Levantamientos catastrales:** son los que se hacen en ciudades, zonas urbanas y municipios, para fijar linderos o estudiar las obras urbanas.

#### 2.2.2.2.1 *Herramientas para levantamientos topográficos.*

- a. Cinta métrica:** Es una herramienta muy básica que se usa en la medición de distancias. Las cintas métricas varían en longitud desde los 10 hasta los 100 metros. Los equipos más modernos se fabrican con fibras de carbono unidas a través de un polímero, usualmente, teflón. Sin embargo, se recomiendan las cintas metálicas de acero para las medidas más largas. (Rodríguez, 2021)
- b. Teodolito:** Esta es una de las herramientas para levantamientos topográficos más conocida. Su uso es universal entre los profesionales del campo y su invención data de 1571. La principal función de este equipo es la medición de ángulos horizontales y verticales. Los teodolitos tienen integrados dos lentes, uno de ellos gira de forma horizontal y el otro vertical. Además, se suele incluir una brújula magnética en su diseño. (Rodríguez, 2021)



- c. **Niveles:** Estas son las herramientas para levantamientos topográficos que ayudan a establecer una referencia en un plano horizontal. Gracias a los niveles se puede establecer la diferencia entre la elevación de dos puntos del terreno. (Rodríguez, 2021)
- d. **Piquetes:** Estas herramientas son varillas metálicas de unos 25 a 35 centímetros de longitud. Usualmente, se fabrican con acero, además, tienen una punta en el extremo inferiores. Por el otro lado, tienen una argolla que funciona a modo de Corona. (Rodríguez, 2021)
- e. **GPS topográfico:** Es una de las herramientas para levantamientos topográficos que más han revolucionado los procesos. Un GPS se puede usar en combinación con la estación total para obtener medidas georreferenciadas en vez de arbitrarias. Sin embargo, tiene algunas limitaciones, por ejemplo, no se es útil en áreas techadas o con gran follaje. Se recomienda el uso de estas herramientas cuando se van a medir áreas muy grandes. (Rodríguez, 2021)
- f. **Plomada:** Esta es una de las herramientas para levantamientos topográficos más antiguas. Es una pesada pieza de metal de forma cilíndrica o cónica. Se usa colgada de una cuerda y sirve para marcar y determinar las verticales durante las mediciones. También se la llama “sonda” cuando se usa para medir la profundidad del agua. (Rodríguez, 2021)
- g. **Estación Total:** Es un instrumento que se apoya en la tecnología electromagnética para calcular la distancia. Además, tiene funciones adicionales como el cálculo de coordenadas y el replanteo de puntos. El uso de las estaciones totales mejora la precisión de las medidas. Esta es una de las herramientas para levantamientos topográficos que incorpora un microprocesador. Adicionalmente, estos equipos cuentan con pantallas alfanuméricas LCD, iluminación, calculadora, distanciómetro, rastreador de trayectoria (trackeador) y guarda la información en formato electrónico. (Rodríguez, 2021)
- h. **Estacas:** Este instrumento no tiene mucha ciencia. Solo es un poste de madera con un extremo afilado. Las estacas en topografía se usan para marcar puntos o secciones relevantes. Suelen medir entre 30 cm a 40 cm y se instalan de manera

permanente o transitoria. Usualmente, se las pinta con colores brillantes para su fácil identificación. (Rodríguez, 2021)

- i. **Libreta de Campo:** Esta es una de las herramientas para levantamientos topográficos más importante y la más básica. Siempre se debe llevar un registro de las medidas tomadas. Queda a criterio de cada profesional confiar en los registros electrónicos que guardan los equipos o tomar notas en papel como a la manera tradicional. (Rodríguez, 2021)

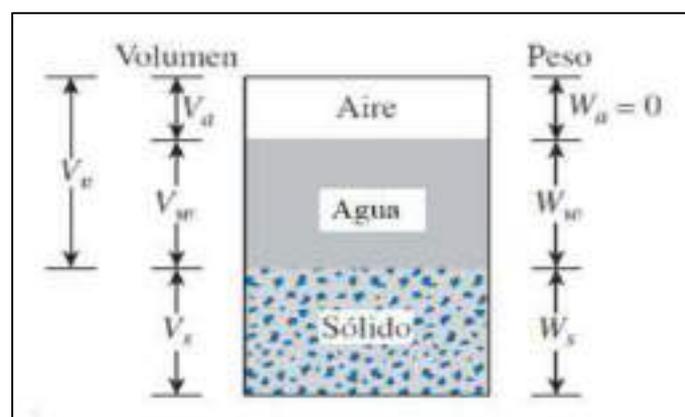
### 2.2.2.3 Curvas de nivel.

Es una línea dibujada en un mapa o plano, la cual une todos los puntos que tienen la misma altura o elevación con respecto a un plano de referencia que puede ser arbitrario o el nivel medio del mar. El intervalo o equidistancia entre curvas de nivel consecutivas es la distancia vertical o diferencia de elevación constante que separa dos secciones horizontales consecutivas. (Gámez, 2015)

## 2.2.3 Estudios de Infiltración.

### 2.2.3.1 Relaciones volumétricas y gravimétricas de los suelos.

El suelo está constituido por los 3 estados principales de la materia: sólidos, que son las partículas como tal del sedimento; líquidos, que están contenidos libremente entre los poros y gases (masa despreciable). De una muestra podemos cuantificar volúmenes y masas de las fases del suelo. (González, 2020)



**Figura 14: Relación peso – volumen**

**Fuente: Das, 2011**



### ***2.2.3.2 Flujo de agua en suelos.***

Se denomina ciclo hidrológico a la sucesión de etapas por el cual el agua sufre una serie de conversiones y circulaciones, pasando por los 3 estados principales de la materia. Las precipitaciones infiltran a través del suelo hasta unirse al nivel freático, éste se mueve desde puntos de mayor presión a menor presión, finalmente el agua desemboca en el mar o en un lago, se condensa y se convierte vapor que más adelante alcanzará una densidad tal, que caerá nuevamente precipitando. El ciclo del agua es fundamental para mantener el equilibrio y la estabilidad de nuestro planeta. Por medio de la infiltración de las aguas lluvias se forman las aguas subterráneas dando origen a grandes depósitos, que en muchos lugares son la única fuente de agua potable. (González, 2020)

### ***2.2.3.3 Infiltración.***

Según (González, 2020), la Infiltración es el agua que escurre a través de la superficie del suelo hacia el interior de la tierra y que se mueve a través de los intersticios del suelo por percolación, desde el punto de vista de la ingeniería el agua subterránea puede ser:

- **Agua freática o gravitacional:** está sometido a la fuerza de gravedad y tiende a fluir lateralmente. Se asume que bajo la napa freática el suelo se encuentra saturado.
- **Agua vadosa o superficial:** a causa de las precipitaciones es el agua que infiltra a través del suelo y se desplaza hacia abajo para incorporarse a la napa freática.
- **Agua capilar:** es el agua retenida sobre el nivel freático mediante tensión superficial.
- **Napas colgantes:** cuando el agua está sobre cuerpos de suelos aislados

### ***2.2.3.4 Métodos directos in situ para determinar la infiltración.***

Los métodos en terreno permiten identificar la conductividad hidráulica de un suelo de forma directa a través de experiencias que involucran la excavación de pozos superficiales. Para efectos de esta memoria se realizarán 2 tipos de ensayos de campo: ensayo PIDAC y ensayo Porchet. (González, 2020)

#### ***2.2.3.4.1 Prueba de infiltración directa en área circular (PIDAC).***

El ensayo PIDAC tiene una similitud con el ensayo Lefranc. Este último consiste en hacer una perforación profunda por medio de un mecanismo que penetra una camisa de acero circular en el terreno, este mecanismo usa sus propias relaciones para el cálculo de la



conductividad, sin embargo, la PIDAC, permiten jugar con las variables del ensayo, como la profundidad y el diámetro del tubo. Es similar al ensayo Lefranc pero no se intercepta la napa, además el tubo no tiene perforaciones laterales por lo que la infiltración solamente se produce en sentido vertical. (González, 2020)

#### 2.2.3.4.2 Ensayo Porchet.

El ensayo consiste en hacer una excavación o pozo superficial de lado y profundidad conocida, luego se llena con agua hasta una altura  $h$  determinada y se registra el descenso del agua cada cierto intervalo de tiempo fijo. (González, 2020)

La superficie en la cual se infiltra el agua es:

$$S = \pi * R(2h + R) \text{ (Puga, 2012)}$$

Para un tiempo,  $dt$ , suficientemente pequeño para que pueda suponerse que la capacidad de infiltración  $f$ , es constante, se verificará la igualdad:

$$\pi * R(2h + R)k = -\pi * R^2 \frac{dh}{dt} \text{ (Puga, 2012)}$$

Simplificando y separando las variables, se tiene:

$$f * dt = -R \frac{dh}{R + 2h} \text{ (Puga, 2012)}$$

La permeabilidad se obtiene por medio de esta expresión:

$$f = \frac{R}{2(t_2 - t_1)} * \ln \left( \frac{2h_1 + R}{2h_2 + R} \right) \left[ \frac{cm}{s} \right] \text{ (Puga, 2012)}$$

Donde:

- $R$  = Radio de la excavación (cm)
- $h_1$  = Altura del agua al principio de la medición (cm)
- $h_2$  = Altura del agua al final de la medición (cm)
- $t_2 - t_1$  = Intervalo de tiempo entre las mediciones (s)



## 2.2.4 Propiedades Mecánicas del suelo.

### 2.2.4.1 Granulometría.

Se denomina clasificación granulométrica o granulometría, a la medición y gradación que se lleva a cabo de los granos de una formación sedimentaria, de los materiales sedimentarios, así como de los suelos, con fines de análisis, tanto de su origen como de sus propiedades mecánicas, y el cálculo de la abundancia de los correspondientes a cada uno de los tamaños previstos por una escala granulométrica. (Bravo, Garcia, Morales, & Ramirez, 2012)

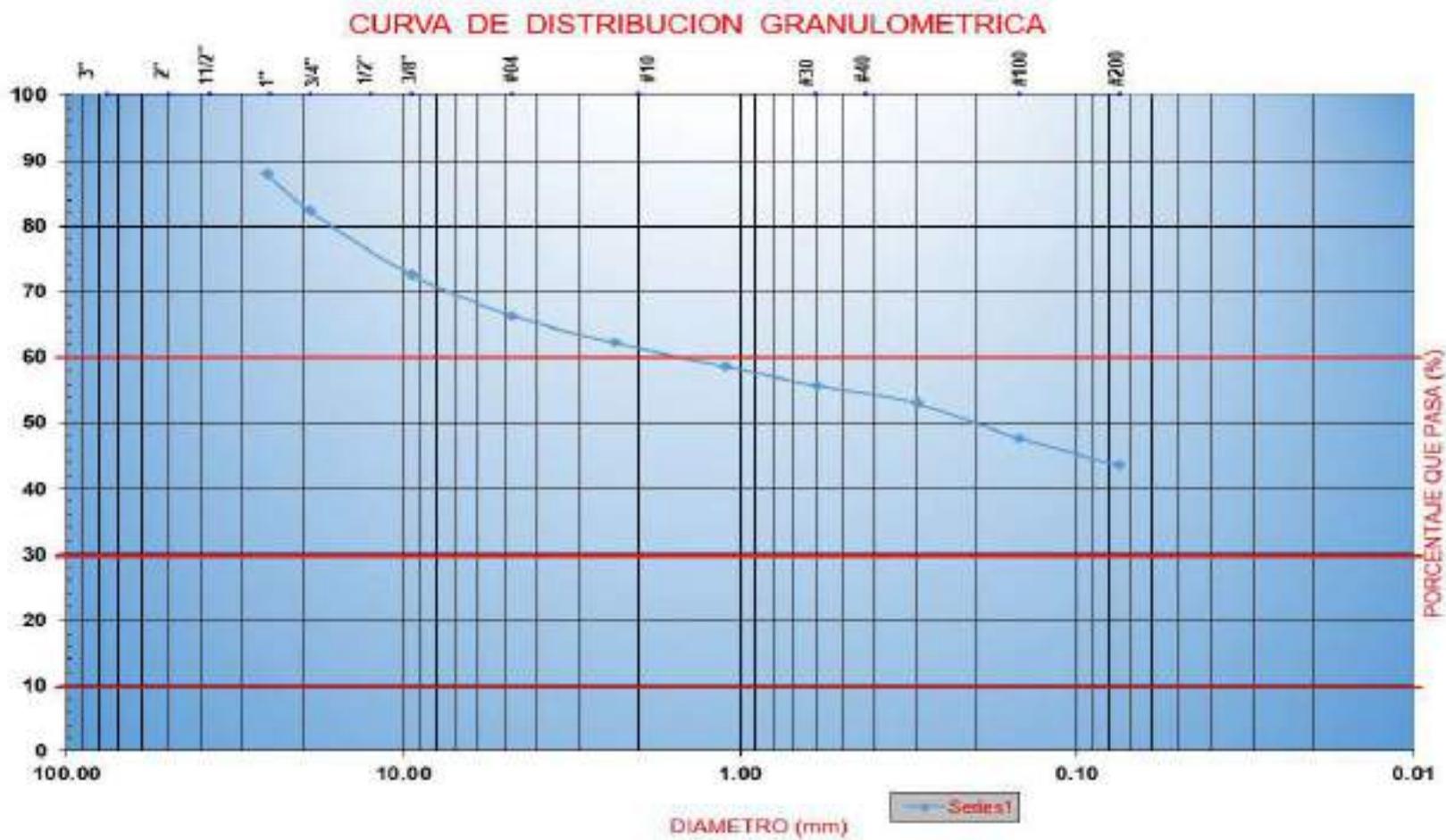
#### 2.2.4.1.1 Granulometría por tamizado.

Es un proceso mecánico mediante el cual se separan las partículas de un suelo en sus diferentes tamaños, denominado a la fracción menor (Tamiz No 200) como limo, Arcilla. Se lleva a cabo utilizando tamices en orden decreciente. La cantidad de suelo retenido indica el tamaño de la muestra, esto solo separa una porción de suelo entre dos tamaños. (Bravo, Garcia, Morales, & Ramirez, 2012)

El análisis granulométrico por tamizado se realiza a las partículas con diámetros superiores a 0,075 mm. (Malla 200), este ensayo se hace con una serie de mallas normalizadas (a cada número de malla le corresponde una abertura estándar), dispuestos en orden decreciente. (Bravo, Garcia, Morales, & Ramirez, 2012)

La serie de tamices (comúnmente 6 o 7) consiste generalmente en un grupo de tamices seleccionados de forma que la abertura de la malla de cada tamiz sea el doble de la abertura de la malla anterior de abajo hacia arriba como 6, 12, 24 mm o 0.075, 0.150, 0.300 mm, etc. Por conveniencia y debido a razones prácticas tales Como la disponibilidad de tamices, y al tamaño de la serie misma, o la necesidad de introducir tamices de control como los números 4, 100, 200 u otros tamaños) es necesario algunas veces omitir algunos tamaños de tamiz i. e., usar la serie No. 10, 30, 50, 100, 200. (Bowles, 1981)

En la operación de tamizado manual se mueve el tamiz de un lado a otro de forma que la muestra se mantenga en movimiento sobre la malla. Debe comprobarse al desmontar los tamices que la operación está terminada. Cuando se utilice una tamizadora mecánica, se pondrá a funcionar por diez minutos aproximadamente. Se determina el peso de cada fracción en una balanza con una sensibilidad de 0.1%. La suma de los pesos de todas las fracciones y el peso, inicial de la muestra no debe diferir en más de 1%. (MTC, 1999)



*Figura 15: Gráfica de una Curva Granulométrica*

**Fuente: Elaboración Propia**



### a. Coeficiente de Uniformidad

Este coeficiente nos permite apreciar si existe una gran variación de rango entre los tamaños de los granos con los que se realizó el ensayo. Un valor grande en este parámetro  $C_u$  indica que los diámetros  $D_{60}$  y  $D_{10}$  difieren en tamaño apreciablemente. No asegura, sin embargo, que no exista un vacío de gradación, como el que se presenta cuando faltan por completo o solamente existe una muy pequeña cantidad de diámetros de un determinado tamaño. (Bowles, 1981)

$$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}}$$

Donde  $D_{60}$  es el tamaño donde el 60% del peso del suelo sea igual o menor y  $D_{10}$  que también llamado por Hazen el diámetro efectivo, es el tamaño tal que sea mayor o igual que el 10% en peso del suelo. Para los suelos con  $C_u < 3$  se consideran muy uniformes e incluso las arenas naturales muy uniformes presentan un  $C_u < 2$ . (Bowles J. E., 1981)

### b. Coeficiente de Concavidad

Representa una medida de la forma de la curva entre el  $D_{60}$  y el  $D_{10}$ . (Bowles, 1981)

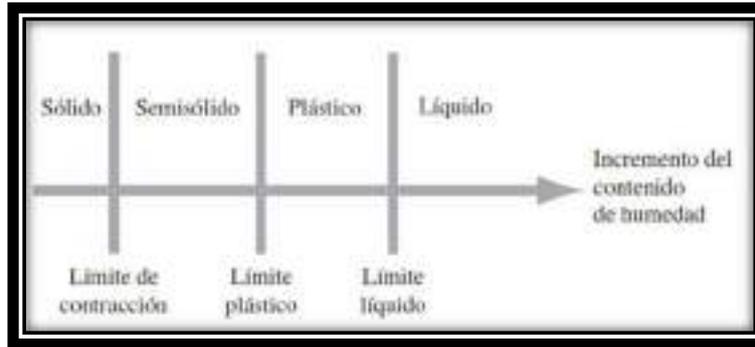
$$C_c = \frac{D_{30}^2}{D_{60} * D_{10}}$$

Valores de  $C_c$  muy diferentes de 1.0 indican que falta una serie de diámetros entre los tamaños correspondientes al  $D_{10}$  y el  $D_{60}$ . (Bowles, 1981)

#### 2.2.4.2 Límites de Consistencia.

##### 2.2.4.2.1 Consistencia del suelo.

En 1900, un científico sueco llamado Albert Mauritz Atterberg desarrolló un método para describir la consistencia de los suelos de grano fino con diferentes contenidos de humedad. Con un contenido de humedad muy bajo, el suelo se comporta más como un sólido quebradizo. Cuando el contenido de humedad es muy alto, el suelo y el agua pueden fluir como un líquido. Por lo tanto, sobre una base arbitraria, dependiendo del contenido de humedad, la naturaleza del comportamiento del suelo puede ser dividido en cuatro estados básicos: sólido, semisólido, plástico y líquido. (Das, 2015)



**Figura 16: Límites de Atterberg**

**Fuente: Das, 2015**

#### 2.2.4.2.2 Límite líquido.

El Límite Líquido se define como el porcentaje de humedad del suelo, por debajo del cual se presenta un comportamiento plástico. Cuando los suelos alcanzan porcentajes de humedad mayores al límite líquido, su comportamiento será el de un fluido viscoso. (Botía, 2015)

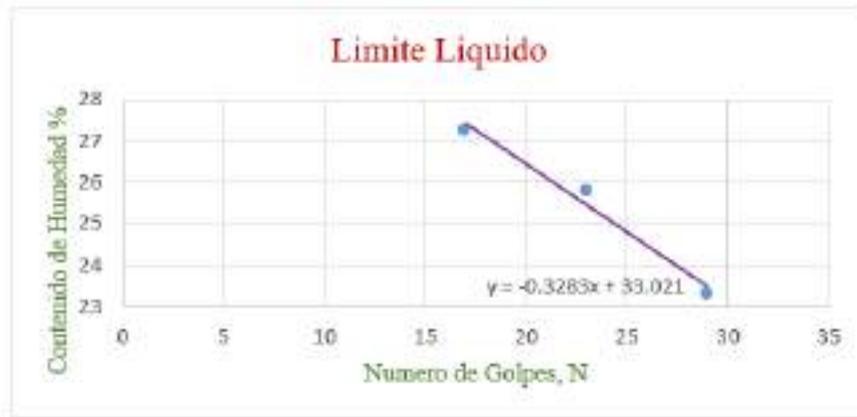
Este límite además de ser un parámetro esencial para la clasificación de los suelos puede ser útil para determinar problemas de potencial de volumen, para estimar asentamientos en problemas de consolidación y en conjunto con el Límite plástico para predecir la máxima densidad en estudios de compactación. (Botía, 2015)

El límite líquido de un suelo se determina utilizando la copa de Casagrande (designación de prueba D-4318 de la ASTM) y se define como el contenido de humedad en el que se cierra una ranura de 12.7 mm mediante 25 golpes. (Das, 2011)



**Figura 17: Equipo para la realización del ensayo de límite líquido**

**Fuente: Botia, 2015**



**Figura 18:** Grafica del ensayo de límite líquido

**Fuente:** Elaboración propia

#### 2.2.4.2.3 Límite Plástico.

El límite plástico fue definido por Atterberg como la frontera que existe entre los estados plástico y semisólido del suelo. En términos de laboratorio este límite es definido como el momento en términos de contenido de humedad, en que rollitos de aproximadamente 3 mm de diámetro empiezan a presentar desmoronamiento y agrietamiento. Es importante resaltar que el diámetro de los rollitos fue propuesto por Terzaghi, dado que Atterberg nunca especifico este parámetro. (Botía, 2015)

El límite plástico se define como el contenido de humedad en el que el suelo se agrieta al formar un rollito de 3.18 mm de diámetro (designación de prueba D-4318 de la ASTM). (Das, 2011)



**Figura 19:** Equipo para la realización del ensayo de límite plástico

**Fuente:** Botia, 2015



**Figura 20: Ensayo de límite plástico**

**Fuente: Botia, 2015**

#### 2.2.4.2.4 *Índice de plasticidad.*

El índice de plasticidad es la diferencia entre el límite líquido y el límite plástico de un suelo. (Das, 2015)

$$PI = LL - LP$$

#### 2.2.4.3 *Clasificación de Suelos.*

Existen varios métodos de clasificación de suelos - el conocido como Sistema Unificado de Clasificación de Suelos, el de la Asociación Americana de Agencias Oficiales de Carreteras y Transportes (AASHTO), el Sistema del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA), el Sistema de la ASTM y el Sistema de la Agencia Federal de Aviación (F AA) para nombrar sólo unos cuantos. Actualmente, los departamentos estatales de transporte (antiguos departamentos de carretera) utilizan el sistema de clasificación de la AASHTO. (Bowles, 1981)

Todos los sistemas de clasificación de interés primordial para el ingeniero geotécnico utilizan los límites de Atterberg (por lo menos los límites líquido y plástico) con un análisis parcial o total de granulometría, y el proceso de eliminación para la clasificación de un suelo. (Bowles, 1981)

Los sistemas de clasificación de suelos dividen los suelos en grupos y subgrupos con base en propiedades ingenieriles comunes como la distribución granulométrica, el límite líquido y el límite plástico. Los dos sistemas de clasificación principales de uso actual son el sistema



de la American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO) y el Sistema unificado de clasificación de suelos (Unified Soil Classification System (también es el sistema de la ASTM). El sistema de la AASHTO se emplea principalmente para la clasificación de las capas del pavimento de una carretera. No se utiliza en la construcción de cimentaciones. (Das, 2011)

#### 2.2.4.3.1 *Sistema de Clasificación AASHTO.*

Este sistema de clasificación de suelos fue desarrollado en 1929 como el Sistema de Clasificación de Administración de Carreteras. Ha sido objeto de varias revisiones, con la actual versión propuesta por la Comisión de Clasificación de Materiales para los Tipos de Carreteras Subrasantes y Granulares de la Junta de Investigación de Carreteras en 1945 (Norma ASTM D-3282; método AASHTO M145). (Das, 2015)

De acuerdo con este sistema el suelo se clasifica en siete grupos principales: A-1 a A-7. Los suelos que clasifican en los grupos A-1, A-2 y A-3 son materiales granulares, donde el 35% o menos de las partículas pasan a través del tamiz núm. 200. Los suelos donde más de 35% pasa a través del tamiz núm. 200 se clasifican en los grupos A-4, A-5, A-6 y A-7. Éstos son principalmente limo y materiales del tipo de arcilla. (Das, 2015)

Según (Das, 2015), en su libro Fundamentos de la Ingeniería Geotécnica, el sistema de clasificación se basa en los siguientes criterios:

#### a. **Tamaño de grano**

- Grava: fracción que pasa el tamiz de 75 mm y es retenida en el tamiz núm. 10 (2 mm).
- Arena: fracción que pasa el tamiz núm. 10 (2 mm) y es retenida en el tamiz núm. 200 (0.075 mm).
- Limo y arcilla: fracción que pasa el tamiz núm. 200

b. **Plasticidad:** el término limoso se aplica cuando las fracciones finas del suelo tienen un índice de plasticidad de 10 o menos. El término arcilloso se aplica cuando las fracciones finas tienen un índice de plasticidad de 11 o más.



- c. Si se encuentran cantos y guijarros (tamaño mayor a 75 mm), se excluyen de la porción de la muestra de suelo en el que se hizo la clasificación. Sin embargo, se registra el porcentaje de este tipo de material.

Clasificación general	Materiales granulares (35% o menos del total de la muestra pasada por el núm. 200)						
	A-1			A-2			
Grupo de clasificación	A-1-a	A-1-b	A-3	A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7
Análisis de tamiz (porcentaje de paso)							
Núm. 10	50 máx.						
Núm. 40	30 máx.	50 máx.	51 mín.				
Núm. 200	15 máx.	25 máx.	10 máx.	35 máx.	35 máx.	35 máx.	35 máx.
Características de la fracción de paso núm. 40							
Límite líquido				40 máx.	41 mín.	40 máx.	41 mín.
Índice de plasticidad	6 máx.		NP	10 máx.	10 máx.	11 mín.	11 mín.
Tipos comunes de materiales significativos constituyentes							
	Fragmentos de roca, grava y arena		Arena fina	Limo o grava arcillosa y arena			
Clasificación general de la subrasante			Excelente a bueno				

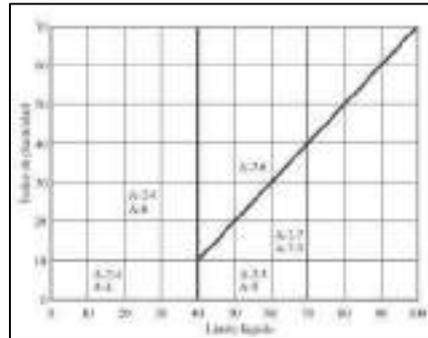
Figura 21: Clasificación de suelos según el método AASHTO

Fuente: Das, 2015

Clasificación general	Materiales granulares (35% o menos del total de la muestra pasada por el núm. 200)			
	A-4	A-5	A-6	A-7 A-7-5* A-7-6†
Análisis de tamiz (porcentaje de paso)				
Núm. 10				
Núm. 40				
Núm. 200	36 mín.	36 mín.	36 mín.	36 mín.
Características de la fracción de paso núm. 40				
Límite líquido	40 máx.	41 mín.	40 máx.	41 mín.
Índice de plasticidad	10 máx.	10 máx.	11 máx.	11 mín.
Tipos comunes de materiales significativos constituyentes				
	Suelos limosos		Suelos arcillosos	
Clasificación general de la subrasante			Regular a malo	
*Para A-7-5, $PI < LL - 30$				
†Para A-7-6, $PI > LL - 30$				

Figura 22: Clasificación de suelos según el método AASHTO

Fuente: Das, 2015



**Figura 23: Rango del límite líquido y del índice de plasticidad para suelos en los grupos A-2, A-4, A-5, A-6 y A-7**

**Fuente: Das, 2015**

Para la evaluación de la calidad de un suelo como un material de subrasante carretera, también se incorpora un número llamado índice de grupo (IG) a los grupos y subgrupos del suelo. Este número se escribe entre paréntesis después de la designación del grupo o subgrupo. (Das, 2015)

El índice de grupo está dado por la siguiente ecuación

$$IG = (F - 35)[0.2 + 0.005(LL - 40)] + 0.01(F - 15)(PI - 10) \text{ (Das, 2015)}$$

Donde:

- F = porcentaje pasado por el tamiz núm. 200
- LL = límite líquido
- PI = índice de plasticidad

A continuación, se presentan algunas reglas para la determinación del índice de grupo:

- Si la ecuación da un valor negativo para IG, se toma como 0.
- El índice de grupo calculado a partir de la ecuación se redondea al número entero más próximo (por ejemplo, IG = 3.4 se redondea a 3; IG = 3.5 se redondea a 4).
- No hay límite superior para el índice de grupo.
- El índice de grupo de los suelos que pertenecen a los grupos A-1-a, A-1-b, A-2-4, A-2-5 y A-3 siempre es 0.

- Al calcular el índice de grupo para suelos que pertenecen a los grupos A-2-6 y A-2-7, utilice el índice de grupo parcial para PI, o  $IG=0.01(F-15)(PI-10)$ . (Das, 2015)

#### 2.2.4.3.2 Sistema Unificado de la Clasificación del Suelo.

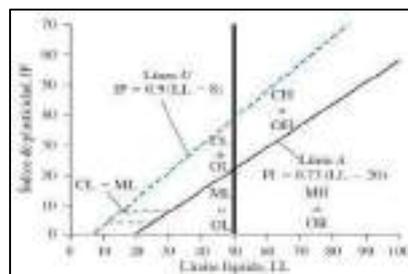
La forma original de este sistema fue propuesta por Casagrande en 1948 para su uso en los trabajos de construcción del aeródromo realizado por el Cuerpo de Ingenieros del Ejército durante la Segunda Guerra Mundial. En colaboración con el U.S. Bureau of Reclamation, este sistema fue revisado en 1952. En la actualidad, es ampliamente utilizado por los ingenieros (Norma ASTM D-2487). (Das, 2015)

El Sistema Unificado de Clasificación clasifica los suelos en dos grandes categorías:

- a) Suelos de grano grueso que son de grava y arena en estado natural con menos de 50% que pasa a través del tamiz núm. 200. Los símbolos de grupo comienzan con un prefijo de G o S. G es para el suelo de grava o grava, y S para la arena o suelo arenoso. (Das, 2015)
- b) Suelos de grano fino con 50% o más que pasa por el tamiz núm. 200. Los símbolos de grupo comienzan con un prefijo de M, que es sinónimo de limo inorgánico, C para la arcilla inorgánica y O para limos orgánicos y arcillas. El símbolo Pt se utiliza para la turba, lodo y otros suelos altamente orgánicos. (Das, 2015)

Otros símbolos que también se utilizan para la clasificación son:

- W: bien clasificado
- P: mal clasificado
- L: baja plasticidad (límite líquido menor de 50)
- H: alta plasticidad (límite líquido mayor de 50) (Das, 2015)



**Figura 24: Grafica de Plasticidad**

**Fuente: Das, 2011**



	Criterios para asignar símbolos y nombres de grupo utilizando pruebas de laboratorio <sup>a</sup>			Clasificación del suelo		
				Símbolo de grupo	Nombre de grupo <sup>b</sup>	
<b>Suelos de grano grueso</b> Más de 50% retenido en la malla núm. 200	Gravas Más de 50% de la fracción gruesa retenida en la malla núm. 4	Gravas limpias	$C_u \geq 4$ y $1 \leq C_c \leq 3^c$	GW	Grava bien graduada <sup>f</sup>	
		Menos de 5% finos <sup>c</sup>	$C_u < 4$ y/o $1 > C_c > 3^c$	GP	Grava mal graduada <sup>f</sup>	
	Arenas 50% o más de la fracción gruesa pasa la malla núm. 4	Gravas con finos Más de 12% finos <sup>c</sup>	Los finos se clasifican como ML o MH		GM	Grava limosa <sup>f, g, h</sup>
			Los finos se clasifican como CL o CH		GC	Grava arcillosa <sup>f, g, h</sup>
	Arenas limpias Menos de 5% finos <sup>d</sup>		$C_u \geq 6$ y $1 \leq C_c \leq 3^e$	SW	Arena bien graduada <sup>f</sup>	
			$C_u < 6$ y/o $1 > C_c > 3^e$	SP	Arena mal graduada <sup>f</sup>	
Arena con finos Más de 12% finos <sup>d</sup>	Los finos se clasifican como ML o MH		SM	Arena limosa <sup>f, h, i</sup>		
	Los finos se clasifican como CL o CH		SC	Arena arcillosa <sup>f, h, i</sup>		
<b>Suelos de grano fino</b> 50% o más pasa la malla núm. 200	Limos y arcillas Límite líquido menor que 50	Inorgánicos	$IP > 7$ y se encuentra en o arriba de la línea "A" <sup>j</sup>	CL	Arcilla de baja compresibilidad <sup>k, l, m</sup>	
			$IP < 4$ o se encuentra debajo de la línea "A" <sup>j</sup>	ML	Limo de baja compresibilidad <sup>k, l, m</sup>	
	Limos y arcillas Límite líquido 50 o mayor	Orgánicos	$\frac{\text{Límite líquido—secado en horno}}{\text{Límite líquido—no secado}} < 0.75$		OL	Arcilla orgánica <sup>k, l, m, n</sup> Limo orgánico <sup>k, l, m, o</sup>
			Inorgánicos	$IP$ se encuentra en o arriba de la línea "A"	CH	Arcilla de alta compresibilidad <sup>k, l, m, n</sup>
		$IP$ se encuentra debajo de la línea "A"		MH	Limo de alta compresibilidad <sup>k, l, m, n</sup>	
	Orgánicos	$\frac{\text{Límite líquido—secado en horno}}{\text{Límite líquido—no secado}} < 0.75$		OH	Arcilla orgánica <sup>k, l, m, p</sup> Limo orgánico <sup>k, l, m, q</sup>	
Principalmente materia orgánica, de color oscuro y olor orgánico		PT	Turba			

<sup>a</sup>Con base en el material que pasa la malla de 75 mm (3 in).  
<sup>b</sup>Si la muestra de campo contenía cantos rodados o piedra bola, o ambos, agregue "con cantos rodados o piedra bola, o ambos" al nombre de grupo.  
<sup>c</sup>Gravas con 5 a 12% de finos requieren símbolos dobles: grava bien graduada con limo, GW-GM; grava bien graduada con arcilla, GW-GC; grava mal graduada con limo, GP-GM; grava mal graduada con arcilla, GP-GC.  
<sup>d</sup>Arenas con 5 a 12% de finos requieren símbolos doble: arena bien graduada con limo SW-SM; arena bien graduada con arcilla SW-SC; arena mal graduada con limo SP-SM; arena mal graduada con arcilla SP-SC.

$C_u = D_{60}/D_{10}$   $C_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} \times D_{60}}$   
<sup>f</sup>Si el suelo contiene  $\geq 15\%$  de arena, agregue "con arena" al nombre de grupo.  
<sup>g</sup>Si los finos se clasifican como CL-ML, utilice el símbolo doble GC-GM o SC-SM.  
<sup>h</sup>Si los finos son orgánicos, agregue "con finos orgánicos" al nombre de grupo.  
<sup>i</sup>Si el suelo contiene  $\geq 15\%$  de grava, agregue "con grava" al nombre de grupo.  
<sup>j</sup>Si los límites de Atterberg se encuentran en el área sombreada, el suelo es una arcilla limosa, CL-ML.

<sup>k</sup>Si el suelo contiene 15 a 29% más la malla núm. 200, agregue "con arena" o "con grava," lo que predomine.  
<sup>l</sup>Si el suelo contiene  $\geq 30\%$  más la malla núm. 200, predominantemente arena, agregue "arenoso" al nombre de grupo.  
<sup>m</sup>Si el suelo contiene  $\geq 30\%$  más la malla núm. 200, predominantemente grava, agregue "gravoso" al nombre de grupo.  
<sup>n</sup>Si  $IP \geq 4$  y se encuentra en o arriba de la línea "A."  
<sup>o</sup>Si  $IP < 4$  o se encuentra debajo de la línea "A."  
<sup>p</sup>Si  $IP$  se encuentra en o arriba de la línea "A."  
<sup>q</sup>Si  $IP$  se encuentra debajo de la línea "A."

Figura 25: Clasificación de suelos por el método SUCS

Fuente: Das, 2011



Divisiones mayores		Símbolo de grupo	Nombres típicos	Criterios de clasificación para suelos granulares		
Suelos de grano grueso (más del 50% del material es mayor en tamaño que el tamiz No. 200)	Gravas (Más de la mitad de la fracción gruesa es mayor que el tamiz No. 4)	GW	Gravas bien gradadas, mezclas gravosas, pocos o ningún fino	$C_u = D_{60}/D_{10} > 4$ $C_c = 1 < D_{30}^2/D_{10} \times D_{60} < 3$		
		GP	Gravas pobremente gradadas, mezclas grava-arena, pocos o ningún fino	No cumplir todos los requisitos de gradación para GW		
		GM	Gravas limosas, mezclas grava-arena-limo	Límites de Atterberg por debajo de la línea A ó $I_p < 4$	A los materiales sobre la línea A con $4 < I_p < 7$ se considera de frontera y se les asigna doble símbolo	
		GC				Límites de Atterberg por encima de la línea A ó $I_p > 7$
	Arenas (Más del 50% de la fracción gruesa es menor que el tamiz No. 4)	Arenas limpias (pocos o ningún fino)	SW	Arenas bien gradadas, arenas gravosas, pocos o ningún fino	$C_u = D_{60}/D_{10} > 6$ $C_c = 1 < D_{30}^2/D_{10} \times D_{60} < 3$	
			SP	Arenas pobremente gradadas, arenas gravosas, pocos o ningún fino	No cumplir todos los requisitos de gradación para SW	
		SM	Arenas limosas, mezclas arena-limo	Límites de Atterberg por debajo de la línea A ó $I_p < 4$	Si el material está en la zona sombreada con $4 < I_p < 7$ se considera de frontera y se le asigna doble símbolo	
		SC				Límites de Atterberg por encima de la línea A ó $I_p > 7$
Suelos de grano fino (más del 50% del material pasa el tamiz No. 200)	Limos y arcillas (límite líquido $U_L < 50$ )	ML	Limos inorgánicos y arenas muy finas, polvo de roca, arenas finas limosas o arcillosas, o limos arcillosos con poca plasticidad.	1. Determinar el porcentaje de arenas y gravas de la curva de granulometría. 2. Dependiendo del porcentaje de fino (fracción menor que el tamiz No. 200) los suelos gruesos se clasifican como sigue: Menos del 5% — GW, GP, SW, SP Más del 12% — GM, GC, SM, SC de 5 a 12% — Casos de frontera que requieren doble símbolo		
		CL	Arcillas inorgánicas de plasticidad baja a media, arcillas gravosas, arcillas arenosas, arcillas limosas, arcillas magras.			
		OL	Limos orgánicos, arcillas limosas orgánicas de baja plasticidad			
	Limo y arcillas (límite líquido $> 50$ )	MH	Limos inorgánicos, suelos limosos o arenosos finos micáceos o diatomáceos, suelos elásticos			
		CH	Arcillas inorgánicas de alta plasticidad, arcillas grasas			
		OH	Arcillas orgánicas de plasticidad media a alta, limos orgánicos			
		Pe	Turba y otros suelos altamente orgánicos			

Figura 26: Clasificación de suelos por el método SUCS

Fuente: Bowles, 1981



#### **2.2.4.4 Resistencia al esfuerzo cortante.**

En el libro Fundamentos de la Ingeniería Geotécnica (Das, 2015), define a la resistencia cortante de un suelo como la resistencia interna por unidad de área que la masa de suelo puede ofrecer a la falla y el deslizamiento a lo largo de cualquier plano en su interior. Los ingenieros deben entender los principios de la resistencia al cizallamiento del suelo para analizar los problemas, como:

- Capacidad de carga de cimentaciones superficiales.
- Estabilidad de taludes naturales o de origen humano.
- Estimación de la presión lateral de tierra para el diseño de estructuras de retención de tierras.
- Capacidad de carga de pilotes y pozos perforados.

La resistencia al cizallamiento es, en general, una función de:

- La cohesión entre las partículas del suelo.
- La resistencia a la fricción entre las partículas sólidas.
- El contenido de humedad y la presión del agua intersticial en la masa del suelo.

El problema de la determinación de la resistencia al esfuerzo cortante de los suelos puede decirse que constituye uno de los puntos fundamentales de toda la mecánica de suelos. En efecto, una valoración correcta de ese concepto constituye un paso previo imprescindible para intentar, con esperanzas de éxito, cualquier aplicación de la mecánica de suelos al análisis de la estabilidad de obras civiles (López & López, 2016)

##### **2.2.4.4.1 Criterio de falla de Mohr-Coulomb.**

En el libro Fundamentos de la Ingeniería Geotécnica (Das, 2015) expone que: Esta teoría sostiene que un material falla debido a una combinación crítica de esfuerzo normal y esfuerzo cortante, y no de cualquier esfuerzo máximo normal o cortante solo. Por lo tanto, la relación funcional entre el esfuerzo normal y el esfuerzo cortante en un plano de falla se puede expresar en la forma  $\tau_f = f(\sigma)$  donde:

- $\tau_f$  = esfuerzo cortante en el plano de falla



- $\sigma$  = esfuerzo normal en el plano de falla

En el libro Fundamentos de la Ingeniería Geotécnica (Das, 2015) cita “La envolvente de falla definida por la ecuación es una curva. Para la mayoría de los problemas de mecánica de suelos, es suficiente para aproximarse al esfuerzo cortante sobre el plano de falla como una función lineal del esfuerzo normal (Coulomb, 1776)”.

Esta relación puede escribirse como:

$$\tau_f = c + \sigma \tan \varphi$$

Donde:

- $c$  = cohesión y  $\varphi$  = ángulo de fricción interna

En su libro Deslizamientos y Estabilidad de Taludes en Zonas tropicales (Suarez, 1998) menciona que, las rocas y los suelos al fallar al corte se comportan de acuerdo con las teorías tradicionales de fricción y cohesión, según la ecuación generalizada de Coulomb:

$$\tau = c' + (\sigma - \mu) * \tan \varphi' \text{ (para suelos saturados)}$$

$$\tau = c' + (\sigma - \mu) * \tan \varphi' + (\mu - \mu_a) * \tan \varphi'' \text{ (para suelos parcialmente saturados)}$$

Donde:

- $\tau$  = Esfuerzo de resistencia al corte.
- $c'$  = Cohesión o cementación efectiva.
- $\sigma$  = Esfuerzo normal total.
- $\mu$  = Presión del agua intersticial o de poros.
- $\mu_a$  = Presión del aire intersticial.
- $\varphi'$  = Ángulo de fricción interna del material.
- $\varphi''$  = Ángulo de fricción del material no saturado.

El análisis de la ecuación de Coulomb requiere predefinir los parámetros, ángulo de fricción y cohesión, los cuales se consideran como propiedades intrínsecas del suelo. La



presencia del agua reduce el valor de la resistencia del suelo dependiendo de las presiones internas o de poros de acuerdo a la ecuación de Coulomb, en la cual el factor  $u$  está restando al valor de la presión normal. La presión resultante se le conoce con el nombre de presión efectiva  $\sigma'$ . (Suarez, 1998)

#### 2.2.4.4.2 *Parámetros fundamentales.*

- a. **Ángulo de Fricción:** El ángulo de fricción es la representación matemática del coeficiente de rozamiento (Suarez, 1998), el cual es un concepto básico de la física:

$$\text{Coeficiente de rozamiento} = \text{Tan } \phi$$

El ángulo de fricción tiende a variar tomando en cuenta los siguientes factores que presenta el suelo: tamaño de los granos, forma de los granos, distribución de los tamaños de granos, densidad. (Suarez, 1998)

- b. **Cohesión:** La cohesión es una medida de la cementación o adherencia entre las partículas de suelo. La cohesión en mecánica de suelos es utilizada para representar la resistencia al cortante producida por la cementación, mientras que en la física este término se utiliza para representar la tensión. En suelos eminentemente granulares en los cuales no existe ningún tipo de cementante material que pueda producir adherencia, la cohesión se supone igual a 0 y a estos suelos se les denomina Suelos no Cohesivos. (Suarez, 1998)

- **Cohesión aparente:** En los suelos no saturados el agua en los poros produce un fenómeno de adherencia por presión negativa o fuerzas capilares. Esta cohesión aparente desaparece con la saturación. (Suarez, 1998)

#### 2.2.4.5 *Tipos de resistencia en estabilidad de taludes.*

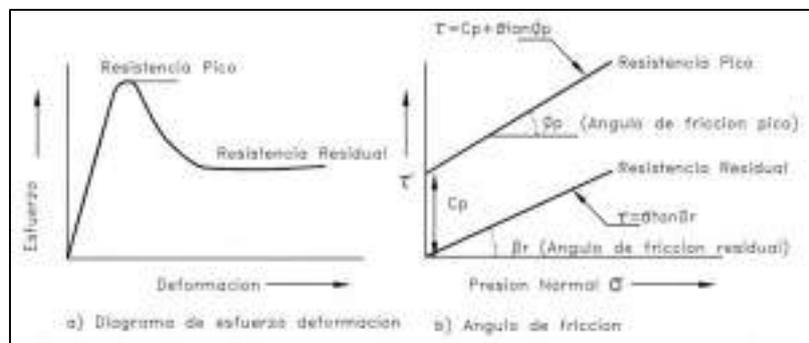
##### 2.2.4.5.1 *Resistencia máxima o resistencia pico.*

Es la resistencia máxima al corte que posee el material que no ha sido fallado previamente, la cual corresponde al punto más alto en la curva esfuerzo - deformación. La utilización de la resistencia pico en el análisis de estabilidad asume que la resistencia pico se obtiene simultáneamente a lo largo de toda la superficie de falla. Sin embargo, algunos puntos en la superficie de falla han alcanzado deformaciones mayores que otros, en un fenómeno de falla progresiva y asumir que la resistencia pico actúa simultáneamente en toda la superficie de falla puede producir errores en el análisis. (Suarez, 1998)

#### 2.2.4.5.2 Resistencia Residual.

Es la resistencia al corte que posee el material después de haber ocurrido la falla. Skempton (1964) observó que, en arcillas sobre consolidadas, la resistencia calculada del análisis de deslizamientos después de ocurridos correspondía al valor de la resistencia residual y recomendó utilizar para el cálculo de factores de seguridad, los valores de los parámetros obtenidos para la resistencia residual  $\phi_r$  y  $c_r$ . Sin embargo, en los suelos residuales la resistencia pico tiende a ser generalmente, muy similar a la resistencia residual. (Suarez, 1998)

Otro factor que determina las diferencias entre la resistencia pico y residual es la sensibilidad, la cual está relacionada con la pérdida de resistencia por el remoldeo o la reorientación de las partículas de arcilla. (Suarez, 1998)



**Figura 27: Resistencia pico y residual**

**Fuente: Suarez, 1998**

#### 2.2.4.6 Circulo de Mohr.

En un análisis en dos dimensiones, los esfuerzos en un punto pueden ser representados por un elemento infinitamente pequeño sometido a los esfuerzos  $\sigma_x$ ,  $\sigma_y$ , y  $\tau_{xy}$ . Si estos esfuerzos se dibujan en unas coordenadas  $\tau - \sigma$ , se puede trazar el círculo de Esfuerzos de Mohr. En este círculo se definen los valores de  $\sigma$  máximo ( $\sigma_1$ ) y  $\sigma$  mínimo ( $\sigma_3$ ), conocidos como Esfuerzos principales. Para interpretar correctamente el fenómeno de falla al cortante en un talud debe tenerse en cuenta cuál es la dirección de los esfuerzos principales en cada sitio de la superficie de falla. (Suarez, 1998)

#### 2.2.4.6.1 Envolvente de falla.

El círculo de Mohr se utiliza para representar o describir la resistencia al cortante de los suelos, utilizando la envolvente de falla Mohr – Coulomb, lo cual equivale a que una

combinación crítica de esfuerzos se ha alcanzado. Los esfuerzos por encima de la envolvente de falla no pueden existir. (Suarez, 1998)

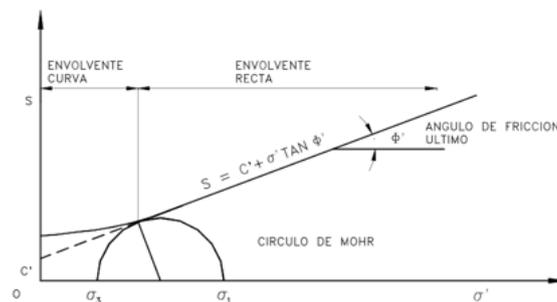
La envolvente de falla Mohr - Coulomb es generalmente una línea curva que puede representarse en la forma:

$$s = A(\sigma')^b \text{ (Suarez, 1998)}$$

Donde:

- $s$  = Resistencia al cortante
- $\sigma'$  = Esfuerzo normal efectivo
- $A$  y  $b$  = Constantes

En la práctica normal de Ingeniería, generalmente, esta curva se define como una recta aproximada dentro de un rango seleccionado de esfuerzos, en el cual  $s = c' + \sigma' \tan \phi'$ . (Suarez, 1998)



**Figura 28: Envolvente de falla y círculo de Mohr**

**Fuente: Suarez, 1998**

Donde:

- $c'$  = Intercepto del eje de resistencia (cohesión) y
- $\phi'$  = Pendiente de la envolvente (ángulo de fricción).

### 2.2.4.7 Ensayos de laboratorio.

#### 2.2.4.7.1 Ensayo de corte directo

El ensayo de corte directo induce la ocurrencia de una falla a través de un plano de localización predeterminado. Sobre este plano actúan dos fuerzas (o esfuerzos) - un esfuerzo normal debido a una carga vertical  $P_1$ , aplicada externamente y un esfuerzo cortante debido a la aplicación de una carga horizontal  $P_h$ . (Bowles, 1981)

Estos esfuerzos se calculan simplemente como:

$$\sigma_n = \frac{P_1}{A}$$

$$\sigma_n = \frac{P_1}{A}$$

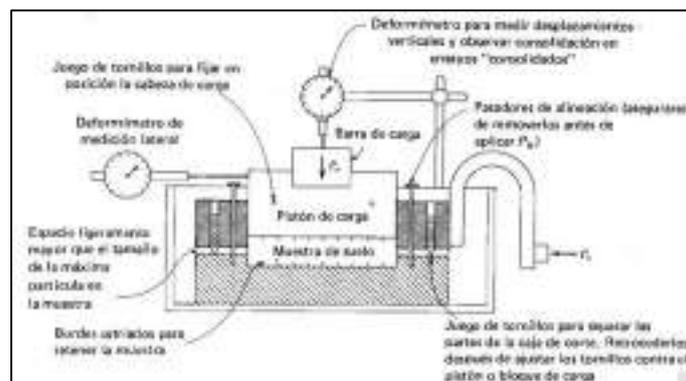
Donde  $A$  es el área nominal de la muestra (o de la caja de corte) y usualmente no se corrige para tener en cuenta el cambio de área causada por el desplazamiento lateral de la muestra  $P_h$ . (Bowles, 1981)

Estos esfuerzos deberían satisfacer la ecuación de Coulomb del experimento:

$$\tau = c + \sigma_n \tan \varphi$$

Para materiales no cohesivos, la cohesión debería ser cero por definición y la ecuación se convierte en:

$$\tau = \sigma_n \tan \varphi$$



**Figura 29: Ensayo de corte directo**

**Fuente: Bowles, 1981**



Ensayos de corte directo que se pueden realizar:

- **Corte directo no consolidado – no drenado (UU):** se considera un ensayo rápido, donde los esfuerzos cortantes se empiezan a aplicar antes de la etapa de consolidación bajo la carga normal. Cuando el suelo es cohesivo y está saturado se desarrollará un exceso en la presión de poros. (Botía, 2015)
- **Corte directo consolidado – no drenado (CU):** en este ensayo se permite que la etapa de consolidación se presente antes de someter la muestra a esfuerzos cortantes, siendo así, en el momento de aplicar las cargas horizontales la presión de poros en cero, pero dicha presión horizontal es rápida y esto hace que durante el ensayo no se disipe la presión de poros. (Botía, 2015)
- **Corte directo consolidado – drenado (CD):** se considera como el ensayo más lento y por ende demorado de todos. Se efectúa de igual manera que en ensayo CU, pero al aplicar el esfuerzo cortante, este se aplica de la manera más lenta posible permitiendo así el drenaje de la muestra en todo momento y la disipación de las presiones de poros. (Botía, 2015)

#### 2.2.4.7.2 *Cargas normales.*

Las cargas normales que se deben utilizar en el ensayo deben incluir los esfuerzos máximos que se suponen ocurren en el terreno. Al menos, deben realizarse ensayos con cuatro cargas diferentes para definir una envolvente de falla. (Suarez, 1998)

En suelos no cohesivos la envolvente de falla generalmente pasa por el origen, pero con suelos relativamente cementados debe haber un intercepto de cohesión. Si esta componente cohesiva es de importancia en la aplicación de ingeniería a analizar, debe realizarse ensayos con cargas normales muy pequeñas sobre muestras inalteradas, manejadas con mucho cuidado para evitar alteraciones. (Suarez, 1998)

#### 2.2.4.7.3 *Densidad de la muestra.*

Cuando se realicen ensayos para analizar taludes de rellenos compactados, se debe definir lo más preciso posible la densidad a la cual se debe ensayar la muestra, de acuerdo a la densidad del relleno. (Suarez, 1998)



#### **2.2.4.8 Estabilidad.**

A diferentes inclinaciones del talud corresponden diferentes masas de material terreo por mover y por ende diferentes costos. (Grajales & Ramírez, 2018)

La estabilización de un talud comprende los siguientes factores:

- Determinar los sistemas de estabilidad o combinación de los mismos más apropiados según sea el tipo de talud, los tipos de suelo y todo aspecto que afecte su estabilidad.
- Realizar el diseño de cómo se llevarán a cabo estos métodos sea uno solo o combinados, con ayuda de planos y especificaciones como normas y criterios.
- Llevar a cabo un seguimiento y control después de realizar la estabilidad para observar cómo se comporta el talud.

##### *2.2.4.8.1 Métodos de análisis de la estabilidad de taludes.*

#### **a. Método ordinario o de Fellenius**

Utilizado en Superficies de Falla circulares, este método no tiene en cuenta las fuerzas entre las dovelas y no satisface equilibrio de fuerzas, tanto para la masa deslizada como para dovelas individuales. Sin embargo, este método es muy utilizado por su procedimiento simple. Muy impreciso para taludes planos con alta presión de poros. Factores de seguridad bajos. (Suarez, 1998)

#### **b. Método Bishop simplificado**

Utilizado en Superficies de Falla circulares, asume que todas las fuerzas de cortante entre dovelas son cero. Reduciendo el número de incógnitas. La solución es sobredeterminada debido a que no se establecen condiciones de equilibrio para una dovela. (Suarez, 1998)

#### **c. Método Janbú Simplificado**

Utilizado en cualquier forma de superficie de falla, al igual que Bishop asume que no hay fuerza de cortante entre dovelas. La solución es sobre determinada que no satisface completamente las condiciones de equilibrio de momentos. Sin embargo, Janbú utiliza un factor de corrección  $F_0$  para tener en cuenta este posible error. Los factores de seguridad son bajos. (Suarez, 1998)

#### 2.2.4.8.2 Factor de seguridad.

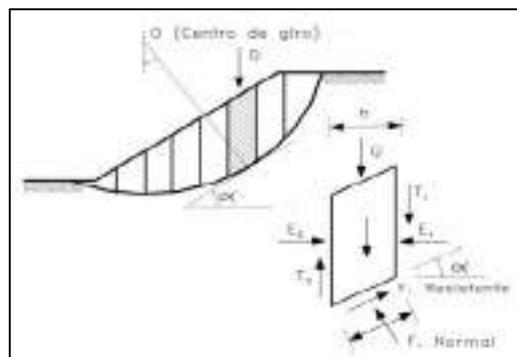
El Factor de Seguridad es empleado por los Ingenieros para conocer cuál es el factor de amenaza de que el talud falle en las peores condiciones de comportamiento para el cual se diseña. (Suarez, 1998)

##### a. Método Ordinario o de Fellenius

Conocido también como método Sueco, método de las Dovelas o método U.S.B.R. Este método asume superficies de falla circulares, divide el área de falla en tajadas verticales, obtiene las fuerzas actuantes y resultantes para cada tajada y con la sumatoria de estas fuerzas obtiene el Factor de Seguridad. (Suarez, 1998)

Las fuerzas que actúan sobre una dovela son:

- El peso o fuerza de gravedad, la cual se puede descomponer en una tangente y una normal a la superficie de falla.
- Las fuerzas resistentes de cohesión y fricción que actúan en forma tangente a la superficie de falla.
- Las fuerzas de presión de tierras y cortante en las paredes entre dovelas, las cuales no son consideradas por Fellenius, pero sí son tenidas en cuenta en otros métodos de análisis más detallados.



**Figura 30: Representación del cálculo del factor de seguridad por el método de Fellenius**

**Fuente: Suarez, 1998**

El método de Fellenius calcula el Factor de seguridad con la siguiente expresión:



$$F.S. = \frac{\sum [C' b \operatorname{seca} + (W \operatorname{cosa} - u b \operatorname{seca}) \operatorname{Tan}\varphi]}{\sum W \operatorname{sena}}$$

- $\alpha$  = Ángulo del radio del círculo de falla con la vertical bajo el centroide en cada tajada.
- $W$  = Peso total de cada tajada.
- $u$  = Presión de poros =  $\gamma_w h_w$
- $b$  = Ancho de la tajada
- $C'$ ,  $\varphi$  = Parámetros de resistencia del suelo.

#### b. Método de Bishop

Bishop (1955) presentó un método utilizando Dovelas y teniendo en cuenta el efecto de las fuerzas entre las Dovelas. La solución rigurosa de Bishop es muy compleja y por esta razón se utiliza una versión simplificada de su método, de acuerdo a la expresión:

$$F.S. = \frac{\sum [C' b + (W - u b) \operatorname{Tan}\varphi' / ma]}{\sum W \operatorname{sena}}$$

- $ma = \operatorname{Cosa} \left( 1 + \frac{\operatorname{Tana} \operatorname{Tan}\varphi}{F.S.} \right)$
- $\alpha$  = Ángulo del radio y la vertical en cada dovela.
- $W$  = Peso de cada dovela
- $u$  = Presión de poros en la base de cada dovela =  $\gamma_w h_w$
- $b$  = Ancho de la dovela
- $C'$ ,  $\varphi$  = Parámetros de resistencia del suelo.



### C. Método de Janbú

Janbú (1973) presenta un método de Dovelas para superficies de falla curvas, no circulares.

De acuerdo con Janbú (ecuación modificada):

$$F.S. = \frac{f_0 \sum \left\{ [C' b + (W - u b) \tan \phi'] \frac{1}{\cos \alpha \, ma} \right\}}{\sum W \tan \alpha}$$

- $ma = \cos \alpha \left( 1 + \frac{\tan \alpha \tan \phi}{F.S.} \right)$
- $\alpha =$  Ángulo del radio y la vertical en cada dovela.
- $W =$  Peso de cada dovela
- $u =$  Presión de poros en la base de cada dovela  $= \gamma_w h_w$
- $b =$  Ancho de la dovela
- $C', \phi =$  Parámetros de resistencia del suelo.
- $f_0 =$  depende de la curvatura de la superficie de falla

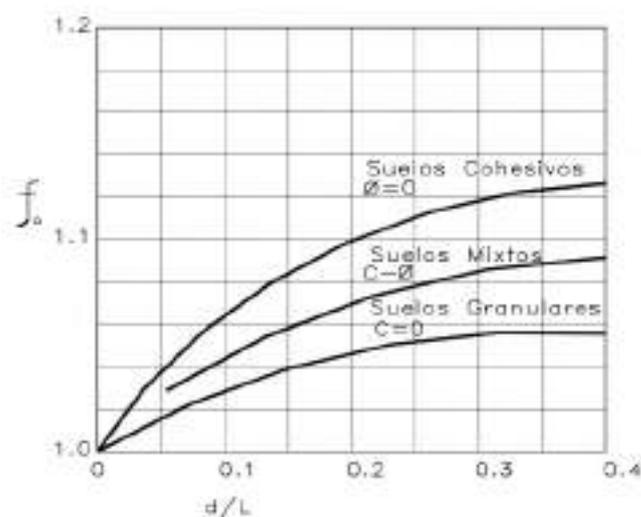


Figura 31: Diagrama para determinar el factor  $f_0$  para el método de Janbú

Fuente: Suarez, 1998



#### 2.2.4.8.3 *Comparación de los diversos métodos.*

La cantidad de métodos que se utilizan, los cuales dan resultados diferentes y en ocasiones contradictorios son una muestra de la incertidumbre que caracteriza los análisis de estabilidad. (Suarez, 1998)

Los métodos más utilizados por los ingenieros geotécnicos en todo el mundo son los simplificados de Bishop y de Janbú, los cuales en su concepción teórica no satisfacen equilibrios de fuerzas o de momentos. Los valores de factores de seguridad que se obtienen por estos dos métodos generalmente difieren en forma importante. (Suarez, 1998)

Aunque una comparación directa entre los diversos métodos no es siempre posible, los factores de seguridad determinados con el método de Bishop difieren por aproximadamente el 5% con respecto a soluciones más precisas, mientras el método simplificado de Janbú generalmente, subestima el factor de seguridad hasta valores del 30%, aunque en algunos casos los sobrestima hasta valores del 5%. (Suarez, 1998)

#### **2.2.5 Slide.**

Slide es un software de análisis de Estabilidad de Taludes en 2D que utiliza métodos de equilibrio límite para el cálculo de la estabilidad. (Tierra y Tecnología, 2016)

Incluye análisis de agua subterránea por elementos finitos en estado estacionario, e integra capacidades de análisis de sensibilidad, probabilísticos y análisis retrospectivos. (Tierra y Tecnología, 2016)

Su ámbito de aplicación en minería y obra civil es muy variado, permitiendo evaluar un gran número de problemáticas geotécnicas, tales como estabilidad de terraplenes, presas, taludes en excavaciones mineras o en edificaciones, efectos de cargas externas, sísmicas, eficiencia de elementos de refuerzo, etc. (Tierra y Tecnología, 2016)



## 2.3 Hipótesis

### 2.3.1 Hipótesis General.

La topografía, estudios de infiltración y propiedades mecánicas del suelo influyen en la evaluación del factor de seguridad del Talud de la margen izquierda de la Quebrada de Ayahuayco.

### 2.3.2 Sub Hipótesis.

- a) La pendiente del talud es el parámetro de la topografía que influirá en la evaluación del factor de seguridad correspondiente al Talud de la margen izquierda de la Quebrada Ayahuayco.
- b) La infiltración afecta considerablemente en los cálculos de la evaluación del factor de seguridad del Talud de la margen izquierda de la Quebrada Ayahuayco.
- c) Las propiedades mecánicas del suelo influyen de manera notable en la evaluación del factor de seguridad del Talud de la margen izquierda de la Quebrada Ayahuayco.
- d) El Factor de seguridad más crítico del Talud de la margen izquierda de la quebrada Ayahuayco, aplicando los 3 diferentes métodos, tomando en cuenta la influencia de la topografía, estudios de infiltración y propiedades mecánicas del suelo, es el factor de seguridad obtenido por el Método de Janbu Simplificado.



## 2.4 Definición de variables

### 2.4.1 Variables Independientes.

Tabla 1

*Variables Independientes*

Tipo de variable	Variable	Dimensión o Subnivel Subvariable	Indicador	UNIDAD	
<b>Independiente (x1)</b>	Topografía	Cotas	m.s.n.m	Metros	
		Coordenadas UTM	Zona de proyección, puntos cardinales	Metros	
		Pendiente	Inclinación del talud	Porcentaje	
	Estudios de Infiltración	Coeficiente de Infiltración	Superficie de Infiltración		cm <sup>2</sup>
			Tiempo de Infiltración		s
	Propiedades Mecánicas del Suelo	Análisis Granulométrico	Coeficiente de curvatura y uniformidad		Adimensional
			Pasante la malla		%
			Curva Granulométrica		Adimensional
		Clasificación de los suelos	Análisis granulométrico		Clasificación
			Índice de Plasticidad		SUCS
		Esfuerzo Cortante		Angulo de Fricción	
	Cohesión				kg/cm <sup>2</sup>
Peso específico del Suelo		Peso del suelo seco		kg	
		Volumen del suelo		m <sup>3</sup>	

Fuente: Elaboración propia



## 2.4.2 Variables Dependientes

Tabla 2

*Variables Dependientes*

Tipo de variable	Variable	Dimensión o Subnivel Subvariables	Indicador	UNIDAD
<b>Dependiente (y1)</b>	Factor de Seguridad	Topografía	Pendiente del talud	%
		Esfuerzo cortante	Cohesión	kN/m <sup>2</sup>
			Ángulo de fricción	Grados sexagesimales
		Peso específico del suelo	Peso del suelo seco	kg
Volumen del suelo	m <sup>3</sup>			

Fuente: Elaboración propia



2.4.3 Cuadro de operacionalización de variables.

Tabla 3

*Operacionalización de Variables*

Tipo de Variable	Nombre de la Variable	Definición de la Variable	Nivel de la Variable	Indicadores	Unidades	
<b>Independiente</b>	Topografía	Variable que corresponde al relieve natural del terreno que posee la zona de estudio.	Cotas	m.s.n.m	Metros	
			Coordenadas UTM	Zona de proyección, puntos cardinales	Metros	
			Pendiente	Inclinación del talud	Porcentaje	
	Estudios de Infiltración	Determina la capacidad que tiene el talud para filtrar o retener agua.	Coeficiente de Infiltración	Superficie de Infiltración		cm <sup>2</sup>
				Tiempo de Infiltración		s
	Propiedades Mecánicas del Suelo	Son las propiedades físicas y mecánicas que caracterizan un determinado suelo, dichas propiedades se determinan a través de ensayos tanto en laboratorio como in situ	Análisis Granulométrico	Coeficiente de curvatura y uniformidad		Adimensional
				Pasante la malla N° 200		%
				Curva Granulométrica		Adimensional
				Análisis Granulométrico		Clasificación SUCS
				Clasificación de los suelos	Índice de Plasticidad	



			Esfuerzo Cortante	Ángulo de Fricción	Grados Sexagesimales
				Cohesión	kg/cm <sup>2</sup>
			Peso específico del Suelo	Peso del suelo seco	kg
				Volumen del suelo	m <sup>3</sup>
			Índice de plasticidad	Límite líquido	Porcentaje
				Límite plástico	Porcentaje
			Contenido de Humedad	Peso del suelo seco	kg
				Peso del suelo húmedo	kg
			Topografía	Pendiente del talud	%
<b>Dependiente</b>	Factor de seguridad	Es un factor que determina que tan seguro es el talud, este factor se halla considerando todas las fuerzas que actúan sobre el talud.	Esfuerzo cortante	Cohesión	kN/m <sup>2</sup>
				Ángulo de fricción	Grados sexagesimales
			Peso específico del suelo	Peso del suelo seco	kg
				Volumen del suelo	m <sup>3</sup>

Fuente: Elaboración propia



## Capítulo III: Metodología

### 3.1 Metodología de la Investigación

#### 3.1.1 Enfoque de la Investigación.

Según (Hernández, Fernández, & Baptista, 2014), el Enfoque de la presente investigación es de Tipo Cuantitativo. Debido a que la investigación que se realizara será objetiva, se efectuara la investigación de manera secuencial, siguiendo un orden riguroso de procedimientos, los parámetros que se tienen en la investigación son medibles y estos serán utilizados para la comprobación de la hipótesis de la presente tesis de investigación.

#### 3.1.2 Nivel de la Investigación.

Tomando en cuenta a (Hernández, Fernández, & Baptista, 2014), el nivel del trabajo de investigación es Descriptivo con alcance explicativo. La tesis es descriptiva ya que se especificarán de manera real las propiedades físicas y mecánicas del suelo, sin realizar ningún tipo de alteración y de la misma manera la recolección de los datos necesarios para la investigación será de manera verídica. Explicativo, porque se explica de manera general, la incidencia de los distintos factores utilizados en la determinación del factor de seguridad y como estos afectan en los valores obtenidos.

#### 3.1.3 Método de la Investigación

En la presente investigación se hizo uso del método científico, ya que se buscó llegar a una conclusión a raíz de una idea Hipotética – Deductiva. Tomando en cuenta los las características del talud en campo y resultados obtenidos en después de realizar los ensayos pertinentes en el laboratorio se realizó la evaluación del factor de seguridad del talud, y así poder determinar la estabilidad que posee dicho talud. Demostrando que la hipótesis planteada en la tesis de investigación es afirmativa o negativa. (Hernández, Fernández, & Baptista, 2014)

### 3.2 Diseño de la Investigación.

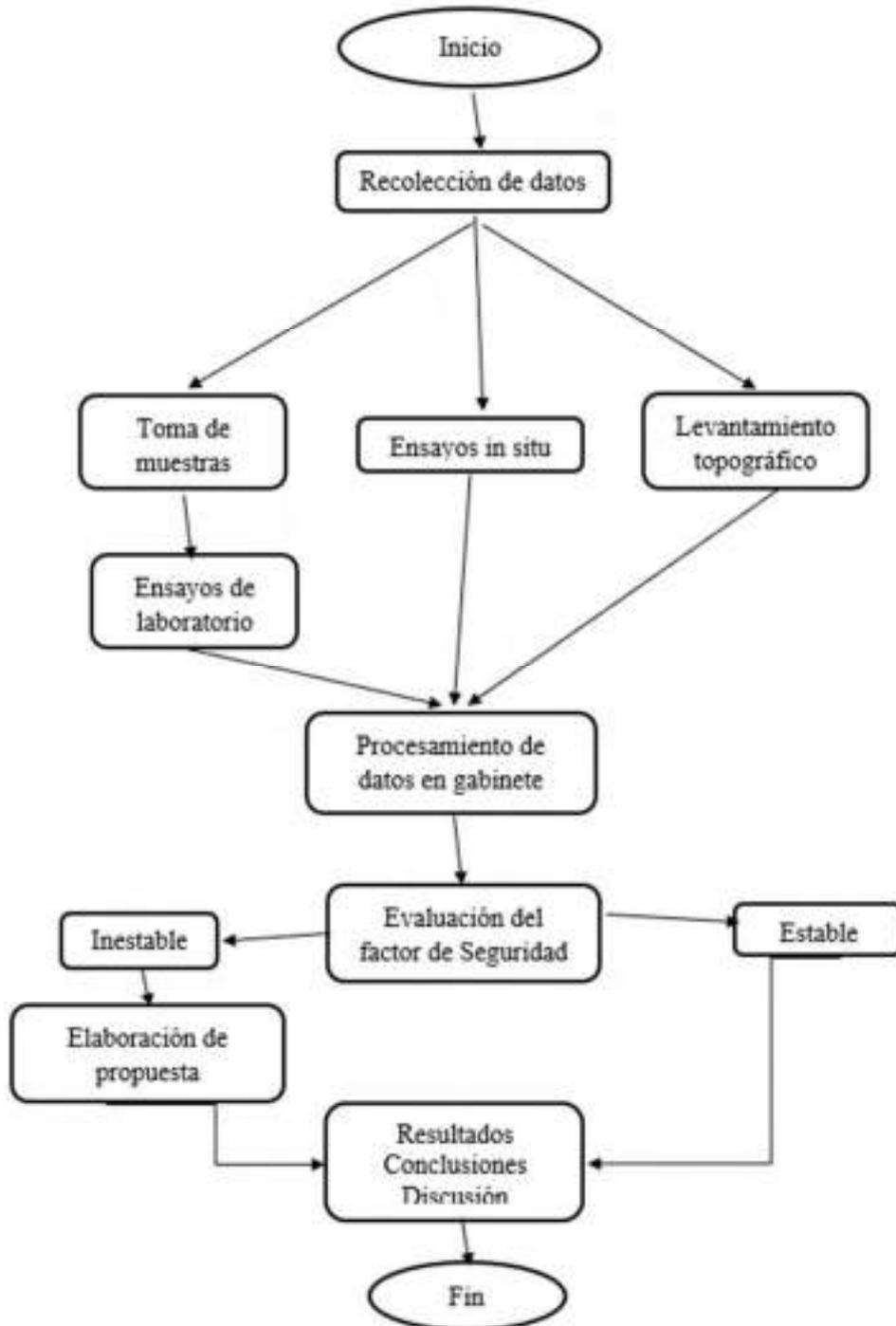
#### 3.2.1 Diseño metodológico

El diseño de la investigación es no experimental, debido a que durante toda la ejecución de la tesis no se manipularon las variables independientes como las propiedades físicas y mecánicas del suelo, ni las coordenadas obtenidas en el levantamiento topográfico. A su vez la investigación es no experimental transeccional debido a que los datos serán recolectados en un momento determinado, para así conocer el factor de seguridad del talud de la quebrada en ese



preciso instante, así mismo verificar la hipótesis planteada y poder obtener las conclusiones correspondientes. (Hernández, Fernández, & Baptista, 2014)

### 3.2.2 Diseño de Ingeniería



*Figura 32: Diseño de ingeniería.*

**Fuente: Elaboración propia**



### **3.3 Población y muestra.**

#### **3.3.1 Población.**

##### ***3.3.1.1 Descripción de la población.***

La población de la investigación está determinada por el sector de la margen izquierda de la quebrada Ayahuayco del Distrito de Cusco, por lo que la investigación se enfocara a estudiar las propiedades que presente el talud de dicho sector de la quebrada. Según el cuadrante especificado por las coordenadas UTM, en la zona 19 S.

##### ***3.3.1.2 Cuantificación de la población.***

La población cuantificada para el estudio de estabilidad del talud en la tesis de investigación posee un área aproximada de 16,800 m<sup>2</sup>, con un ancho estimado de 28 metros y una longitud de 600 m.

#### **3.3.2 Muestra.**

##### ***3.3.2.1 Descripción de la muestra.***

La muestra de la investigación será tomada en base a la norma CE 0.20 Estabilización de suelos y taludes. Dicha muestra fue tomada a criterio de los investigadores del sector de la margen izquierda de la quebrada Ayahuayco. La evaluación de la muestra se realiza con el fin de conocer las propiedades mecánicas del suelo, flujo del agua, geometría del talud, así como la topografía existente.

##### ***3.3.2.2 Cuantificación de la muestra***

La muestra elegida para la investigación fueron Tres Secciones pertenecientes al talud de la margen Izquierda de la Quebrada Ayahuayco.

##### ***3.3.2.3 Método de muestreo***

La muestra No Probabilística o dirigida Subgrupo de la población en la que la elección de los elementos no depende de la probabilidad, sino de las características de la investigación. (Hernández, Fernández, & Baptista, 2014)

Tomando en cuenta la definición previa, el método usado en la investigación es no probabilístico, debido a que se tomó la muestra planteando puntos estratégicos para la recolección de muestras y los datos necesarios del sector izquierdo de la quebrada para la ejecución de la investigación.



### 3.3.2.4 Criterios de evaluación de la muestra

Los criterios de evaluación de la muestra en estudio, se basan en la norma CE 0.20 Estabilización de suelos y taludes. En el cual podemos encontrar los ensayos que se deben realizar a la toma de muestras que se realizara en campo, Dichos ensayos se realizaran según la Norma Técnica Peruana. Los ensayos que se realizaran en la investigación son los siguientes:

Tabla 4

*Ensayos necesarios para el análisis del talud de la margen izquierda de la quebrada Ayahuayco*

Ensayos	Normatividad
Levantamiento Topográfico	
Permeabilidad	AASHTO T-125, ASTM D-5084
<ul style="list-style-type: none"><li>• Propiedades Mecánicas del suelo</li></ul>	
<ul style="list-style-type: none"><li>• Contenido de Humedad</li></ul>	NTP 339.127
<ul style="list-style-type: none"><li>• Límites de Consistencia</li></ul>	NTP 339.129
<ul style="list-style-type: none"><li>• Análisis Granulométrico por Tamizado</li></ul>	NTP 339.128
<ul style="list-style-type: none"><li>• Corte Directo</li></ul>	NTP 339.171

**Fuente: Elaboración propia**

### 3.3.2.5 Criterios de Inclusión

- a) Zonas vulnerables que tienen un alto potencial al deslizamiento.
- b) Tipos de suelo más representativos del sector de la margen izquierda de la quebrada Ayahuayco
- c) Puntos estratégicos para la realización de las prospecciones (calicatas y perforaciones) para la toma de muestras se realizarán en la base, medio y corona del talud en los tres Cortes que se escogieron.
- d) Factores geotécnicos que influyen en el factor de seguridad del talud de la margen izquierda de la Quebrada Ayahuayco.



### 3.4 Instrumentos

#### 3.4.1 Instrumentos metodológicos o instrumentos de recolección de datos

Tabla 5

Formato N° 01 para registro de datos del levantamiento topográfico

	<b>Universidad Andina del Cusco</b> Facultad de Ingeniería y Arquitectura Escuela Profesional de Ingeniería Civil	
<b>Levantamiento Topografico</b>		
<b>Tesis:</b>	Influencia de la Topografía, Estudios de Infiltración y Propiedades Mecánicas del Suelo en la Evaluación del Factor de Seguridad del Talud de la margen izquierda de la quebrada Ayuhuyco	
<b>Tesistas:</b>		
<b>Ubicación:</b>		
<b>N° de pagina:</b>	<b>Fecha:</b>	

Punto	Norte	Este	Cota (ms.n.m.)	Descripción
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				
11				
12				
13				
14				
15				
16				
17				
18				
19				
20				
21				
22				
23				
24				
25				

Fuente: Elaboración propia



Tabla 6

Formato N° 02 Ensayo de infiltración

<b>Universidad Andina del Cusco</b> Facultad de Ingeniería y Arquitectura Escuela Profesional de Ingeniería Civil			
<b>Ensayo de infiltración - Método de Porchet</b>			
<b>Tesis</b>	Influencia de la Topografía, Estudios de Infiltración y Propiedades Mecánicas del Suelo en la Evaluación del Factor de Seguridad del Talud de la margen izquierda de la quebrada Ayahuayco		
<b>Tesistas</b>	Mijail Walter Salas Quispe	<b>N° de ensayo:</b>	
	Max Carlos Ynquiliga Pumayalli	<b>Fecha:</b>	29/04/2022
<b>Ubicación:</b>	Margen Izquierda Quebrada Ayahuayco	<b>Pozo</b>	1

Datos del Pozo	
<b>Altura (cm)</b>	<b>Diametro (cm)</b>
45	30

Nivel (mm)	Tiempo (seg)	Tiempo (hr)	2h+R (mm)	F (mm/hr)

Fuente: Elaboración propia



Tabla 7

Formato N° 03 Ensayo de contenido de humedad

	<b>Universidad Andina del Cusco</b> <b>Facultad de Ingeniería y Arquitectura</b> <b>Escuela Profesional de Ingeniería Civil</b>	
---	---	---

<b>Ensayo de contenido de humedad</b>
---------------------------------------

<b>Tesis</b>	Influencia de la Topografía, Estudios de Infiltración y Propiedades Mecánicas del Suelo en la Evaluación del Factor de Seguridad del Talud de la margen izquierda de la quebrada Ayahuayco		
<b>Tesistas</b>		N° de ensayo:	
		Fecha:	
<b>Ubicación:</b>		Calicata	

Muestra N°	Muestra 01	Muestra 02	Muestra 03
N° de Recipiente (gr.)			
Peso del Recipiente (gr.)			
Peso del Recipiente + muestra húmeda (gr.)			
Peso del Recipiente + muestra seca (gr.)			
Peso del suelo húmedo (gr.)			
Peso del agua (gr.)			
Peso de la muestra seca (gr.)			
Contenido de humedad (%)			
Promedio			

Fuente: Elaboración propia



Tabla 8

Formato N° 04 Ensayo de Granulometría

<b>Universidad Andina del Cusco</b> Facultad de Ingeniería y Arquitectura Escuela Profesional de Ingeniería Civil		
Ensayo de Granulometría		
Tesis	Influencia de la Topografía, Estudios de Infiltración y Propiedades Mecánicas del Suelo en la Evolución del Factor de Seguridad del Talud de la rampa Izquierda de la quebrada Ayabuyo.	
Tesis		N° de ensayo: _____
Ubicación:		Fecha: _____
		Calista: _____
Muestra:	Pesa de la muestra inicial	Clasificación SACS
Código:	Pesa de la muestra después de lavar	
Prof. (m):		
Estrato:		

Alteura del tamal		Pesa retenido	%Retenido	%Retenido acumulado	% Que pasa
Tamiz	mm.				
3"	76.200				
2 1/2"	63.500				
2"	50.800				
1 1/2"	37.500				
1"	25.400				
3/4"	19.050				
1/2"	12.500				
3/8"	9.530				
1/4"	6.350				
#4	4.750				
#10	2.000				
#20	0.850				
#40	0.425				
#60	0.250				
#100	0.150				
#200	0.075				
Catodo					

**CURVA GRANULOMETRICA**

D <sub>60</sub>	D <sub>30</sub>	D <sub>10</sub>	C <sub>u</sub>	C <sub>c</sub>	Grava	Armas	Fines

Fuente: Elaboración propia



Tabla 9

Formato N° 05 Ensayo de límites de consistencia

<b>Universidad Andina del Cusco</b> Facultad de Ingeniería y Arquitectura Escuela Profesional de Ingeniería Civil			
<b>Ensayo de Límites de Consistencia</b>			
Tesis:	Influencia de la Topografía, Estudios de Infiltración y Propiedades Mecánicas del Suelo en la Evaluación del Factor de Seguridad del Talud de la margen izquierda de la quebrada Ayahuayco		
Tesisista:		N° de ensayo:	
Ubicación:		Fecha:	
		Calicata:	
Muestra:			
Código:			
Prof. (m):			
Estrato:			

Límite Líquido - ASTM 423-60					
Peso	Muestra	1	2	3	4
Peso de la Capota (gr.)					
Peso de la Capota + Suelo Húmedo (gr.)					
Peso de la Capota + Suelo Seco (gr.)					
Número de Golpes					
Peso del Suelo Seco (gr.)					
Contenido de Humedad (%)					
<b>LÍMITE LÍQUIDO (%)</b>					

Límite Líquido - ASTM D424-59				
Peso	Muestra	1	2	3
Peso de la Capota (gr.)				
Peso de la Capota + Suelo Húmedo (gr.)				
Peso de la Capota + Suelo Seco (gr.)				
Peso del Suelo Seco (gr.)				
Contenido de Humedad (%)				
<b>LÍMITE PLÁSTICO (%)</b>				
<b>ÍNDICE DE PLASTICIDAD (%)</b>				

Fuente: Elaboración propia





Tabla 11

Formato N° 07 Ensayo de Corte Directo

<b>Universidad Andina del Cusco</b> Facultad de Ingeniería y Arquitectura Escuela Profesional de Ingeniería Civil		
Ensayo de Corte Directo		
<b>Tesis</b>	Influencia de la Topografía, Estudios de Infiltración y Propiedades Mecánicas del Suelo en la Evaluación del Factor de Seguridad del Talud de la margen izquierda de la quebrada Ayahuayco	
<b>Testas</b>		N° de ensayo:
<b>Ubicación</b>		Fecha:
		Caliente:

<b>TIPO</b>	<b>Circular</b>	<b>Cest</b>
Diámetro		cm
Área		cm <sup>2</sup>
Altura		cm
Volumen		cm <sup>3</sup>

<b>Carga Normal (kg)</b>				
<b>Esfuerzo normal (kg/cm<sup>2</sup>)</b>				

**Curva Esfuerzo Cortante - Deformación Horizontal**

<b>Muestra</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
Esfuerzo Cortante $\tau$ (kg/cm <sup>2</sup> )			
Esfuerzo Normal $\sigma$ (kg/cm <sup>2</sup> )			

**Curva Esfuerzo Cortante - Esfuerzo Normal**

<b>Angulo de Friccion Interna (<math>\phi</math>)</b>	
<b>Cohesion C (Kg/cm<sup>2</sup>)</b>	

Fuente: Elaboración propia



Tabla 12

Formato N° 08 Ensayo de densidad de campo

<div style="display: inline-block; text-align: center;"> <p><b>Universidad Andina del Cusco</b>  <b>Facultad de Ingeniería y Arquitectura</b>  <b>Escuela Profesional de Ingeniería Civil</b></p> </div>	
<p><b>Ensayo de Densidad de Campo Metodo de Cono de Arena</b></p>	
<b>Tesis:</b>	Influencia de la Topografía, Estudios de Infiltración y Propiedades Mecánicas del Suelo en la Evaluación del Factor de Seguridad del Talud de la margen izquierda de la quebrada Ayahuayco
<b>Tesistas:</b>	N° de ensayo:
	Fecha:
<b>Ubicación:</b>	Calicata

	Unidades	Pesos Obtenidos
Peso Unitario de Arena (Yarena)	gr/cm <sup>3</sup>	
Peso de frasco + cono antes de usarlo	gr	
Peso de frasco + cono despues de usarlo	gr	
Peso de arena usada (hueco + cono)	gr	
Peso de la arena del cono	gr	
Peso de la arena en el hueco W	gr	
Vol. Del Hueco, Vh=W/Yarena	cm <sup>3</sup>	
Peso de la muestra W'	gr	
<b>Densidad Natural (Ynat)</b>	<b>gr/cm<sup>3</sup></b>	

Fuente: Elaboración propia



### 3.4.2 Instrumentos de Ingeniería

Para la toma de datos topográficos, estudio de infiltración, como el estudio de mecánica de suelos y otros ensayos se usaron los siguientes instrumentos:

Tabla 13

*Instrumentos utilizados para el levantamiento topográfico, calicatas y ensayo de contenido de humedad*

	Instrumento	Especificaciones	Imagen Referencial
Topografía	Estación total	Utilizado para la toma de coordenadas de los puntos de la quebrada Ayahuayco.	
	Trípode	Soporte para la Estación total.	
	Prismas	Utilizado para el levantamiento topográfico.	
	GPS	Utilizado para la obtención de las coordenadas del BM.	
	Libreta topográfica	Utilizada para la elaboración del croquis, anotar BM, calicatas, datos tomados en campo.	
	Cámara	Para la toma de fotografías.	
Calicatas	Pico	Instrumentos necesarios para la excavación y toma de muestras.	
	Pala		
	Barreta		
Contenido de Humedad	Horno eléctrico	Utilizado para secar las muestras.	
	Balanza Electrónica	Utilizado para determinar el peso en gramos.	
	Recipientes	Utilizados para colocar las muestras.	

**Fuente: Elaboración Propia**

Tabla 14

*Instrumentos utilizados para los ensayos de granulometría y límites de consistencia*

	Instrumento	Especificaciones	Imagen Referencial
Granulometría	Tamices	Juego de tamices de la malla 3", 2 1/2", 2", 1 1/2", 1", 3/4", 1/2", 3/8", 1/4", N° 04, N° 10, N° 20, N° 40, N° 60, N° 100, N° 200.	
	Balanza Electrónica	Utilizado para determinar el peso en gramos.	
	Recipientes	Utilizados para colocar las muestras.	
	Horno eléctrico	Utilizado para secar las muestras.	
Límites de Consistencia	Cuchara de Casa Grande	Utilizado para la determinación del número de golpes a velocidad constante	
	Probeta	Utilizado para agregar agua en cantidades precisas	
	Lamina de Vidrio	Utilizado para elaborar los rollos de muestra para el límite plástico	
	Balanza Electrónica	Utilizado para determinar el peso en gramos.	
	Recipientes	Utilizados para colocar las muestras.	
	Horno eléctrico	Utilizado para secar las muestras.	

**Fuente: Elaboración propia**

Tabla 15

*Instrumentos utilizados en los ensayos de corte directo y densidad de campo*

	Instrumento	Especificaciones	Imagen Referencial
Corte Directo	Máquina de corte directo	Utilizado para medir la deformación de la muestra colocada en el molde en base de esfuerzos normales y cortantes	
	Molde	Utilizado para tallar las muestras	
	Pesas	Utilizado para aumentar la carga normal	
Densidad de Campo	Cono metálico	Con un diámetro de 4"	
	Arena Calibrada	Arena de Ottawa	
	Placa metálica Hueca	Diámetro del agujero de 4"	
	Balanza Electrónica	Utilizado para determinar el peso en gramos.	

Fuente: Elaboración propia

### 3.5 Procedimiento de Recolección de Datos

#### 3.5.1 Levantamiento topográfico

##### a) Equipos utilizados

- Estación total Marca GPT – 3005W
- GPS marca Garmin
- Prisma y porta prisma



- Trípode
- Libreta de Campo
- Computadora para el procesamiento de datos

#### b) Procedimiento

El procedimiento que se realizó para el levantamiento topográfico fue el siguiente:

- Primero se realizó un reconocimiento del terreno, para la elaboración del croquis correspondiente y así verificar la accesibilidad y visibilidad de la estación para la toma de puntos y así poder describir de la manera más precisa la geometría del talud.



*Figura 33: Reconocimiento del cuerpo del talud para el levantamiento topográfico*

**Fuente: Elaboración propia**

- Seguidamente se estableció el BM, considerando un punto desde el cual se pueda apreciar todo el cuerpo del talud del que se realizaría el levantamiento topográfico. Se procedió a instalar la estación total, y programarla para iniciar con el levantamiento.



*Figura 34: Instrumentos utilizados para el levantamiento topográfico*

**Fuente: Elaboración propia**



- Se comenzó con el levantamiento topográfico, tomando puntos en la parte superior, inferior del talud, próximamente se procedió a realizar la toma de puntos en las partes más representativas del cuerpo del talud donde se podían apreciar cambios bruscos de pendiente y los lugares donde se realizaron las calicatas y tomas de muestra.



*Figura 35: Colocando correctamente el prisma para el levantamiento topográfico*

**Fuente: Elaboración propia**

- Finalmente, se procedió al trabajo de gabinete, donde se procesó la información recolectada en campo con el levantamiento topográfico, para poder generar las curvas de nivel y los respectivos perfiles de los Cortes que se escogieron para la determinación del factor de seguridad del talud.



*Figura 36: Exportando los datos del levantamiento topográfico*

**Fuente: Elaboración propia**



### 3.5.2 Ensayo de Infiltración – Método de Porchet

#### a) Equipos Utilizados

- Pico
- Wincha
- Tubo de 6 cm de radio
- Cronometro
- Agua
- Balde
- Regla metálica

#### b) Procedimiento

1. Se realiza la excavación de un pequeño pozo circular para poder realizar el ensayo de infiltración, en nuestro caso se realizaron 3 pozos de 30 centímetros de diámetro y 45 cm de profundidad.



*Figura 37: Realizando la Excavación del pozo para el ensayo de infiltración*

**Fuente: Elaboración Propia**



2. Se realizó la respectiva medición de la profundidad con la wincha y el ancho con la regla metálica.



*Figura 38: Realizando las mediciones de la profundidad y radio del pozo*

**Fuente: Elaboración propia**

3. Se comenzó a saturar el suelo llenándolo con agua, y se comenzó a tomar registro del descenso del agua cada cierto tiempo establecido de manera arbitraria, y así poder tener los datos listos para la determinación del factor de infiltración que tiene el suelo del talud en estudio.



*Figura 39: Llenando el pozo con agua*

**Fuente: Elaboración propia**



**Figura 40: Tomando medidas del descenso del agua**

**Fuente: Elaboración propia**

Tabla 16

*Toma de datos del Ensayo de Infiltración del Pozo 01*

<b>Universidad Andina del Cusco</b> Facultad de Ingeniería y Arquitectura Escuela Profesional de Ingeniería Civil			
<b>Ensayo de infiltración - Metodo de Porchet</b>			
<b>Tesis</b>	Influencia de la Topografía, Estudios de Infiltración y Propiedades Mecánicas del Suelo en la Evaluación del Factor de Seguridad del Talud de la margen izquierda de la quebrada Ayahuayco		
<b>Tesistas</b>	Mijhuil Walter Salas Quispe	<b>N° de ensayo:</b>	
	Máx Carlos Ynquiltupa Pumayalli	<b>Fecha:</b>	29/04/2022
<b>Ubicación:</b>	Margen izquierda Quebrada Ayahuayco	<b>Pozo</b>	1

<b>Datos del Pozo</b>	
<b>Altura (cm)</b>	<b>Diametro (cm)</b>
45	30

Nivel (mm)	Tiempo (seg)	Tiempo (hr)	2h+R (mm)	I (mm/hr)
400	0.0			
380	128.0			
360	257.0			
340	317.0			
320	412.0			
300	444.0			
280	554.0			
260	992.0			
<b>Promedio</b>				

**Fuente: Elaboración propia**



Tabla 17

Toma de datos del Ensayo de Infiltración del Pozo 02

<b>Universidad Andina del Cusco</b> Facultad de Ingeniería y Arquitectura Escuela Profesional de Ingeniería Civil			
<b>Ensayo de infiltración - Metodo de Porchet</b>			
<b>Tesis</b>	Influencia de la Topografía, Estudios de Infiltración y Propiedades Mecánicas del Suelo en la Evaluación del Factor de Seguridad del Talud de la margen izquierda de la quebrada Ayahuayco		
<b>Testistas</b>	Mithail Walter Salas Quispe	<b>Nº de ensayo:</b>	
	Max Carlos Ynquilupa Pumayalli	<b>Fecha:</b>	29/04/2022
<b>Ubicación:</b>	Margen Izquierda Quebrada Ayahuayco	<b>Pozo</b>	2

<b>Datos del Pozo</b>	
<b>Altura (cm)</b>	<b>Diametro (cm)</b>
45	30

Nivel (mm)	Tiempo (seg)	Tiempo (hr)	2ht-R (mm)	F (mm/hr)
400	0.0			
380	112.0			
360	270.0			
340	360.0			
320	410.0			
300	495.0			
280	523.0			
260	574.0			
<b>Promedio</b>				

Fuente: Elaboración Propia



Tabla 18

Toma de datos del Ensayo de Infiltración del Pozo 03

Universidad Andina del Cusco		Facultad de Ingeniería y Arquitectura		Escuela Profesional de Ingeniería Civil	
Ensayo de infiltración - Metodo de Porchet					
Tesis:	Influencia de la Topografía, Estudios de Infiltración y Propiedades Mecánicas del Suelo en la Evaluación del Factor de Seguridad del Talud de la margen izquierda de la quebrada Ayahuayco				
Tesisistas:	Mijhail Walter Salas Quispe			N° de ensayo:	
	Max Carlos Ynquilima Pumayalli			Fecha: 29/04/2022	
Ubicación:	Margen Izquierda Quebrada Ayahuayco			Pozo:	3

Datos del Pozo	
Altura (cm)	Diametro (cm)
45	30

Nivel (mm)	Tiempo (seg)	Tiempo (hr)	2h+R (mm)	F (mm/hr)
400	0.0			
380	95.0			
360	157.0			
340	234.0			
320	302.0			
300	354.0			
280	411.0			
260	504.0			
Promedio				

Fuente: Elaboración propia

### Ensayos de laboratorio realizados

- **Especificación de la ubicación de las tomas de muestra**

Corte 1:	Pie del talud	–	(C – 01)
	Medio del talud	–	(C – 02)
	Corona del talud	-	(C – 03)
Corte 2:	Pie del talud	–	(C – 04)
	Medio del talud	–	(C – 05)
	Corona del talud	-	(C – 06)
Corte 3:	Pie del talud	–	(C – 07)
	Medio del talud	–	(C – 08)
	Corona del talud	-	(C – 06)



### 3.5.3 Ensayo de contenido de Humedad

#### a) Equipos utilizados

- Horno de laboratorio
- Balanza calibrada
- Recipientes metálicos
- Guantes de cuero
- Utensilios para manipular la muestra

#### b) Procedimiento

Tomando en cuenta la norma NTP 339.127 se realizó el siguiente procedimiento:

- Primero se pesaron cada recipiente metálico y se colocó una breve descripción para identificarlos con facilidad.
- Se colocó una muestra representativa del suelo en el recipiente y se anotó el peso del recipiente más la muestra húmeda.
- Se colocó el recipiente con la muestra representativa en el horno, para su respectivo secado a una temperatura constante de 110°.



*Figura 41: Colocando la muestra en el horno*

**Fuente: Elaboración propia**



- Después de dejar la muestra en el horno por un periodo de 18 horas, se procedió a retirar los recipientes del horno y dejarlos enfriarse por unos minutos. Próximamente se registra el peso del recipiente más la muestra seca.



**Figura 42: Retirando la muestra del horno después de 24 horas**

**Fuente: Elaboración propia**

**c) Toma de datos**

Tabla 19

*Toma de datos del ensayo de contenido de humedad para la calicata C – 01*

<b>Universidad Andina del Cusco</b> Facultad de Ingeniería y Arquitectura Escuela Profesional de Ingeniería Civil			
Ensayo de contenido de humedad			
<b>Tesis:</b>	Influencia de la Topografía, Estudios de Infiltración y Propiedades Mecánicas del Suelo en la Evaluación del Factor de Seguridad del Talud de la margen izquierda de la quebrada Arahuayco		
<b>Testistas:</b>	Miguel Walter Solís Quiroga	Nº de ensayo:	1
	Max Carlos Yaguirupa Pintavali	Fecha:	22/04/2022
<b>Ubicación:</b>	Margen izquierda Quebrada Arahuayco	Calicata:	C-01
Muestra N°	Muestra #1	Muestra #2	Muestra #3
MP de Recipiente (gr.)			
Peso del Recipiente (gr.)	65	67	66.1
Peso del Recipiente + muestra húmeda (gr.)	337.1	337.3	336.7
Peso del Recipiente + muestra seca (gr.)	316	314.2	317.6
Peso del suelo húmedo (gr.)			
Peso del agua (gr.)			
Peso de la muestra seca (gr.)			
Constante de humedad (%)			
Promedio:			

**Fuente: Elaboración propia**



Tabla 20

Toma de datos del ensayo de contenido de humedad para la calicata C – 02

<b>Universidad Andina del Cusco</b> Facultad de Ingeniería y Arquitectura Escuela Profesional de Ingeniería Civil			
Ensayo de contenido de humedad			
<b>Tesis:</b>	Influencia de la Topografía, Estudios de Infiltración y Propiedades Mecánicas del Suelo en la Evaluación del Factor de Seguridad del Talud de la margen izquierda de la quebrada Ayahuayco		
<b>Testistas:</b>	Mijhail Walter Salas Quispe Max Carlos Yaculhuaga Panayali	N° de ensayo: Fecha:	1 22/04/2022
<b>Ubicación:</b>	Margen Izquierda Quebrada Ayahuayco	Calicata	C-02
Muestra N°	Muestra 01	Muestra 02	Muestra 03
N° de Recipiente (gr.)			
Peso del Recipiente (gr.)	67.1	67.2	67.1
Peso del Recipiente + muestra húmeda (gr.)	330	330	330
Peso del Recipiente + muestra seca (gr.)	312	312	312
Peso del suelo húmedo (gr.)			
Peso del agua (gr.)			
Peso de la muestra seca (gr.)			
<b>Contenido de humedad (%)</b>			
<b>Promedio</b>			

Fuente: Elaboración propia

Tabla 21

Toma de datos del ensayo de contenido de humedad para la calicata C - 03

<b>Universidad Andina del Cusco</b> Facultad de Ingeniería y Arquitectura Escuela Profesional de Ingeniería Civil			
Ensayo de contenido de humedad			
<b>Tesis:</b>	Influencia de la Topografía, Estudios de Infiltración y Propiedades Mecánicas del Suelo en la Evaluación del Factor de Seguridad del Talud de la margen izquierda de la quebrada Ayahuayco		
<b>Testistas:</b>	Mijhail Walter Salas Quispe Max Carlos Yaculhuaga Panayali	N° de ensayo: Fecha:	1 22/04/2022
<b>Ubicación:</b>	Margen Izquierda Quebrada Ayahuayco	Calicata	C-03
Muestra N°	Muestra 01	Muestra 02	Muestra 03
N° de Recipiente (gr.)			
Peso del Recipiente (gr.)	63.1	63.2	63
Peso del Recipiente + muestra húmeda (gr.)	293	289.8	290.4
Peso del Recipiente + muestra seca (gr.)	282.1	279.1	280.3
Peso del suelo húmedo (gr.)			
Peso del agua (gr.)			
Peso de la muestra seca (gr.)			
<b>Contenido de humedad (%)</b>			
<b>Promedio</b>			

Fuente: Elaboración propia



Tabla 22

Toma de datos del ensayo de contenido de humedad para la calicata C - 04

 <b>Universidad Andina del Cusco</b> Facultad de Ingeniería y Arquitectura Escuela Profesional de Ingeniería Civil 			
Ensayo de contenido de humedad			
<b>Tesis:</b>	Influencia de la Topografía, Estudios de Infiltración y Propiedades Mecánicas del Suelo en la Evaluación del Factor de Seguridad del Talud de la margen izquierda de la quebrada Ayahuayco		
<b>Testistas:</b>	Mijail Walter Salas Quispe	Nº de ensayo:	1
	Max Carlos Ynguitupa Pumayali	Fecha:	22/04/2022
<b>Ubicación:</b>	Margen Izquierda Quebrada Ayahuayco	Calicata:	C-04
Muestra N°	Muestra 01	Muestra 02	Muestra 03
Nº de Recipiente (gr.)			
Peso del Recipiente (gr.)	64	64.2	64.1
Peso del Recipiente + muestra húmeda (gr.)	336	339.3	338.7
Peso del Recipiente + muestra seca (gr.)	330	333.2	332.4
Peso del suelo húmedo (gr.)			
Peso del agua (gr.)			
Peso de la muestra seca (gr.)			
Contenido de humedad (%)			
Promedio			

Fuente: Elaboración propia

Tabla 23

Toma de datos del ensayo de contenido de humedad para la calicata C - 05

 <b>Universidad Andina del Cusco</b> Facultad de Ingeniería y Arquitectura Escuela Profesional de Ingeniería Civil 			
Ensayo de contenido de humedad			
<b>Tesis:</b>	Influencia de la Topografía, Estudios de Infiltración y Propiedades Mecánicas del Suelo en la Evaluación del Factor de Seguridad del Talud de la margen izquierda de la quebrada Ayahuayco		
<b>Testistas:</b>	Mijail Walter Salas Quispe	Nº de ensayo:	1
	Max Carlos Ynguitupa Pumayali	Fecha:	22/04/2022
<b>Ubicación:</b>	Margen Izquierda Quebrada Ayahuayco	Calicata:	C-05
Muestra N°	Muestra 01	Muestra 02	Muestra 03
Nº de Recipiente (gr.)			
Peso del Recipiente (gr.)	63	63.3	63.2
Peso del Recipiente + muestra húmeda (gr.)	399	399.3	399.1
Peso del Recipiente + muestra seca (gr.)	354	354.2	353.9
Peso del suelo húmedo (gr.)			
Peso del agua (gr.)			
Peso de la muestra seca (gr.)			
Contenido de humedad (%)			
Promedio			

Fuente: Elaboración propia



Tabla 24

Toma de datos del ensayo de contenido de humedad para la calicata C - 06

<b>Universidad Andina del Cusco</b> Facultad de Ingeniería y Arquitectura Escuela Profesional de Ingeniería Civil			
Ensayo de contenido de humedad			
Tesis:	Influencia de la Topografía, Estudios de Infiltración y Propiedades Mecánicas del Suelo en la Evaluación del Factor de Seguridad del Talud de la margen izquierda de la quebrada Ayahuayco		
Tesisistas:	Mijail Walter Salas Quispe	Nº de ensayo:	1
	Max Carlos Ynguitupa Pumayali	Fecha:	22/04/2022
Ubicación:	Margen Izquierda Quebrada Ayahuayco	Calicata:	C-06
Muestra N°	Muestra 01	Muestra 02	Muestra 03
Nº de Recipiente (gr.)			
Peso del Recipiente (gr.)	66.3	66.2	66.4
Peso del Recipiente + muestra húmeda (gr.)	267.1	267	267.2
Peso del Recipiente + muestra seca (gr.)	257.2	257.2	257.2
Peso del suelo húmedo (gr.)			
Peso del agua (gr.)			
Peso de la muestra seca (gr.)			
Contenido de humedad (%)			
Promedio			

Fuente: Elaboración propia

Tabla 25

Toma de datos del ensayo de contenido de humedad para la calicata C - 07

<b>Universidad Andina del Cusco</b> Facultad de Ingeniería y Arquitectura Escuela Profesional de Ingeniería Civil			
Ensayo de contenido de humedad			
Tesis:	Influencia de la Topografía, Estudios de Infiltración y Propiedades Mecánicas del Suelo en la Evaluación del Factor de Seguridad del Talud de la margen izquierda de la quebrada Ayahuayco		
Tesisistas:	Mijail Walter Salas Quispe	Nº de ensayo:	1
	Max Carlos Ynguitupa Pumayali	Fecha:	22/04/2022
Ubicación:	Margen Izquierda Quebrada Ayahuayco	Calicata:	C-07
Muestra N°	Muestra 01	Muestra 02	Muestra 03
Nº de Recipiente (gr.)			
Peso del Recipiente (gr.)	62.1	62.3	62.2
Peso del Recipiente + muestra húmeda (gr.)	313	310.2	312.1
Peso del Recipiente + muestra seca (gr.)	289.5	287	288.6
Peso del suelo húmedo (gr.)			
Peso del agua (gr.)			
Peso de la muestra seca (gr.)			
Contenido de humedad (%)			
Promedio			

Fuente: Elaboración propia



Tabla 26

Toma de datos del ensayo de contenido de humedad para la calicata C - 08

<b>Universidad Andina del Cusco</b> Facultad de Ingeniería y Arquitectura Escuela Profesional de Ingeniería Civil			
Ensayo de contenido de humedad			
Tesis:	Influencia de la Topografía, Estudios de Infiltración y Propiedades Mecánicas del Suelo en la Evaluación del Factor de Seguridad del Talud de la margen izquierda de la quebrada Ayahuayco		
Tesisista:	Mijhail Walter Salas Quispe	Nº de ensayo:	1
	Max Carlos Ynguitupa Pumayali	Fecha:	22/04/2022
Ubicación:	Margen Izquierda Quebrada Ayahuayco	Calicata:	C-08
Muestra N°	Muestra 01	Muestra 02	Muestra 03
Nº de Recipiente (gr.)			
Peso del Recipiente (gr.)	63.1	63.2	65
Peso del Recipiente + muestra húmeda (gr.)	291	291.3	291.2
Peso del Recipiente + muestra seca (gr.)	263	263.2	263.1
Peso del suelo húmedo (gr.)			
Peso del agua (gr.)			
Peso de la muestra seca (gr.)			
Contenido de humedad (%)			
Promedio			

Fuente: Elaboración propia

### 3.5.4 Ensayo de análisis Granulométrico por tamizado

#### a) Equipos Utilizados

- Juego de tamices de la malla 3", 2 ½", 2", 1 ½", 1", ¾", ½", 3/8", ¼", N° 04, N° 10, N° 20, N° 40, N° 60, N° 100, N° 200.
- Balanza Calibrada
- Cepillo Metálico
- Bowls
- Brocha, para limpiar los restos de la muestra retenido en los tamices

#### b) Procedimiento

- Mediante el método del cuarteo, de procedió a obtener la muestra representativa que sería utilizada para el ensayo, para pesarlas en la balanza. La cantidad de suelo utilizado por cada muestra siempre fue aproximada a 1 kg.
- Se lavo el material seleccionado a través de la malla N° 200, para realizar la limpieza del material y obtener un análisis granulométrico optimo.



- Se procedió a secar el material restante que quedo después del lavado en el horno, por un periodo de 24 horas, próximamente se procedió a pesar el material seco y así conocer la cantidad de material perdido en el lavado.



*Figura 43: Coloca la muestra lavada en el horno*

**Fuente: Elaboración propia**

- Se realizo el tamizado manual a través de los tamices 3", 2 ½", 2", 1 ½", 1", ¾", ½", 3/8", ¼", N° 04, N° 10, N° 20, N° 40, N° 60, N° 100, N° 200. Siendo ordenados estos de manera descendente. Se procedió a mover cada tamiz de manera circular constantemente durante unos minutos hasta que la muestra que no corresponda al tamiz utilizado en el momento pase en su totalidad al siguiente tamiz.



*Figura 44: Realizando el tamizado manual de la muestra*

**Fuente: Elaboración propia**



*Figura 45: Colocando muestra en el tamiz para continuar con el tamizado manual*

**Fuente: Elaboración propia**

- Al concluir el tamizado se separaron las muestras retenidas en cada tamiz, y se llevaron a la balanza. Anotando el peso retenido en cada uno de los tamices, para el análisis granulométrico del suelo de cada calicata.



*Figura 46: Separando las muestras retenidas en cada tamiz*

**Fuente: Elaboración propia**



c) Toma de datos

Tabla 27

Toma de datos del ensayo de granulometría de la calicata C - 01

	<b>Universidad Andina del Cusco</b> Facultad de Ingeniería y Arquitectura Escuela Profesional de Ingeniería Civil	
<b>Ensayo de Granulometría</b>		
<b>Tesis:</b>	Influencia de la Topografía, Estudios de Infiltración y Propiedades Mecánicas del Suelo en la Evaluación del Factor de Seguridad del Talud de la margen izquierda de la quebrada Ayahuayco	
<b>Testistas:</b>	Mijail walter Salas Quispe	N° de ensayos: <b>1</b>
	Max Carlos Yrupitupa Purrayal	Fecha: 22/04/2022
<b>Ubicación:</b>	Margen izquierda Quebrada Ayahuayco	Calicata: C-01

<b>Peso de la muestra inicial</b>	1000
<b>Peso de la muestra después de lavar</b>	425

<b>Clasificación SUCS</b>

Abertura del tamiz		Peso retenido	%Retenido	%Retenido acumulado	% Que pasa
Tamiz	mm.				
3"	76.200	0			
2 1/2"	75.000	0			
2"	50.800	0			
1 1/2"	37.500	112.16			
1"	25.400	0			
3/4"	19.050	33.59			
1/2"	12.500	28.98			
3/8"	9.530	35.25			
1/4"	6.350	38.06			
# 4	4.750	30.68			
# 10	2.000	14.41			
# 20	0.850	8.21			
# 40	0.425	30.13			
# 60	0.250	11.0			
# 100	0.106	49.83			
# 200	0.075	106.71			
Cazuela		580.11			
		1000			

Fuente: Elaboración propia



Tabla 28

Toma de datos del ensayo de granulometría de la calicata C - 02

		<b>Universidad Andina del Cusco</b> Facultad de Ingeniería y Arquitectura Escuela Profesional de Ingeniería Civil			
<b>Ensayo de Granulometría</b>					
<b>Tesis:</b>		Influencia de la Topografía, Estudios de Infiltración y Propiedades Mecánicas del Suelo en la Evaluación del Factor de Seguridad del Talud de la margen izquierda de la quebrada Ayahuayo			
<b>Tesistas:</b>		Mijail walter Salas Quispe	<b>N° de ensayo:</b>	<b>1</b>	
		Nas Carlos Yeghithan Parayal	<b>Fecha:</b>	22/04/2022	
<b>Ubicación:</b>		Margen Izquierda Quebrada Ayahuayo	<b>Calicata:</b>	C-02	

<b>Peso de la muestra inicial</b>	1000
<b>Peso de la muestra después de lavar</b>	431

<b>Clasificación SUCS</b>

Abertura del tamiz		Peso retenido	%Retenido	%Retenido acumulado	% Que pasa
Tamiz	mm.				
3"	76.200	0			
2 1/2"	75.000	0			
2"	50.800	0			
1 1/2"	37.500	0			
1"	25.400	0			
3/4"	19.050	39.65			
1/2"	12.500	22.4			
3/8"	9.530	30.1			
1/4"	6.350	28.92			
# 4	4.750	35.24			
# 10	2.000	27.67			
# 20	0.850	15.8			
# 40	0.425	15.47			
# 60	0.250	39.02			
# 100	0.106	105.01			
# 200	0.075	119.02			
Cazuela		581.7			
		1000			

Fuente: Elaboración propia



Tabla 29

Toma de datos del ensayo de granulometría de la calicata C - 03

		<b>Universidad Andina del Cusco</b> Facultad de Ingeniería y Arquitectura Escuela Profesional de Ingeniería Civil			
<b>Ensayo de Granulometría</b>					
<b>Tesis:</b>		Influencia de la Topografía, Estudios de Infiltración y Propiedades Mecánicas del Suelo en la Evaluación del Factor de Seguridad del Talud de la margen izquierda de la quebrada Ayahuayo			
<b>Tesistas:</b>		Mijail walter Salas Quispe	<b>N° de ensayos:</b>	1	
		Nas Carlos Yeguitupa Parayal	<b>Fecha:</b>	22/04/2022	
<b>Ubicación:</b>		Margen Izquierda Quebrada Ayahuayo	<b>Calicata:</b>	C-03	

<b>Peso de la muestra inicial</b>	700
<b>Peso de la muestra después de lavar</b>	339

<b>Clasificación SUCS</b>

Abertura del tamiz		Peso retenido	Porcentaje	Porcentaje acumulada	Clasificación
Tamiz	mm.				
3"	76.200	0			
2 1/2"	75.000	0			
2"	50.800	0			
1 1/2"	37.500	0			
1"	25.400	0			
3/4"	19.050	20.30			
1/2"	12.500	2.48			
3/8"	9.530	16.57			
1/4"	6.350	32.92			
# 4	4.750	8.13			
# 10	2.000	27.19			
# 20	0.850	21.88			
# 40	0.425	27.42			
# 60	0.250	26.07			
# 100	0.106	86.1			
# 200	0.075	86.43			
Cazuela		364.43			
		700			

Fuente: Elaboración propia



Tabla 30

Toma de datos del ensayo de granulometría de la calicata C - 04

	<b>Universidad Andina del Cusco</b> Facultad de Ingeniería y Arquitectura Escuela Profesional de Ingeniería Civil		
<b>Ensayo de Granulometría</b>			
<b>Tesis:</b>	Influencia de la Topografía, Estudios de Infiltración y Propiedades Mecánicas del Suelo en la Evaluación del Factor de Seguridad del Talud de la margen izquierda de la quebrada Ayabuyo		
<b>Testistas:</b>	Miguel walter Salas Quipe	<b>N° de ensayo:</b>	<b>1</b>
	Mos Carlos Ynguitupa Pumaripi	<b>Fecha:</b>	22/04/2022
<b>Ubicación:</b>	Margen izquierda Quebrada Ayabuyo	<b>Calicata:</b>	C-04

<b>Peso de la muestra inicial</b>	1000
<b>Peso de la muestra después de lavar</b>	750

<b>Clasificación SUCS</b>

Abertura del tamiz		Peso retenido	%Retenido	%Retenido acumulado	% Que pasa
Tamiz	mm.				
3"	76.200	0			
2 1/2"	75.000	0			
2"	50.800	0			
1 1/2"	37.500	85			
1"	25.400	141.29			
3/4"	19.050	162.25			
1/2"	12.500	84.31			
3/8"	9.530	31.69			
1/4"	6.350	32.94			
# 4	4.750	17.19			
# 10	2.000	28.83			
# 20	0.850	14.68			
# 40	0.425	20.58			
# 60	0.250	20.62			
# 100	0.106	63.48			
# 200	0.075	44.7			
Cuzco		252.44			
		1000			

Fuente: Elaboración propia



Tabla 31

Toma de datos del ensayo de granulometría de la calicata C - 05

		<b>Universidad Andina del Cusco</b> Facultad de Ingeniería y Arquitectura Escuela Profesional de Ingeniería Civil			
<b>Ensayo de Granulometría</b>					
<b>Tesis</b>	Influencia de la Topografía, Estudios de Infiltración y Propiedades Mecánicas del Suelo en la Evaluación del Factor de Seguridad del Talud de la margen izquierda de la quebrada Ayahuayco				
<b>Teóricos</b>	Mijail walter Salas Quispe	<b>N° de ensayo:</b>	1		
	Alan Carlos Vinquistapa Pumayul	<b>Fecha:</b>	22/04/2022		
<b>Ubicación:</b>	Marques Ingalanda Quebrada Ayahuayco	<b>Calicata</b>	C-05		
<b>Peso de la muestra inicial</b>				1000	
<b>Peso de la muestra después de lavar</b>				832	
				<b>Clasificación SUCS</b>	

Abertura del tamiz		Peso retenido	%Retenido	%Retenido acumulado	% Que pasa
Tamiz	mm.				
3"	76.200	0			
2 1/2"	75.000	0			
2"	50.800	145.90			
1 1/2"	37.500	57.55			
1"	25.400	25.15			
3/4"	19.050	85.48			
1/2"	12.500	98.46			
3/8"	9.530	35.63			
1/4"	6.350	57.69			
#4	4.750	33.86			
#10	2.000	77.14			
#20	0.850	52.48			
#40	0.425	45.16			
#60	0.250	29.13			
#100	0.106	44.55			
#200	0.075	40.45			
Cuentas		171.31			
		1000			

Fuente: Elaboración propia



Tabla 32

Toma de datos del ensayo de granulometría de la calicata C - 06

		<b>Universidad Andina del Cusco</b> Facultad de Ingeniería y Arquitectura Escuela Profesional de Ingeniería Civil			
<b>Ensayo de Granulometría</b>					
<b>Tesis:</b>		Influencia de la Topografía, Estudios de Infiltración y Propiedades Mecánicas del Suelo en la Evaluación del Factor de Seguridad del Talud de la margen izquierda de la quebrada Ayahuayo			
<b>Tesistas:</b>		Mijail walter Salas Quispe	<b>N° de ensayo:</b>	<b>1</b>	
		Nas Carlos Yeguita Parayal	<b>Fecha:</b>	22/04/2022	
<b>Ubicación:</b>		Margen Izquierda Quebrada Ayahuayo	<b>Calicata:</b>	C-06	

<b>Peso de la muestra inicial</b>	1000
<b>Peso de la muestra después de lavar</b>	742

<b>Clasificación SUCS</b>

Abertura del tamiz		Peso retenido	%Retenido	%Retenido acumulado	% Que pasa
Tamiz	mm.				
3"	76.200	0			
2 1/2"	75.000	0			
2"	50.800	215			
1 1/2"	37.500	62			
1"	25.400	51.72			
3/4"	19.050	53.7			
1/2"	12.500	41.74			
3/8"	9.530	39.98			
1/4"	6.350	37.85			
# 4	4.750	30.61			
# 10	2.000	36.92			
# 20	0.850	25.58			
# 40	0.425	24.42			
# 60	0.250	39.17			
# 100	0.106	37.98			
# 200	0.075	52.93			
Cazuela	0.00	260.41			
		1000			

Fuente: Elaboración propia



Tabla 33

Toma de datos del ensayo de granulometría de la calicata C - 07

 <b>Universidad Andina del Cusco</b> Facultad de Ingeniería y Arquitectura Escuela Profesional de Ingeniería Civil			
Ensayo de Granulometría			
<b>Tesis</b>	Influencia de la Topografía, Estudios de Infiltración y Propiedades Mecánicas del Suelo en la Evaluación del Factor de Seguridad del Talud de la margen izquierda de la quebrada Ayahuayco		
<b>Teóricos</b>	Mijail walter Salas Quispe	<b>N° de ensayo:</b>	1
	Alan Carlos Vinpaltapa Pumayul	<b>Fecha:</b>	22/04/2022
<b>Ubicación:</b>	Marques Inapiranda Quebrada Ayahuayco	<b>Calicata</b>	C-07
<b>Peso de la muestra inicial</b>		1000	<b>Clasificación SUCS</b>
<b>Peso de la muestra después de lavar</b>		832	

Abertura del tamiz		Peso retenido	%Retenido	%Retenido acumulado	% Que pasa
Tamiz	mm.				
3"	76.200	0			
2 1/2"	75.000	0			
2"	50.800	142.32			
1 1/2"	37.500	60.21			
1"	25.400	23.67			
3/4"	19.050	81.19			
1/2"	12.500	97.82			
3/8"	9.530	37.81			
1/4"	6.350	53.58			
#4	4.750	37.72			
#10	2.000	75.83			
#20	0.850	54.19			
#40	0.425	45.14			
#60	0.250	30.22			
#100	0.106	42.99			
#200	0.075	40.76			
<b>Cuentas</b>		172.35			
		1000			

Fuente: Elaboración propia



Tabla 34

Toma de datos del ensayo de granulometría de la calicata C - 08

<b>Universidad Andina del Cusco</b> Facultad de Ingeniería y Arquitectura Escuela Profesional de Ingeniería Civil			
Ensayo de Granulometría			
Título	Influencia de la Topografía, Estudios de Infiltración y Propiedades Mecánicas del Suelo en la Evaluación del Factor de Seguridad del Talud de la margen izquierda de la quebrada Ayulmayco		
Teóricos	Mijail walter Sabis Quispe	N° de ensayo	1
	Man Carlos Yumbato Parayal	Fecha:	22/04/2022
Utilización	Elaborar Informe de Quebrada Ayulmayco	Calicata	C-08

Peso de la muestra inicial	1000
Peso de la muestra después de lavar	742

Clasificación SUCS	

Abertura del tamiz		Peso retenido	%Retenido	%Retenido acumulado	% Que pasa
Tamiz	mm				
3"	76.200	0			
2 1/2"	75.000	0			
2"	50.800	217.23			
1 1/2"	37.500	78.22			
1"	25.400	68.2			
3/4"	19.050	55.71			
3/2"	12.500	49.39			
3/8"	9.530	38.87			
1/4"	6.350	37.62			
# 4	4.750	22.18			
# 10	2.000	37.04			
# 20	0.850	28.67			
# 40	0.425	22.94			
# 60	0.250	29.81			
# 100	0.100	35.92			
# 200	0.075	52.53			
Cuerda	0.00	245.87			
		1000			

Fuente: Elaboración propia

### 3.5.5 Ensayos de límites de consistencia.

#### a) Equipos utilizados.

- Cuchara de Casa grande para la determinación del límite líquido.
- Acanalador.
- Balanza calibrada con sensibilidad de 0.1 gr.
- Tamiz N° 40.
- Espátula.
- Recipientes metálicos, para colocar las muestras.
- Mortero para preparar la muestra.
- Lamina de vidrio para la determinación del límite plástico.
- Pipeta.
- Horno de laboratorio (110°).



## b) Procedimiento

- **Determinación de límite líquido.**

1. Se obtuvo una muestra representativa del material que paso por el tamiz N° 40, ah dicha muestra se le agrego agua con la pipeta hasta formar una pasta uniforme, siendo removida hasta que se logre tener una consistencia plástica y uniforme.



*Figura 47: Preparando la pasta para el ensayo*

**Fuente: Elaboración propia**

2. Se procedió a realizar una limpieza y calibración de la cuchara de Casagrande antes de iniciar el ensayo, y así obtener datos más fiables y verídicos.
3. Se coloco el suelo húmedo en la Cuchara de Casagrande, alisando la superficie de la muestra a una altura aproximada de 1 centímetro, posteriormente con el acanalador se dividió la muestra colocada en la cuchara en dos partes simétricas para comenzar con el ensayo.



*Figura 48: Colocando la muestra en la cuchara de Casagrande*

**Fuente: Elaboración propia**

4. Se comenzó a girar la manivela a una velocidad constante aproximada de 2 revoluciones por segundo, hasta que la distancia entre las dos partes



simétricas de la muestra sea de  $\frac{1}{2}$ ". Se procede a registrar el número de golpes que fueron necesarios para llegar a la separación de  $\frac{1}{2}$ " entre las dos partes simétricas de la muestra. Se tomo una muestra de la cuchara para ser pesada, y así obtener el peso húmedo de las muestras.



*Figura 49: Girando la manivela de la cuchara de Casagrande y contando el número de golpes*

**Fuente: Elaboración propia**

5. Se procedió a vaciar la muestra de la cuchara en el mortero, y se procedió a revolver la muestra nuevamente para hacer que el suelo pierda humedad y se proceda a repetir el procedimiento mencionado en los ítems 3 y 4.
6. Las muestras que fueron obtenidas y pesadas se colocan en el horno durante un periodo de 18 horas a una temperatura constante de  $110^{\circ}\text{C}$ , posteriormente se retira del horno y se pesan las muestras para la obtención del peso seco.



*Figura 50: Muestras obtenidas después de realizar el ensayo*

**Fuente: Elaboración propia**



- **Determinación del límite plástico**

1. Se procede a tomar las muestras de pastas preparadas con anterioridad para el ensayo de límite líquido, dicha pasta se coloca sobre la lámina de vidrio.
2. Se comienza a moldear bastones cilíndricos de aproximadamente 3 mm y 5 cm de longitud, agregando agua o secando la muestra según sea necesario evitando que no se fracture el bastón.



*Figura 51: Moldeando los bastones de 3 mm*

**Fuente: Elaboración propia**

3. Se coloca la muestra en recipientes metálicos, los cuales se pesan para la obtención del peso húmedo de las muestras y son llevados al horno durante 24 horas a una temperatura constante de 110°.
4. Se retiran las muestras del horno y se pesan para tener el peso seco de las muestras, y poder calcular el límite plástico del suelo en estudio.



*Figura 52: Muestras obtenidas durante el ensayo de límite plástico*

**Fuente: Elaboración propia**



c) Toma de datos

Tabla 35

Toma de datos del ensayo de límites de consistencia de la calicata C - 01

		<b>Universidad Andina del Cusco</b> Facultad de Ingeniería y Arquitectura Escuela Profesional de Ingeniería Civil			
<b>Ensayo de Límites de Consistencia</b>					
<b>Tesis:</b>	Influencia de la Topografía, Estudios de Infiltración y Propiedades Mecánicas del Suelo en la Evaluación del Factor de Seguridad del Talud de la margen izquierda de la quebrada Ayahuayco				
<b>Tesistas:</b>	Mijhaíl Walter Salas Quispe	<b>Nº de ensayo:</b>	1		
	Max Carlos Ynqultupa Pumarjali	<b>Fecha:</b>	22/05/2022		
<b>Ubicación:</b>	Margen izquierda Quebrada Ayahuayco	<b>Calicata:</b>	C-01		

<b>Muestra:</b>	
<b>Código:</b>	
<b>Prof. (m)</b>	
<b>Estrato:</b>	

Límite Líquido - ASTM 423-66					
Peso	Muestra	1	2	3	4
Peso de la Capsula (gr.)		14.94	15.16	36.4	40.08.
Peso de la Capsula + Suelo Hamedo (gr.)		24.18	22.44	44.35	49.73
Peso de la Capsula + Suelo Seco (gr.)		22.59	21.25	43.22	48.37
Número de Golpes		17	15	27	31
Peso del Suelo Seco (gr.)					
Contenido de Humedad (%)					

<b>LÍMITE LIQUIDO (%)</b>	
---------------------------	--

Límite Plástico - ASTM D424-59				
Peso	Muestra	1	2	3
Peso de la Capsula (gr.)		17.12	15.34	14.24
Peso de la Capsula + Suelo Hamedo (gr.)		20.59	19.98	18.86
Peso de la Capsula + Suelo seco (gr.)		20.13	19.45	18.24
Peso del Suelo Seco (gr.)				
Contenido de Humedad (%)				

<b>LÍMITE PLASTICO (%)</b>	
----------------------------	--

<b>INDICE DE PLASTICIDAD (%)</b>	
----------------------------------	--

Fuente: Elaboración propia



Tabla 36

Toma de datos del ensayo de límites de consistencia de la calicata C - 02

	<b>Universidad Andina del Cusco</b> Facultad de Ingeniería y Arquitectura Escuela Profesional de Ingeniería Civil	
--	---	--

**Ensayo de Límites de Consistencia**

<b>Tesis:</b>	Influencia de la Topografía, Estudios de Infiltración y Propiedades Mecánicas del Suelo en la Evaluación del Factor de Seguridad del Talud de la margen izquierda de la quebrada Ayahuayco		
<b>Tesistas:</b>	Mijhuil Walter Salas Quispe	<b>Nº de ensayo:</b>	<b>I</b>
	Max Carlos Vinquiltapa Pumayali	<b>Fecha:</b>	22/05/2022
<b>Ubicación:</b>	Margen izquierda Quebrada Ayahuayco	<b>Calicata:</b>	C-02

<b>Muestra:</b>	
<b>Collige:</b>	
<b>Prof. (m)</b>	
<b>Estrato:</b>	

Límite Líquido - ASTM 423-66					
Peso	Muestra	1	2	3	4
	Peso de la Capsula (gr.)	14.64	15.87	17.05	15.2
	Peso de la Capsula + Suelo Hamedo (gr.)	20.66	21.89	22.95	21.62
	Peso de la Capsula + Suelo Seco (gr.)	19.61	20.26	21.45	20
	Número de Golpes	10	17	26	31
	Peso del Suelo Seco (gr.)				
	Contenido de Humedad (%)				

<b>LIMITE LIQUIDO (%)</b>	
---------------------------	--

Límite Líquido - ASTM D424-59				
Peso	Muestra	1	2	3
	Peso de la Capsula (gr.)	15.25	16.88	17.42
	Peso de la Capsula + Suelo Hamedo (gr.)	18.47	19.27	40.39
	Peso de la Capsula + Suelo Seco (gr.)	17.11	18.7	39.68
	Peso del Suelo Seco (gr.)			
	Contenido de Humedad (%)			

<b>LIMITE PLASTICO (%)</b>	
----------------------------	--

<b>INDICE DE PLASTICIDAD (%)</b>	
----------------------------------	--

**Fuente: Elaboración propia**

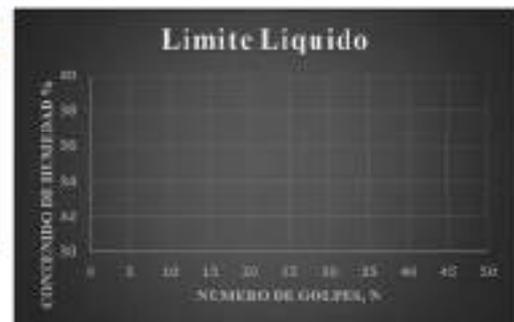


Tabla 37

Toma de datos del ensayo de límites de consistencia de la calicata C - 03

 <b>Universidad Andina del Cusco</b> Facultad de Ingeniería y Arquitectura Escuela Profesional de Ingeniería Civil			
<b>Ensayo de Límites de Consistencia</b>			
<b>Tesis:</b>	Influencia de la Topografía, Estudios de Infiltración y Propiedades Mecánicas del Suelo en la Evaluación del Factor de Seguridad del Talud de la margen izquierda de la quebrada Ayahuayco		
<b>Tesistas:</b>	Mijail Walter Salas Quispe	<b>Nº de ensayo:</b>	1
	Más Carlos Yuyaltupa Pastagall	<b>Fecha:</b>	22/04/2022
<b>Ubicación:</b>	Margen izquierda Quebrada Ayahuayco	<b>Calicata:</b>	C-03

Límite Líquido - NTP 339.129					
Pesos	Muestra	1	2	3	4
	Peso de la Capsula (gr.)				
	Peso de la Capsula + Suelo Húmedo (gr.)				
	Peso de la Capsula + Suelo Seco (gr.)	NP	NP	NP	NP
	Número de Golpes				
	Peso del Suelo Seco (gr.)				
	Contenido de Humedad (%)				
<b>LÍMITE LÍQUIDO (%)</b>					



Límite Plástico - NTP 339.129				
Pesos	Muestra	1	2	3
	Peso de la Capsula (gr.)			
	Peso de la Capsula + Suelo Húmedo (gr.)			
	Peso de la Capsula + Suelo Seco (gr.)	NP	NP	NP
	Peso del Suelo Seco (gr.)			
	Contenido de Humedad (%)			
<b>LÍMITE PLÁSTICO (%)</b>				
<b>ÍNDICE DE PLASTICIDAD (%)</b>				

Fuente: Elaboración propia



Tabla 38

Toma de datos del ensayo de límites de consistencia de la calicata C - 04

	<b>Universidad Andina del Cusco</b> Facultad de Ingeniería y Arquitectura Escuela Profesional de Ingeniería Civil	
--	---	--

**Ensayo de Límites de Consistencia**

<b>Tesis:</b>	Influencia de la Topografía, Estudios de Infiltración y Propiedades Mecánicas del Suelo en la Evaluación del Factor de Seguridad del Talud de la margen izquierda de la quebrada Ayahuayco		
<b>Tesistas:</b>	Mijhuil Walter Salas Quispe	<b>Nº de ensayo:</b>	<b>I</b>
	Max Carlos Ynqalitapa Pumayali	<b>Fecha:</b>	22/05/2022
<b>Ubicación:</b>	Margen izquierda Quebrada Ayahuayco	<b>Calicata:</b>	C-04

<b>Muestra:</b>	
<b>Collige:</b>	
<b>Prof. (m)</b>	
<b>Estrato:</b>	

Límite Líquido - ASTM 423-66					
Pesos	Muestra	1	2	3	4
Peso de la Capsula (gr.)		38.72	37.32	35.91	38.81
Peso de la Capsula + Suelo Hamedo (gr.)		46.64	45.34	42.31	46.26
Peso de la Capsula + Suelo Seco (gr.)		45.39	44.86	41.31	45.18
Número de Golpes		17	19	26	28
Peso del Suelo Seco (gr.)					
Contenido de Humedad (%)					

<b>LIMITE LIQUIDO (%)</b>	
---------------------------	--

Límite Líquido - ASTM D424-59				
Pesos	Muestra	1	2	3
Peso de la Capsula (gr.)		37.26	36.51	37.49
Peso de la Capsula + Suelo Hamedo (gr.)		41.56	40.8	40.47
Peso de la Capsula + Suelo Seco (gr.)		40.93	40.18	40.04
Peso del Suelo Seco (gr.)				
Contenido de Humedad (%)				

<b>LIMITE PLASTICO (%)</b>	
----------------------------	--

<b>INDICE DE PLASTICIDAD (%)</b>	
----------------------------------	--

Fuente: Elaboración propia

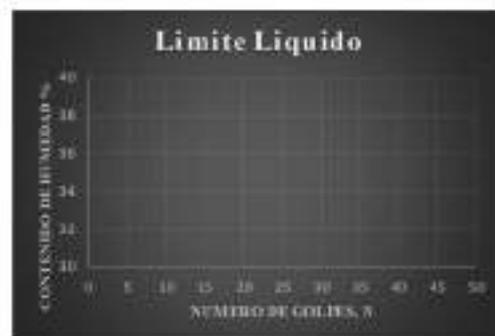


Tabla 39

Toma de datos del ensayo de límites de consistencia de la calicata C - 05

		<b>Universidad Andina del Cusco</b> Facultad de Ingeniería y Arquitectura Escuela Profesional de Ingeniería Civil			
<b>Ensayo de Límites de Consistencia</b>					
<b>Tesis:</b>	Influencia de la Topografía, Estudios de Infiltración y Propiedades Mecánicas del Suelo en la Evaluación del Factor de Seguridad del Talud de la margen izquierda de la quebrada Ayahuayco				
<b>Tesistas:</b>	Mijhaíl Walter Salas Quispe	<b>N° de ensayo:</b>	<b>1</b>		
	Max Carlos Ynquitupa Pumayali	<b>Fecha:</b>	22/04/2022		
<b>Ubicación:</b>	Margen izquierda Quebrada Ayahuayco		<b>Calicata:</b>	C-05	

Límite Líquido - NTP 339.129					
Pesos	Muestra	1	2	3	4
Peso de la Capsula (gr.)					
Peso de la Capsula + Suelo Húmedo (gr.)					
Peso de la Capsula + Suelo Seco (gr.)		NP	NP	NP	NP
Número de Golpes					
Peso del Suelo Seco (gr.)					
Contenido de Humedad (%)					
<b>LÍMITE LÍQUIDO (%)</b>					



Límite Plástico - NTP 339.129				
Pesos	Muestra	1	2	3
Peso de la Capsula (gr.)				
Peso de la Capsula + Suelo Húmedo (gr.)				
Peso de la Capsula + Suelo Seco (gr.)		NP	NP	NP
Peso del Suelo Seco (gr.)				
Contenido de Humedad (%)				
<b>LÍMITE PLÁSTICO (%)</b>				
<b>ÍNDICE DE PLÁSTICIDAD (%)</b>				

Fuente: Elaboración propia

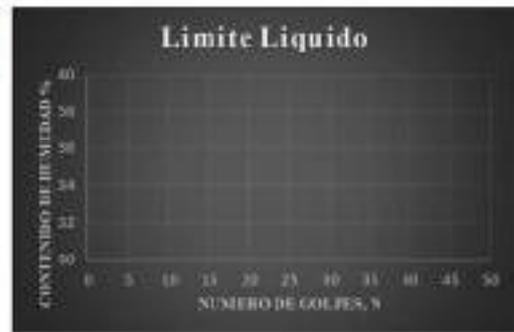


Tabla 40

Toma de datos del ensayo de límites de consistencia de la calicata C - 06

		<b>Universidad Andina del Cusco</b> Facultad de Ingeniería y Arquitectura Escuela Profesional de Ingeniería Civil			
<b>Ensayo de Límites de Consistencia</b>					
<b>Tesis:</b>	Influencia de la Topografía, Estudios de Infiltración y Propiedades Mecánicas del Suelo en la Evaluación del Factor de Seguridad del Talud de la margen izquierda de la quebrada Ayahuayo				
<b>Tesistas:</b>	Mijhaíl Walter Salas Quispe	<b>N° de ensayo:</b>	<b>1</b>		
	Max Carlos Ynquítapa Pumayali	<b>Fecha:</b>	22/04/2022		
<b>Ubicación:</b>	Margen izquierda Quebrada Ayahuayo		<b>Calicata:</b>	C-06	

Límite Líquido - NTP 339.129					
Pesos	Muestra	1	2	3	4
Peso de la Capsula (gr.)					
Peso de la Capsula + Suelo Húmedo (gr.)					
Peso de la Capsula + Suelo Seco (gr.)		NP	NP	NP	NP
Número de Golpes					
Peso del Suelo Seco (gr.)					
Contenido de Humedad (%)					
<b>LÍMITE LÍQUIDO (%)</b>					



Límite Plástico - NTP 339.129				
Pesos	Muestra	1	2	3
Peso de la Capsula (gr.)				
Peso de la Capsula + Suelo Húmedo (gr.)				
Peso de la Capsula + Suelo Seco (gr.)		NP	NP	NP
Peso del Suelo Seco (gr.)				
Contenido de Humedad (%)				
<b>LÍMITE PLÁSTICO (%)</b>				
<b>ÍNDICE DE PLÁSTICIDAD (%)</b>				

Fuente: Elaboración propia

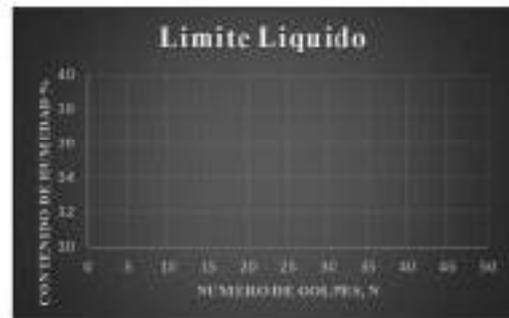


Tabla 41

Toma de datos del ensayo de límites de consistencia de la calicata C - 07

		<b>Universidad Andina del Cusco</b> Facultad de Ingeniería y Arquitectura Escuela Profesional de Ingeniería Civil			
<b>Ensayo de Límites de Consistencia</b>					
<b>Tesis:</b>	Influencia de la Topografía, Estudios de Infiltración y Propiedades Mecánicas del Suelo en la Evaluación del Factor de Seguridad del Talud de la margen izquierda de la quebrada Ayahuayo				
<b>Testistas:</b>	Mijhaíl Walter Salas Quispe	<b>N° de ensayo:</b>	<b>1</b>		
	Max Carlos Ynqiltapa Pumayali	<b>Fecha:</b>	22/04/2022		
<b>Ubicación:</b>	Margen izquierda Quebrada Ayahuayo		<b>Calicata:</b>	C-07	

Límite Líquido - NTP 339.129					
Pesos	Muestra	1	2	3	4
Peso de la Capsula (gr.)					
Peso de la Capsula + Suelo Hamedo (gr.)					
Peso de la Capsula + Suelo Seco (gr.)		NP	NP	NP	NP
Número de Golpes					
Peso del Suelo Seco (gr.)					
Contenido de Hamedad (%)					
<b>LÍMITE LIQUIDO (%)</b>					



Límite Plástico - NTP 339.129				
Pesos	Muestra	1	2	3
Peso de la Capsula (gr.)				
Peso de la Capsula + Suelo Hamedo (gr.)				
Peso de la Capsula + Suelo Seco (gr.)		NP	NP	NP
Peso del Suelo Seco (gr.)				
Contenido de Hamedad (%)				
<b>LÍMITE PLASTICO (%)</b>				
<b>INDICE DE PLASTICIDAD (%)</b>				

Fuente: Elaboración propia



Tabla 42

Toma de datos del ensayo de límites de consistencia de la calicata C - 08

		<b>Universidad Andina del Cusco</b> Facultad de Ingeniería y Arquitectura Escuela Profesional de Ingeniería Civil			
<b>Ensayo de Límites de Consistencia</b>					
<b>Tesis</b>	Influencia de la Topografía, Estudios de Infiltración y Propiedades Mecánicas del Suelo en la Evaluación del Factor de Seguridad del Talud de la margen izquierda de la quebrada Ayahuayco				
<b>Tesistas</b>	Mijhuil Walter Salas Quispe	<b>Nº de ensayo</b>	<b>I</b>		
	Max Carlos Ynqalitapa Pumayali	<b>Fecha</b>	22/05/2022		
<b>Ubicación:</b>	Margen izquierda Quebrada Ayahuayco	<b>Calicata</b>	C-08		
<b>Muestra:</b>					
<b>Collige:</b>					
<b>Prof. (m)</b>					
<b>Estrato:</b>					

Límite Líquido - ASTM 423-66					
Peso	Muestra	1	2	3	4
Peso de la Capsula (gr.)		14.64	15.87	17.05	15.2
Peso de la Capsula + Suelo Hamedo (gr.)		20.66	21.89	22.95	21.62
Peso de la Capsula + Suelo Seco (gr.)		19.61	20.26	21.45	20
Número de Golpes		10	17	26	31
Peso del Suelo Seco (gr.)					
Contenido de Humedad (%)					

**LIMITE LIQUIDO (%)**

Límite Plástico - ASTM D424-59				
Peso	Muestra	1	2	3
Peso de la Capsula (gr.)		15.25	16.88	17.42
Peso de la Capsula + Suelo Hamedo (gr.)		18.47	19.27	40.39
Peso de la Capsula + Suelo Seco (gr.)		17.71	18.7	39.68
Peso del Suelo Seco (gr.)				
Contenido de Humedad (%)				

**LIMITE PLASTICO (%)**

**INDICE DE PLASTICIDAD (%)**

Fuente: Elaboración propia

### 3.5.6 Ensayo de corte directo

#### a) Equipos utilizados en la prueba

- Máquina de corte directo
- Caja de corte, dividida en dos partes con un espesor idéntico, dichas partes están unidas por tornillos para seguridad.
- Balanza calibrada
- Pisón para compactar las muestras



- Espátula
- Regla metálica
- Cronometro
- Martillo de goma

**b) Muestra**

Se procede a pulverizar el material en seco y tamizarlo a través de la malla N° 100, y tener una muestra ideal para moldear.

**c) Procedimiento**

1. Se realizo el moldeado de tres muestras con la misma dimensión (siempre percatándose que todas las muestras tengan la misma densidad). Las muestras se moldearon considerando la dimensión de un anillo cortante (5 cm x 20 a 25 mm de espesor).
2. Se procedió a registrar la dimensión de la caja de corte para posteriores cálculos del área de la muestra, se ensamblaron las dos partes de la caja de corte y se aseguraron con los tornillos. Dejando todo listo para el ensayo
3. Se coloca la muestra dentro de la caja de corte, la cual se ajustó con precisión dentro de la caja y lleno hasta aproximadamente 5 mm de la parte superior de la caja de corte.



*Figura 53: Colocando la muestra en la caja de corte*

**Fuente: Elaboración propia**



4. Se ajusto el deformímetro que se encargara de medir la carga vertical, se colocó el pistón de carga para empezar con el ensayo.



**Figura 54: Preparando la máquina de corte directo para el ensayo**

**Fuente: Elaboración propia**

5. Se procede a separar las mitades de la caja de corte dejando una mínima separación, se retroceden los tornillos de separación y se coloca la Corona de carga usando tornillos fijos.
6. Se asegura que la carga normal muestre la fuerza normal más el peso añadido por medio del bloque de carga.



**Figura 55: Colocando la carga normal en la máquina de corte directo**

**Fuente: Elaboración propia**

7. Nos aseguramos que el deformímetro que mide la deformación horizontal este en cero y de la misma manera el deformímetro vertical.



8. Se comienza a tomar registro de las lecturas del deformímetro, anotando los desplazamientos horizontales y verticales.



*Figura 56: Anotando los datos del deformímetro de la máquina de corte directo*

**Fuente: Elaboración propia**

9. Finalmente se retira la muestra de la caja de corte, y se realiza el mismo procedimiento con las muestras faltantes.



d) Toma de datos

Tabla 43

Toma de datos del ensayo de corte directo con una carga normal de 15 kg de la calicata C - 01

Universidad Andina del Cusco Facultad de Ingeniería y Arquitectura Escuela Profesional de Ingeniería Civil			
Ensayo de Corte Directo			
<b>Tesis:</b>	Influencia de la Topografía, Estudios de Infiltración y Propiedades Mecánicas del Suelo en la Evaluación del Factor de Seguridad del Talud de la margen izquierda de la quebrada Ayahuayco		
<b>Testista:</b>	Michal Walter Salas Quiroz	<b>N° de ensayo:</b>	1
<b>Ubicación:</b>	Mta Carlos Yagualpa Pataralli	<b>Fecha:</b>	25/04/2022
	Margen izquierda Quebrada Ayahuayco	<b>Calicata:</b>	C-01

TIPO	Circulo	Unid
Diámetro	6.130	cm
Area	29.513	cm <sup>2</sup>
Altim	2.000	cm
Volumen	59.026	cm <sup>3</sup>

Carga Normal (kg)	15
Esfuerzo normal (kg/cm <sup>2</sup> )	0.5083

Lectura Deformim. Horizontal	Desplaz. Horizontal (mm)	Fuerza Cortante (kg)	Area Corregida (cm <sup>2</sup> )	Esfuerzo Cortante (kg/cm <sup>2</sup> )
0	0.00			
20	0.20			
40	0.40			
60	0.60			
80	0.80			
100	1.00			
120	1.20			
140	1.40			
160	1.60			
180	1.80			
200	2.00			
220	2.20			
240	2.40			
260	2.60			
280	2.80			
300	3.00			
320	3.20			
340	3.40			
360	3.60			
380	3.80			
400	4.00			
420	4.20			
440	4.40			

Fuente: Elaboración propia



Tabla 44

Toma de datos del ensayo de corte directo con una carga normal de 30 kg de la calicata C - 01

Universidad Andina del Cusco Facultad de Ingeniería y Arquitectura Escuela Profesional de Ingeniería Civil			
Ensayo de Corte Directo			
<b>Tesis:</b>	Influencia de la Topografía, Estudios de Infiltración y Propiedades Mecánicas del Suelo en la Evaluación del Factor de Seguridad del Talud de la margen izquierda de la quebrada Ayahuayco		
<b>Teórico:</b>	Miguel Walter Salas Quiroga	N° de ensayo:	1
<b>Práctico:</b>	Mtro Carlos Yegorhuan Parazelli	Fecha:	25/04/2022
<b>Ubicación:</b>	Margen izquierda Quebrada Ayahuayco	Calicata:	C-01

TIPO	Círculo	cm
Diámetro	6.12	cm
Área	29.512	cm <sup>2</sup>
Altim	2.00	
Volumen	59.0237	cm <sup>3</sup>

Carga Normal (kg)	30
Esfuerzo normal (kg/cm <sup>2</sup> )	1.0165

Lectura Deformim. Horizontal	Desplaz Horizontal (mm)	Fuerza Cortante (kg)	Área Corregida (cm <sup>2</sup> )	Esfuerzo Cortante (kg/cm <sup>2</sup> )
0	0.00			
20	0.20			
40	0.40			
60	0.60			
80	0.80			
100	1.00			
120	1.20			
140	1.40			
160	1.60			
180	1.80			
200	2.00			
220	2.20			
240	2.40			
260	2.60			
280	2.80			
300	3.00			
320	3.20			
340	3.40			
360	3.60			
380	3.80			
400	4.00			
420	4.20			
440	4.40			

Fuente: Elaboración propia



Tabla 45

Toma de datos del ensayo de corte directo con una carga normal de 60 kg de la calicata C - 01

Universidad Andina del Cusco Facultad de Ingeniería y Arquitectura Escuela Profesional de Ingeniería Civil			
Ensayo de Corte Directo			
<b>Tesis:</b>	Influencia de la Topografía, Estudios de Infiltración y Propiedades Mecánicas del Suelo en la Evaluación del Factor de Seguridad del Talud de la margen izquierda de la quebrada Ayubambuco		
<b>Testistas:</b>	Miguel Walter Salas Quique Moisés Carlos Yagualpa Parayalli	N° de ensayo: Fecha:	1 25/04/2022
<b>Ubicación:</b>	Margen Izquierda Quebrada Ayubambuco	Calicata:	C-01

TIPO	Cantidad	Unid.
Diámetro	4.12	cm
Área	28.51	cm <sup>2</sup>
Altura	2	cm
Volumen	59.0227	cm <sup>3</sup>

Carga Normal (Kg)	60
Esfuerzo normal (kg/cm <sup>2</sup> )	2.033

Leitura Deformim. Horizontal	Desplaz. Horizontal (mm)	Fuerza Cortante (kg)	Área Corregida (cm <sup>2</sup> )	Esfuerzo Cortante (kg/cm <sup>2</sup> )
0	0.00			
20	0.20			
40	0.40			
60	0.60			
80	0.80			
100	1.00			
120	1.20			
140	1.40			
160	1.60			
180	1.80			
200	2.00			
220	2.20			
240	2.40			
260	2.60			
280	2.80			
300	3.00			
320	3.20			
340	3.40			
360	3.60			
380	3.80			
400	4.00			
420	4.20			
440	4.40			

Fuente: Elaboración propia



Tabla 46

Toma de datos del ensayo de corte directo con una carga normal de 15 kg de la calicata C - 02

Universidad Andina del Cusco Facultad de Ingeniería y Arquitectura Escuela Profesional de Ingeniería Civil			
Ensayo de Corte Directo			
<b>Tesis:</b>	Influencia de la Topografía, Estudios de Infiltración y Propiedades Mecánicas del Suelo en la Evaluación del Factor de Seguridad del Talud de la margen izquierda de la quebrada Ayahuayco		
<b>Testista:</b>	Miguel Walter Salas Quiroz	N° de ensayo:	1
<b>Ubicación:</b>	Margen Izquierda Quebrada Ayahuayco	Fecha:	25/04/2022
		Calicata:	C-02

TIPO	Circunf.	Área
Diámetro	6.15 cm	
Área	29.515 cm <sup>2</sup>	
Altura	2 cm	
Volumen	59.025 cm <sup>3</sup>	

Carga Normal (kg)	15
Esfuerzo normal (kg/cm <sup>2</sup> )	0.5083

Lectura Deformim. Horizontal	Desplaz. Horizontal (mm)	Fuerza Cortante (kg)	Área Corregida (cm <sup>2</sup> )	Esfuerzo Cortante (kg/cm <sup>2</sup> )
0	0.00			
20	0.70			
40	0.40			
60	0.60			
80	0.80			
100	1.00			
120	1.20			
140	1.40			
160	1.60			
180	1.80			
200	2.00			
220	2.20			
240	2.40			
260	2.60			
280	2.80			
300	3.00			
320	3.20			
340	3.40			
		Max =		

Fuente: Elaboración propia



Tabla 47

Toma de datos del ensayo de corte directo con una carga normal de 30 kg de la calicata C - 02

Universidad Andina del Cusco Facultad de Ingeniería y Arquitectura Escuela Profesional de Ingeniería Civil			
Ensayo de Corte Directo			
<b>Tesis:</b>	Influencia de la Topografía, Estudios de Infiltración y Propiedades Mecánicas del Suelo en la Evaluación del Factor de Seguridad del Talud de la margen izquierda de la quebrada Ayahuayco		
<b>Teodato:</b>	Miguel Walter Salas Quispe	<b>N° de ensayo:</b>	1
	Msc Carlos Yagupham Pirizavalli	<b>Fecha:</b>	25/04/2022
<b>Ubicación:</b>	Margen izquierda Quebrada Ayahuayco	<b>Calicata:</b>	C-02

TIPO	Circular	Unit
Diámetro	6.12cm	
Área	29.51cm <sup>2</sup>	
Altura	2cm	
Volumen	59.0257cm <sup>3</sup>	

Carga Normal (kg)	30
Esfuerzo normal (kg/cm <sup>2</sup> )	1.0165

Lectura Deformim. Horizontal	Desplaz Horizontal (mm)	Fuerza Cortante (kg)	Área Corregida (cm <sup>2</sup> )	Esfuerzo Cortante (kg/cm <sup>2</sup> )
0	0.00			
20	0.20			
40	0.40			
60	0.60			
80	0.80			
100	1.00			
120	1.20			
140	1.40			
160	1.60			
180	1.80			
200	2.00			
220	2.20			
240	2.40			
260	2.60			
280	2.80			
300	3.00			
320	3.20			
340	3.40			
360	3.60			
380	3.80			
400	4.00			
420	4.20			
440	4.40			

Fuente: Elaboración propia



Tabla 48

Toma de datos del ensayo de corte directo con una carga normal de 60 kg de la calicata C - 02

Universidad Andina del Cusco Facultad de Ingeniería y Arquitectura Escuela Profesional de Ingeniería Civil			
Ensayo de Corte Directo			
<b>Tesis:</b>	Influencia de la Topografía, Estudios de Infiltración y Propiedades Mecánicas del Suelo en la Evaluación del Factor de Seguridad del Talud de la margen izquierda de la quebrada Ayahuayco		
<b>Teórico:</b>	Miguel Walter Salas Quispe	N° de ensayo:	1
<b>Práctico:</b>	Mtro. Carlos Yagupham Pumavilla	Fecha:	25/01/2022
<b>Dirección:</b>	Margen Izquierda Quebrada Ayahuayco	Calicata:	C-02

TIPO	Circunferencia	Área
Diámetro	6.15cm	
Área	29.512cm <sup>2</sup>	
Altura	2cm	
Volumen	59.0257cm <sup>3</sup>	

Carga Normal (kg)	60
Esfuerzo normal (kg/cm <sup>2</sup> )	2.033

Lectura Deformim. Horizontal	Desplaz. Horizontal (mm)	Fuerza Cortante (kg)	Área Corregida (cm <sup>2</sup> )	Esfuerzo Cortante (kg/cm <sup>2</sup> )
0	0.00			
20	0.20			
40	0.40			
60	0.60			
80	0.80			
100	1.00			
120	1.20			
140	1.40			
160	1.60			
180	1.80			
200	2.00			
220	2.20			
240	2.40			
260	2.60			
280	2.80			
300	3.00			
320	3.20			
340	3.40			
360	3.60			
380	3.80			
400	4.00			
420	4.20			
440	4.40			

Fuente: Elaboración propia



Tabla 49

Toma de datos del ensayo de corte directo con una carga normal de 15 kg de la calicata C - 03

		Universidad Andina del Cusco Facultad de Ingeniería y Arquitectura Escuela Profesional de Ingeniería Civil			
<b>Ensayo de Corte Directo</b>					
<b>Tesis:</b>	Influencia de la Topografía, Estudios de Infiltración y Propiedades Mecánicas del Suelo en la Evaluación del Factor de Seguridad del Talud de la margen izquierda de la quebrada Ayshimayoc				
<b>Testista:</b>	Miguel Walter Salas Quiroz		<b>N° de ensayo:</b>	1	
<b>Ubicación:</b>	Margen izquierda Quebrada Ayshimayoc		<b>Fecha:</b>	25/04/2022	
			<b>Calicata:</b>	C-03	

TIPO	Circular	Cubo
Diámetro	8.130	cm
Área	29.513	cm <sup>2</sup>
Altura	2.000	cm
Volumen	89.028	cm <sup>3</sup>

Carga Normal (Kg)	15
Esfuerzo normal (kg/cm <sup>2</sup> )	0.5083

Lectura Deformim. Horizontal	Desplaz Horizontal (mm)	Fuerza Cortante (kg)	Área Cortante (cm <sup>2</sup> )	Esfuerzo Cortante (kg/cm <sup>2</sup> )
0	0.00			
20	0.20			
40	0.40			
60	0.60			
80	0.80			
100	1.00			
120	1.20			
140	1.40			
160	1.60			
180	1.80			
200	2.00			
220	2.20			
240	2.40			
260	2.60			
280	2.80			
300	3.00			
320	3.20			
340	3.40			
360	3.60			
380	3.80			
400	4.00			
420	4.20			

Fuente: Elaboración propia



Tabla 50

Toma de datos del ensayo de corte directo con una carga normal de 30 kg de la calicata C - 03

<b>Universidad Andina del Cusco</b> Facultad de Ingeniería y Arquitectura Escuela Profesional de Ingeniería Civil			
Ensayo de Corte Directo			
<b>Tesis:</b>	Influencia de la Topografía, Estudios de Infiltración y Propiedades Mecánicas del Suelo en la Evaluación del Factor de Seguridad del Talud de la margen izquierda de la quebrada Ayahuayco		
<b>Teóricos:</b>	Miguel Walter Salas Quiroga	<b>N° de ensayo:</b>	1
	Msc Carlos Yagupham Pirizavalli	<b>Fecha:</b>	25/04/2022
<b>Ubicación:</b>	Margen izquierda Quebrada Ayahuayco	<b>Calicata:</b>	C-03

TIPO	Circular	Unit
Diámetro	6.12cm	
Área	29.512cm <sup>2</sup>	
Altura	2cm	
Volumen	59.0257cm <sup>3</sup>	

Carga Normal (kg)	30
Esfuerzo normal (kg/cm <sup>2</sup> )	1.0165

Lectura Deformim. Horizontal	Desplaz Horizontal (mm)	Fuerza Cortante (kg)	Área Corregida (cm <sup>2</sup> )	Esfuerzo Cortante (kg/cm <sup>2</sup> )
0	0.00			
20	0.20			
40	0.40			
60	0.60			
80	0.80			
100	1.00			
120	1.20			
140	1.40			
160	1.60			
180	1.80			
200	2.00			
220	2.20			
240	2.40			
260	2.60			
280	2.80			
300	3.00			
320	3.20			
340	3.40			
360	3.60			
380	3.80			
400	4.00			
420	4.20			
440	4.40			

Fuente: Elaboración propia



Tabla 51

Toma de datos del ensayo de corte directo con una carga normal de 60 kg de la calicata C - 03

Universidad Andina del Cusco Facultad de Ingeniería y Arquitectura Escuela Profesional de Ingeniería Civil			
Ensayo de Corte Directa			
<b>Tesis</b>	Influencia de la Topografía, Estudios de Infiltración y Propiedades Mecánicas del Suelo en la Evaluación del Factor de Seguridad del Talud de la margen izquierda de la quebrada Ayahuayo		
<b>Testista:</b>	Miguel Walter Salas Quique	N° de ensayo:	1
	Miguel Carlos Yunguayan Pizarro	Fecha:	25/04/2022
<b>Ubicación:</b>	Margen Izquierda Quebrada Ayahuayo	Calicata:	C-03

TIPO	Circunferencia	Área
Diámetro	8.12 cm	
Área	29.513 cm <sup>2</sup>	
Altura	3 cm	
Volumen	99.0257 cm <sup>3</sup>	

Carga Normal (kg)	60
Esfuerzo normal (kg/cm <sup>2</sup> )	2.033

Letras Deformación Horizontal	Desplaz. Horizontal (mm)	Fuerza Cortante (kg)	Área Corregida (cm <sup>2</sup> )	Esfuerzo Cortante (kg/cm <sup>2</sup> )
n	0.00			
20	0.20			
40	0.40			
60	0.60			
80	0.80			
100	1.00			
120	1.20			
140	1.40			
160	1.60			
180	1.80			
200	2.00			
220	2.20			
240	2.40			
260	2.60			
280	2.80			
300	3.00			
320	3.20			
340	3.40			
360	3.60			
380	3.80			
400	4.00			
420	4.20			
440	4.40			

Fuente: Elaboración propia



Tabla 52

Toma de datos del ensayo de corte directo con una carga normal de 15 kg de la calicata C - 04

Universidad Andina del Cusco Facultad de Ingeniería y Arquitectura Escuela Profesional de Ingeniería Civil			
Ensayo de Corte Directo			
<b>Tesis:</b>	Influencia de la Topografía, Estudios de Infiltración y Propiedades Mecánicas del Suelo en la Evaluación del Factor de Seguridad del Talud de la margen izquierda de la quebrada Ayshimayoc		
<b>Testista:</b>	Miguel Wajto Salas Quiroz	N° de ensayo:	1
	Miguel Carlos Yagualpa Pastaza	Fecha:	25/04/2022
<b>Ubicación:</b>	Margen izquierda Quebrada Ayshimayoc	Calicata:	C-04

TIPO	Circular	Cubo
Diámetro	8.130	cm
Área	29.513	cm <sup>2</sup>
Altura	2.000	cm
Volumen	89.028	cm <sup>3</sup>

Carga Normal (Kg)	15
Esfuerzo normal (Kg/cm <sup>2</sup> )	0.5083

Lectura Deformim. Horizontal	Desplaz Horizontal (mm)	Fuerza Cortante (kg)	Área Correjada (cm <sup>2</sup> )	Esfuerzo Cortante (kg/cm <sup>2</sup> )
0	0.00			
20	0.20			
40	0.40			
60	0.60			
80	0.80			
100	1.00			
120	1.20			
140	1.40			
160	1.60			
180	1.80			
200	2.00			
220	2.20			
240	2.40			
260	2.60			
280	2.80			
300	3.00			
320	3.20			
340	3.40			
360	3.60			
380	3.80			
400	4.00			
420	4.20			
440	4.40			

Fuente: Elaboración propia



Tabla 53

Toma de datos del ensayo de corte directo con una carga normal de 30 kg de la calicata C - 04

Universidad Andina del Cusco Facultad de Ingeniería y Arquitectura Escuela Profesional de Ingeniería Civil			
Ensayo de Corte Directo			
<b>Tesis:</b>	Influencia de la Topografía, Estudios de Infiltración y Propiedades Mecánicas del Suelo en la Evaluación del Factor de Seguridad del Talud de la margen izquierda de la quebrada Ayahuayco		
<b>Teóricos:</b>	Miguel Walter Salas Quiroga	<b>N° de ensayo:</b>	1
	Msc Carlos Yagupham Pirizavalli	<b>Fecha:</b>	25/04/2022
<b>Ubicación:</b>	Margen izquierda Quebrada Ayahuayco	<b>Calicata:</b>	C-04

TIPO	Circular	Unit
Diámetro	6.12cm	
Área	29.512cm <sup>2</sup>	
Altura	2cm	
Volumen	59.0257cm <sup>3</sup>	

Carga Normal (kg)	30
Esfuerzo normal (kg/cm <sup>2</sup> )	1.0165

Lectura Deformim. Horizontal	Desplaz Horizontal (mm)	Fuerza Cortante (kg)	Área Corregida (cm <sup>2</sup> )	Esfuerzo Cortante (kg/cm <sup>2</sup> )
0	0.00			
20	0.20			
40	0.40			
60	0.60			
80	0.80			
100	1.00			
120	1.20			
140	1.40			
160	1.60			
180	1.80			
200	2.00			
220	2.20			
240	2.40			
260	2.60			
280	2.80			
300	3.00			
320	3.20			
340	3.40			
360	3.60			
380	3.80			
400	4.00			
420	4.20			
440	4.40			

Fuente: Elaboración propia



Tabla 54

Toma de datos del ensayo de corte directo con una carga normal de 60 kg de la calicata C - 04

Universidad Andina del Cusco Facultad de Ingeniería y Arquitectura Escuela Profesional de Ingeniería Civil			
Ensayo de Corte Directo			
<b>Tesis</b>	Influencia de la Topografía, Estudios de Infiltración y Propiedades Mecánicas del Suelo en la Evaluación del Factor de Seguridad del Talud de la margen izquierda de la quebrada Ayahuayo		
<b>Testista:</b>	Miguel Walter Salas Quiroga	N° de ensayo:	1
	Miguel Carlos Yunguayan Pizarro	Fecha:	25/04/2022
<b>Ubicación:</b>	Margen Izquierda Quebrada Ayahuayo	Calicata:	C-04

TIPO	Circunferencia	Área
Diámetro	8.12 cm	
Área	29.513 cm <sup>2</sup>	
Altura	3 cm	
Volumen	99.0287 cm <sup>3</sup>	

Carga Normal (kg)	60
Esfuerzo normal (kg/cm <sup>2</sup> )	2.033

Lectura Deformim. Horizontal	Desplaz. Horizontal (mm)	Fuerza Cortante (kg)	Área Corregida (cm <sup>2</sup> )	Esfuerzo Cortante (kg/cm <sup>2</sup> )
0	0.00			
20	0.20			
40	0.40			
60	0.60			
80	0.80			
100	1.00			
120	1.20			
140	1.40			
160	1.60			
180	1.80			
200	2.00			
220	2.20			
240	2.40			
260	2.60			
280	2.80			
300	3.00			
320	3.20			
340	3.40			
360	3.60			
380	3.80			
400	4.00			
420	4.20			
440	4.40			

Fuente: Elaboración propia



Tabla 55

Toma de datos del ensayo de corte directo con una carga normal de 15 kg de la calicata C - 05

Universidad Andina del Cusco Facultad de Ingeniería y Arquitectura Escuela Profesional de Ingeniería Civil			
Ensayo de Corte Directo			
<b>Tesis:</b>	Influencia de la Topografía, Estudios de Infiltración y Propiedades Mecánicas del Suelo en la Evaluación del Factor de Seguridad del Talud de la margen izquierda de la quebrada Ayubuyoc		
<b>Testista:</b>	Miguel Wajto Salas Quiroz	N° de ensayo:	1
	Mds Carlos Yagualpa Pastaza	Fecha:	25/04/2022
<b>Ubicación:</b>	Margen izquierda Quebrada Ayubuyoc	Calicata:	C-05

TIPO	Circular	Cubo
Diámetro	8.130	cm
Área	29.513	cm <sup>2</sup>
Altura	2.000	cm
Volumen	89.028	cm <sup>3</sup>

Carga Normal (Kg)	15
Esfuerzo normal (kg/cm <sup>2</sup> )	0.5083

Lectura Deformim. Horizontal	Desplaz Horizontal (mm)	Fuerza Cortante (kg)	Área Correjada (cm <sup>2</sup> )	Esfuerzo Cortante (kg/cm <sup>2</sup> )
0	0.00			
20	0.20			
40	0.40			
60	0.60			
80	0.80			
100	1.00			
120	1.20			
140	1.40			
160	1.60			
180	1.80			
200	2.00			
220	2.20			
240	2.40			
260	2.60			
280	2.80			
300	3.00			
320	3.20			
340	3.40			
360	3.60			
380	3.80			
400	4.00			
420	4.20			
440	4.40			

Fuente: Elaboración propia



Tabla 56

Toma de datos del ensayo de corte directo con una carga normal de 30 kg de la calicata C - 05

<b>Universidad Andina del Cusco</b> Facultad de Ingeniería y Arquitectura Escuela Profesional de Ingeniería Civil			
Ensayo de Corte Directo			
<b>Tesis:</b>	Influencia de la Topografía, Estudios de Infiltración y Propiedades Mecánicas del Suelo en la Evaluación del Factor de Seguridad del Talud de la margen izquierda de la quebrada Ayahuayco		
<b>Teóricos:</b>	Miguel Walter Salas Quiroga	<b>N° de ensayo:</b>	1
	Msc Carlos Yaguphan Pirizavalli	<b>Fecha:</b>	25/04/2022
<b>Ubicación:</b>	Margen izquierda Quebrada Ayahuayco	<b>Calicata:</b>	C-05

TIPO	Circular	Unit
Diámetro	6.12cm	
Área	29.512cm <sup>2</sup>	
Altura	2cm	
Volumen	59.0257cm <sup>3</sup>	

Carga Normal (kg)	30
Esfuerzo normal (kg/cm <sup>2</sup> )	1.0165

Lectura Deformim. Horizontal	Desplaz Horizontal (mm)	Fuerza Cortante (kg)	Área Corregida (cm <sup>2</sup> )	Esfuerzo Cortante (kg/cm <sup>2</sup> )
0	0.00			
20	0.20			
40	0.40			
60	0.60			
80	0.80			
100	1.00			
120	1.20			
140	1.40			
160	1.60			
180	1.80			
200	2.00			
220	2.20			
240	2.40			
260	2.60			
280	2.80			
300	3.00			
320	3.20			
340	3.40			
360	3.60			
380	3.80			
400	4.00			
420	4.20			
440	4.40			

Fuente: Elaboración propia



Tabla 57

Toma de datos del ensayo de corte directo con una carga normal de 60 kg de la calicata C - 05

<b>Universidad Andina del Cusco</b> Facultad de Ingeniería y Arquitectura Escuela Profesional de Ingeniería Civil			
Ensayo de Corte Directo			
<b>Tesis</b>	Influencia de la Topografía, Estudios de Infiltración y Propiedades Mecánicas del Suelo en la Evaluación del Factor de Seguridad del Talud de la margen izquierda de la quebrada Ayahuayco		
<b>Testistas</b>	Miguel Walter Salas Quispe	N° de ensayo:	1
	Moisés Carlos Yucanqan Parizavalli	Fecha:	25/04/2022
<b>Ubicación:</b>	Margen izquierda Quebrada Ayahuayco	Calicata:	C-05

TIPO	Circunferencia	Área
Diámetro	6.15(m)	
Área	29.81(m <sup>2</sup> )	
Altura	2(m)	
Volumen	59.62(m <sup>3</sup> )	

Carga Normal (kg)	60
Esfuerzo normal (Kg/cm <sup>2</sup> )	2.033

Lectura Deformim. Horizontal	Desplaz. Horizontal (mm)	Fuerza Cortante (kg)	Área Corregida (cm <sup>2</sup> )	Esfuerzo Cortante (kg/cm <sup>2</sup> )
0	0.00			
20	0.20			
40	0.40			
60	0.60			
80	0.80			
100	1.00			
120	1.20			
140	1.40			
160	1.60			
180	1.80			
200	2.00			
220	2.20			
240	2.40			
260	2.60			
280	2.80			
300	3.00			
320	3.20			
340	3.40			
360	3.60			
380	3.80			
400	4.00			
420	4.20			
440	4.40			

Fuente: Elaboración propia





Tabla 59

Toma de datos del ensayo de corte directo con una carga normal de 30 kg de la calicata C - 06

<b>Universidad Andina del Cusco</b> Facultad de Ingeniería y Arquitectura Escuela Profesional de Ingeniería Civil			
Ensayo de Corte Directo			
<b>Tesis:</b>	Influencia de la Topografía, Estudios de Infiltración y Propiedades Mecánicas del Suelo en la Evaluación del Factor de Seguridad del Talud de la margen izquierda de la quebrada Ayahuayco		
<b>Teóricos:</b>	Miguel Walter Salas Quispe	<b>N° de ensayo:</b>	1
	Msc Carlos Yagupham Pirizavalli	<b>Fecha:</b>	25/04/2022
<b>Ubicación:</b>	Margen izquierda Quebrada Ayahuayco	<b>Calicata:</b>	C-06

TIPO	Circular	Unit
Diámetro	6.42cm	
Área	29.51cm <sup>2</sup>	
Altura	2cm	
Volumen	59.0257cm <sup>3</sup>	

Carga Normal (kg)	30
Esfuerzo normal (kg/cm <sup>2</sup> )	1.0165

Lectura Deformim. Horizontal	Desplaz Horizontal (mm)	Fuerza Cortante (kg)	Área Corregida (cm <sup>2</sup> )	Esfuerzo Cortante (kg/cm <sup>2</sup> )
0	0.00			
20	0.20			
40	0.40			
60	0.60			
80	0.80			
100	1.00			
120	1.20			
140	1.40			
160	1.60			
180	1.80			
200	2.00			
220	2.20			
240	2.40			
260	2.60			
280	2.80			
300	3.00			
320	3.20			
340	3.40			
360	3.60			
380	3.80			
400	4.00			
420	4.20			
440	4.40			

Fuente: Elaboración propia



Tabla 60

Toma de datos del ensayo de corte directo con una carga normal de 60 kg de la calicata C - 06

Universidad Andina del Cusco Facultad de Ingeniería y Arquitectura Escuela Profesional de Ingeniería Civil			
Ensayo de Corte Directo			
<b>Tesis</b>	Influencia de la Topografía, Estudios de Infiltración y Propiedades Mecánicas del Suelo en la Evaluación del Factor de Seguridad del Talud de la margen izquierda de la quebrada Ayahuayo		
<b>Testista:</b>	Miguel Walter Salas Quiroga	N° de ensayo:	1
	Miguel Carlos Yunguayan Pizarro	Fecha:	25/04/2022
<b>Ubicación:</b>	Margen Izquierda Quebrada Ayahuayo	Calicata:	C-06

TIPO	Circunferencia	Área
Diámetro	8.12 cm	
Área	29.513 cm <sup>2</sup>	
Altura	3 cm	
Volumen	99.0257 cm <sup>3</sup>	

Carga Normal (kg)	60
Esfuerzo normal (kg/cm <sup>2</sup> )	2.033

Lectura Deformim. Horizontal	Desplaz. Horizontal (mm)	Fuerza Cortante (kg)	Área Corregida (cm <sup>2</sup> )	Esfuerzo Cortante (kg/cm <sup>2</sup> )
0	0.00			
20	0.20			
40	0.40			
60	0.60			
80	0.80			
100	1.00			
120	1.20			
140	1.40			
160	1.60			
180	1.80			
200	2.00			
220	2.20			
240	2.40			
260	2.60			
280	2.80			
300	3.00			
320	3.20			
340	3.40			
360	3.60			
380	3.80			
400	4.00			
420	4.20			
440	4.40			

Fuente: Elaboración propia



Tabla 61

Toma de datos del ensayo de corte directo con una carga normal de 15 kg de la calicata C - 07

Universidad Andina del Cusco Facultad de Ingeniería y Arquitectura Escuela Profesional de Ingeniería Civil			
Ensayo de Corte Directo			
<b>Tesis:</b>	Influencia de la Topografía, Estudios de Infiltración y Propiedades Mecánicas del Suelo en la Evaluación del Factor de Seguridad del Talud de la margen izquierda de la quebrada Ayubambuco		
<b>Testista:</b>	Miguel Walter Salas Quiroz	N° de ensayo:	1
	Mdo Carlos Yagualpa Puturolli	Fecha:	25/04/2022
<b>Ubicación:</b>	Margen Izquierda Quebrada Ayubambuco	Calicata:	C-07

TIPO	Circular	Unid.
Diámetro	6.100	cm
Área	29.513	cm <sup>2</sup>
Altura	2.000	cm
Volumen	89.926	cm <sup>3</sup>

Carga Normal (kg)	15
Esfuerzo normal (kg/cm <sup>2</sup> )	0.5083

Lectura Deformim. Horizontal	Desplaz. Horizontal (mm)	Fuerza Cortante (kg)	Área Correjada (cm <sup>2</sup> )	Esfuerzo Cortante (kg/cm <sup>2</sup> )
0	0.00			
20	0.20			
40	0.40			
60	0.60			
80	0.80			
100	1.00			
120	1.20			
140	1.40			
160	1.60			
180	1.80			
200	2.00			
220	2.20			
240	2.40			
260	2.60			
280	2.80			
300	3.00			
320	3.20			
340	3.40			
360	3.60			
380	3.80			
400	4.00			
420	4.20			
440	4.40			

Fuente: Elaboración propia



Tabla 62

Toma de datos del ensayo de corte directo con una carga normal de 30 kg de la calicata C - 07

Universidad Andina del Cusco Facultad de Ingeniería y Arquitectura Escuela Profesional de Ingeniería Civil			
Ensayo de Corte Directo			
<b>Tesis:</b>	Influencia de la Topografía, Estudios de Infiltración y Propiedades Mecánicas del Suelo en la Evaluación del Factor de Seguridad del Talud de la margen izquierda de la quebrada Ayihunayco		
<b>Testeado:</b>	Miguel Walter Salas Quispe	<b>N° de ensayo:</b>	1
	Msc Carlos Yaguphan Pizarvalli	<b>Fecha:</b>	25/04/2022
<b>Ubicación:</b>	Margen izquierda Quebrada Ayihunayco	<b>Calicata:</b>	C-07

TIPO	Circular	Unit
Diámetro	6.15cm	
Área	29.51	cm <sup>2</sup>
Altura	2	cm
Volumen	59.0257	cm <sup>3</sup>

Carga Normal (kg)	30
Esfuerzo normal (kg/cm <sup>2</sup> )	1.0165

Lectura Deformim. Horizontal	Desplaz. Horizontal (mm)	Fuerza Cortante (kg)	Área Corregida (cm <sup>2</sup> )	Esfuerzo Cortante (kg/cm <sup>2</sup> )
0	0.00			
20	0.20			
40	0.40			
60	0.60			
80	0.80			
100	1.00			
120	1.20			
140	1.40			
160	1.60			
180	1.80			
200	2.00			
220	2.20			
240	2.40			
260	2.60			
280	2.80			
300	3.00			
320	3.20			
340	3.40			
360	3.60			
380	3.80			
400	4.00			
420	4.20			
440	4.40			

Fuente: Elaboración propia



Tabla 63

Toma de datos del ensayo de corte directo con una carga normal de 60 kg de la calicata C - 07

Universidad Andina del Cusco Facultad de Ingeniería y Arquitectura Escuela Profesional de Ingeniería Civil			
Ensayo de Corte Directo			
<b>Tesis</b>	Influencia de la Topografía, Estudios de Infiltración y Propiedades Mecánicas del Suelo en la Evaluación del Factor de Seguridad del Talud de la margen izquierda de la quebrada Ayahuayo		
<b>Testista:</b>	Miguel Walter Salas Quiroga	N° de ensayo:	1
	Miguel Carlos Yunguayan Pizarro	Fecha:	25/04/2022
<b>Ubicación:</b>	Margen Izquierda Quebrada Ayahuayo	Calicata:	C-07

TIPO	Circunferencia	Área
Diámetro	8.12 cm	
Área	29.513 cm <sup>2</sup>	
Altura	3 cm	
Volumen	99.0257 cm <sup>3</sup>	

Carga Normal (kg)	60
Esfuerzo normal (kg/cm <sup>2</sup> )	2.033

Lectura Deformim. Horizontal	Desplaz. Horizontal (mm)	Fuerza Cortante (kg)	Área Corregida (cm <sup>2</sup> )	Esfuerzo Cortante (kg/cm <sup>2</sup> )
0	0.00			
20	0.20			
40	0.40			
60	0.60			
80	0.80			
100	1.00			
120	1.20			
140	1.40			
160	1.60			
180	1.80			
200	2.00			
220	2.20			
240	2.40			
260	2.60			
280	2.80			
300	3.00			
320	3.20			
340	3.40			
360	3.60			
380	3.80			
400	4.00			
420	4.20			
440	4.40			

Fuente: Elaboración propia



Tabla 64

Toma de datos del ensayo de corte directo con una carga normal de 15 kg de la calicata C - 08

Universidad Andina del Cusco Facultad de Ingeniería y Arquitectura Escuela Profesional de Ingeniería Civil			
Ensayo de Corte Directo			
<b>Tesis</b>	Influencia de la Topografía, Estudios de Infiltración y Propiedades Mecánicas del Suelo en la Evaluación del Factor de Seguridad del Talud de la margen izquierda de la quebrada Ayahuayco		
<b>Testista:</b>	Miguel Walter Salas Quijge	N° de ensayo:	1
	Miguel Carlos Yagualman Paravalle	Fecha:	25/04/2022
<b>Ubicación:</b>	Margen Izquierda Quebrada Ayahuayco	Calicata:	C-08

TIPO	Cantidad	Unid.
Diámetro	6.120	cm
Área	29.513	cm <sup>2</sup>
Altura	2.000	cm
Volumen	59.026	cm <sup>3</sup>

Carga Normal (kg)	15
Esfuerzo normal (kg/cm <sup>2</sup> )	0.5083

Leitura Deformación Horizontal	Desplaz. Horizontal (mm)	Fuerza Cortante (kg)	Área Cortante (cm <sup>2</sup> )	Esfuerzo Cortante (kg/cm <sup>2</sup> )
0	0.00			
20	0.70			
40	0.40			
60	0.60			
80	0.80			
100	1.00			
120	1.20			
140	1.40			
160	1.60			
180	1.80			
200	2.00			
220	2.20			
240	2.40			
260	2.60			
280	2.80			
300	3.00			
320	3.20			
340	3.40			
360	3.60			
380	3.80			
400	4.00			
420	4.20			
440	4.40			

Fuente: Elaboración propia



Tabla 65

Toma de datos del ensayo de corte directo con una carga normal de 30 kg de la calicata C - 08

Universidad Andina del Cusco Facultad de Ingeniería y Arquitectura Escuela Profesional de Ingeniería Civil			
Ensayo de Corte Directo			
<b>Tesis</b>	Influencia de la Topografía, Estudios de Infiltración y Propiedades Mecánicas del Suelo en la Evaluación del Factor de Seguridad del Talud de la margen izquierda de la quebrada Ayishurivos		
<b>Testista</b>	Miguel Walter Salas Quispe	<b>N° de ensayo:</b>	1
	Msc Carlos Yucanqan Pizarrolli	<b>Fecha:</b>	25/04/2022
<b>Ubicación:</b>	Margen izquierda Quebrada Ayishurivos	<b>Calicata:</b>	C-08

TIPO	Circular	Cúbic
Diámetro	6.15cm	
Área	29.515cm <sup>2</sup>	
Altura	2cm	
Volumen	59.0257cm <sup>3</sup>	

Carga Normal (kg)	30
Esfuerzo normal (kg/cm <sup>2</sup> )	1.0165

Lectura Deformim. Horizontal	Desplaz. Horizontal (mm)	Fuerza Cortante (kg)	Área Corregida (cm <sup>2</sup> )	Esfuerzo Cortante (kg/cm <sup>2</sup> )
0	0.00			
20	0.20			
40	0.40			
60	0.60			
80	0.80			
100	1.00			
120	1.20			
140	1.40			
160	1.60			
180	1.80			
200	2.00			
220	2.20			
240	2.40			
260	2.60			
280	2.80			
300	3.00			
320	3.20			
340	3.40			
360	3.60			
380	3.80			
400	4.00			
420	4.20			
440	4.40			

Fuente: Elaboración propia



Tabla 66

Toma de datos del ensayo de corte directo con una carga normal de 60 kg de la calicata C - 08

Universidad Andina del Cusco Facultad de Ingeniería y Arquitectura Escuela Profesional de Ingeniería Civil			
Ensayo de Corte Directo			
<b>Tesis</b>	Influencia de la Topografía, Estudios de Infiltración y Propiedades Mecánicas del Suelo en la Evaluación del Factor de Seguridad del Talud de la margen izquierda de la quebrada Ayahuayo		
<b>Testista:</b>	Miguel Walter Salas Quiroga	N° de ensayo:	1
	Miguel Carlos Yunguayan Pizarro	Fecha:	25/04/2022
<b>Ubicación:</b>	Margen Izquierda Quebrada Ayahuayo	Calicata:	C-08

TIPO	Circunferencia	Área
Diámetro	8.12 cm	
Área	29.513 cm <sup>2</sup>	
Altura	3 cm	
Volumen	99.0257 cm <sup>3</sup>	

Carga Normal (kg)	60
Esfuerzo normal (kg/cm <sup>2</sup> )	2.033

Lectura Deformim. Horizontal	Desplaz. Horizontal (mm)	Fuerza Cortante (kg)	Área Corregida (cm <sup>2</sup> )	Esfuerzo Cortante (kg/cm <sup>2</sup> )
0	0.00			
20	0.20			
40	0.40			
60	0.60			
80	0.80			
100	1.00			
120	1.20			
140	1.40			
160	1.60			
180	1.80			
200	2.00			
220	2.20			
240	2.40			
260	2.60			
280	2.80			
300	3.00			
320	3.20			
340	3.40			
360	3.60			
380	3.80			
400	4.00			
420	4.20			
440	4.40			

Fuente: Elaboración propia



### 3.5.7 Ensayo de densidad de campo

#### a) Equipos utilizados en el ensayo

- Cono metálico
- Arena Ottawa
- Placa metálica Hueca
- Balanza Electrónica Calibrada

#### b) Procedimiento

- Primeramente, pesamos el cono metálico con la arena de Ottawa colocada en su interior para poder tener el peso inicial del ensayo.
- Se comienza a cavar el hueco en el suelo de ensayo tomando en cuenta la medida del diámetro de la placa metálica hueca.



*Figura 57: Se realiza el agujero para colocar el cono de arena*

**Fuente: Elaboración propia**

- Próximamente se procede a colocar el cono de arena invertido en el agujero, para poder abrir la llave del cono de arena. Y llenar el hueco realizado hasta que se llene de arena el agujero en su totalidad.



*Figura 58: Colocación del cono de arena en el agujero para que la arena comience a llenarlo*

**Fuente: Elaboración propia**



- Se coloca en la balanza el cono, con el contenido de arena que quedo después de llenar el agujero realizado, para tener el peso final para realizar los respectivos cálculos.

c) Toma de datos

Tabla 67

Toma de datos del ensayo de densidad de campo en la calicata C - 01

	<b>Universidad Andina del Cusco</b> <b>Facultad de Ingeniería y Arquitectura</b> <b>Escuela Profesional de Ingeniería Civil</b>	
---	---	---

<b>Ensayo de Densidad de Campo Metodo de Cono de Arena</b>
--

<b>Tesis</b>	Influencia de la Topografía, Estudios de Infiltración y Propiedades Mecánicas del Suelo en la Evaluación del Factor de Seguridad del Talud de la margen izquierda de la quebrada Ayahuayco		
<b>Tesistas</b>	Mijhail Walter Salas Quispe	Nº de ensayo:	1
	Max Carlos Ynquiltupa Pumayali	Fecha:	26/04/2022
<b>Ubicación:</b>	Margen Izquierda Quebrada Ayahuayco	Calicata	C-01

	Unidades	Pesos Obtenidos
Peso Unitario de Arena ( $\gamma_{arena}$ )	gr/cm <sup>3</sup>	1.40
Peso de frasco + cono antes de usarlo	gr	5823.00
Peso de frasco + cono despues de usarlo	gr	2991.00
Peso de arena usada (hueco + cono)	gr	
Peso de la arena del cono	gr	
Peso de la arena en el hueco W	gr	
Vol. Del Hueco, $V_h = W / \gamma_{arena}$	cm <sup>3</sup>	
Peso de la muestra W'	gr	
Densidad Natural ( $\gamma_{nat}$ )	gr/cm <sup>3</sup>	

Fuente: Elaboración propia



Tabla 68

Toma de datos del ensayo de densidad de campo en la calicata C - 02

	<b>Universidad Andina del Cusco</b> <b>Facultad de Ingeniería y Arquitectura</b> <b>Escuela Profesional de Ingeniería Civil</b>	
---	---	---

<b>Ensayo de Densidad de Campo Metodo de Cono de Arena</b>
--

<b>Tesis</b>	Influencia de la Topografía, Estudios de Infiltración y Propiedades Mecánicas del Suelo en la Evaluación del Factor de Seguridad del Talud de la margen izquierda de la quebrada Ayahuayco		
<b>Tesistas</b>	Mijhail Walter Salas Quispe	Nº de ensayo:	1
	Max Carlos Ynquiltupa Pumayali	Fecha:	26/04/2022
<b>Ubicación:</b>	Margen Izquierda Quebrada Ayahuayco	Calicata	C-02

	Unidades	Pesos Obtenidos
Peso Unitario de Arena ( $\gamma_{arena}$ )	gr/cm <sup>3</sup>	1.40
Peso de frasco + cono antes de usarlo	gr	5757.00
Peso de frasco + cono despues de usarlo	gr	2970.00
Peso de arena usada (hueco + cono)	gr	
Peso de la arena del cono	gr	
Peso de la arena en el hueco W	gr	
Vol. Del Hueco, $V_h = W / \gamma_{arena}$	cm <sup>3</sup>	
Peso de la muestra W*	gr	
Densidad Natural ( $\gamma_{nat}$ )	gr/cm <sup>3</sup>	

Fuente: Elaboración propia



Tabla 69

Toma de datos del ensayo de densidad de campo en la calicata C - 03

	<b>Universidad Andina del Cusco</b> <b>Facultad de Ingeniería y Arquitectura</b> <b>Escuela Profesional de Ingeniería Civil</b>	
---	---	---

<b>Ensayo de Densidad de Campo Metodo de Cono de Arena</b>
--

<b>Tesis</b>	Influencia de la Topografía, Estudios de Infiltración y Propiedades Mecánicas del Suelo en la Evaluación del Factor de Seguridad del Talud de la margen izquierda de la quebrada Ayahuayco		
<b>Tesistas</b>	Mijhail Walter Salas Quispe	Nº de ensayo:	1
	Max Carlos Ynquiltupa Pumayali	Fecha:	22/04/2022
<b>Ubicación:</b>	Margen Izquierda Quebrada Ayahuayco	Calicata	C-03

	Unidades	Pesos Obtenidos
Peso Unitario de Arena ( $\gamma_{arena}$ )	gr/cm <sup>3</sup>	1.40
Peso de frasco + cono antes de usarlo	gr	5840.00
Peso de frasco + cono despues de usarlo	gr	3006.00
Peso de arena usada (hueco + cono)	gr	
Peso de la arena del cono	gr	
Peso de la arena en el hueco W	gr	
Vol. Del Hueco, $V_h = W / \gamma_{arena}$	cm <sup>3</sup>	
Peso de la muestra W*	gr	
Densidad Natural ( $\gamma_{nat}$ )	gr/cm <sup>3</sup>	

Fuente: Elaboración propia



Tabla 70

Toma de datos del ensayo de densidad de campo en la calicata C - 04

	<b>Universidad Andina del Cusco</b> <b>Facultad de Ingeniería y Arquitectura</b> <b>Escuela Profesional de Ingeniería Civil</b>	
---	---	---

<b>Ensayo de Densidad de Campo Metodo de Cono de Arena</b>
--

<b>Tesis</b>	Influencia de la Topografía, Estudios de Infiltración y Propiedades Mecánicas del Suelo en la Evaluación del Factor de Seguridad del Talud de la margen izquierda de la quebrada Ayahuayco		
<b>Tesistas</b>	Mijhail Walter Salas Quispe	Nº de ensayo:	1
	Max Carlos Ynquiltupa Pumayali	Fecha:	26/04/2022
<b>Ubicación:</b>	Margen Izquierda Quebrada Ayahuayco	Calicata	C-04

	Unidades	Pesos Obtenidos
Peso Unitario de Arena ( $\gamma_{arena}$ )	gr/cm <sup>3</sup>	1.40
Peso de frasco + cono antes de usarlo	gr	5935.00
Peso de frasco + cono despues de usarlo	gr	3043.00
Peso de arena usada (hueco + cono)	gr	
Peso de la arena del cono	gr	
Peso de la arena en el hueco W	gr	
Vol. Del Hueco, $V_h = W / \gamma_{arena}$	cm <sup>3</sup>	
Peso de la muestra W*	gr	
Densidad Natural ( $\gamma_{nat}$ )	gr/cm <sup>3</sup>	

Fuente: Elaboración propia



Tabla 71

Toma de datos del ensayo de densidad de campo en la calicata C - 05

	<b>Universidad Andina del Cusco</b> <b>Facultad de Ingeniería y Arquitectura</b> <b>Escuela Profesional de Ingeniería Civil</b>	
---	---	---

<b>Ensayo de Densidad de Campo Metodo de Cono de Arena</b>
--

<b>Tesis</b>	Influencia de la Topografía, Estudios de Infiltración y Propiedades Mecánicas del Suelo en la Evaluación del Factor de Seguridad del Talud de la margen izquierda de la quebrada Ayahuayco		
<b>Tesistas</b>	Mijhail Walter Salas Quispe	Nº de ensayo:	1
	Max Carlos Ynquiltupa Pumayali	Fecha:	26/04/2022
<b>Ubicación:</b>	Margen Izquierda Quebrada Ayahuayco	Calicata	C-05

	Unidades	Pesos Obtenidos
Peso Unitario de Arena ( $\gamma_{arena}$ )	gr/cm <sup>3</sup>	1.40
Peso de frasco + cono antes de usarlo	gr	5328.00
Peso de frasco + cono despues de usarlo	gr	2608.00
Peso de arena usada (hueco + cono)	gr	
Peso de la arena del cono	gr	
Peso de la arena en el hueco W	gr	
Vol. Del Hueco, $V_h = W / \gamma_{arena}$	cm <sup>3</sup>	
Peso de la muestra W*	gr	
Densidad Natural ( $\gamma_{nat}$ )	gr/cm <sup>3</sup>	

Fuente: Elaboración propia



Tabla 72

Toma de datos del ensayo de densidad de campo en la calicata C - 06

	<b>Universidad Andina del Cusco</b> Facultad de Ingeniería y Arquitectura Escuela Profesional de Ingeniería Civil	
---	---	---

<b>Ensayo de Densidad de Campo Metodo de Cono de Arena</b>
--

<b>Tesis</b>	Influencia de la Topografía, Estudios de Infiltración y Propiedades Mecánicas del Suelo en la Evaluación del Factor de Seguridad del Talud de la margen izquierda de la quebrada Ayahuayco		
<b>Tesistas</b>	Mijhail Walter Salas Quispe	Nº de ensayo:	1
	Max Carlos Ynquiltupa Pumayali	Fecha:	26/04/2022
<b>Ubicación:</b>	Margen Izquierda Quebrada Ayahuayco	Calicata	C-06

	Unidades	Pesos Obtenidos
Peso Unitario de Arena ( $\gamma_{arena}$ )	gr/cm <sup>3</sup>	1.40
Peso de frasco + cono antes de usarlo	gr	5800.00
Peso de frasco + cono despues de usarlo	gr	3024.20
Peso de arena usada (hueco + cono)	gr	
Peso de la arena del cono	gr	
Peso de la arena en el hueco W	gr	
Vol. Del Hueco, $V_h = W / \gamma_{arena}$	cm <sup>3</sup>	
Peso de la muestra W*	gr	
Densidad Natural ( $\gamma_{nat}$ )	gr/cm <sup>3</sup>	

Fuente: Elaboración propia



Tabla 73

Toma de datos del ensayo de densidad de campo en la calicata C - 07

	<b>Universidad Andina del Cusco</b> <b>Facultad de Ingeniería y Arquitectura</b> <b>Escuela Profesional de Ingeniería Civil</b>	
---	---	---

<b>Ensayo de Densidad de Campo Metodo de Cono de Arena</b>
--

<b>Tesis</b>	Influencia de la Topografía, Estudios de Infiltración y Propiedades Mecánicas del Suelo en la Evaluación del Factor de Seguridad del Talud de la margen izquierda de la quebrada Ayahuayco		
<b>Tesistas</b>	Mijhail Walter Salas Quispe	Nº de ensayo:	1
	Max Carlos Ynquiltupa Pumayali	Fecha:	26/04/2022
<b>Ubicación:</b>	Margen Izquierda Quebrada Ayahuayco	Calicata	C-07

	Unidades	Pesos Obtenidos
Peso Unitario de Arena ( $\gamma_{arena}$ )	gr/cm <sup>3</sup>	1.40
Peso de frasco + cono antes de usarlo	gr	5540.60
Peso de frasco + cono despues de usarlo	gr	2798.20
Peso de arena usada (hueco + cono)	gr	
Peso de la arena del cono	gr	
Peso de la arena en el hueco W	gr	
Vol. Del Hueco, $V_h = W / \gamma_{arena}$	cm <sup>3</sup>	
Peso de la muestra W'	gr	
Densidad Natural ( $\gamma_{nat}$ )	gr/cm <sup>3</sup>	

Fuente: Elaboración propia



Tabla 74

Toma de datos del ensayo de densidad de campo en la calicata C - 08

	<b>Universidad Andina del Cusco</b> Facultad de Ingeniería y Arquitectura Escuela Profesional de Ingeniería Civil	
---	---	---

<b>Ensayo de Densidad de Campo Metodo de Cono de Arena</b>
--

<b>Tesis</b>	Influencia de la Topografía, Estudios de Infiltración y Propiedades Mecánicas del Suelo en la Evaluación del Factor de Seguridad del Talud de la margen izquierda de la quebrada Ayahuayco		
<b>Tesistas</b>	Mijhail Walter Salas Quispe	Nº de ensayo:	1
	Max Carlos Ynquiltupa Pumayali	Fecha:	26/04/2022
<b>Ubicación:</b>	Margen Izquierda Quebrada Ayahuayco	Calicata	C-08

	Unidades	Pesos Obtenidos
Peso Unitario de Arena ( $\gamma_{arena}$ )	gr/cm <sup>3</sup>	1.40
Peso de frasco + cono antes de usarlo	gr	5692.00
Peso de frasco + cono despues de usarlo	gr	2855.00
Peso de arena usada (hueco + cono)	gr	
Peso de la arena del cono	gr	
Peso de la arena en el hueco W	gr	
Vol. Del Hueco, $V_h = W / \gamma_{arena}$	cm <sup>3</sup>	
Peso de la muestra W*	gr	
Densidad Natural ( $\gamma_{nat}$ )	gr/cm <sup>3</sup>	

Fuente: Elaboración propia



### 3.6 Procesamiento de análisis de Datos

#### 3.6.1 Levantamiento Topográfico

##### a) Proceso de calculo

La estación total es un instrumento que nos brinda las coordenadas de cada punto tomado, en el trabajo de gabinete se procedieron todos los datos tomados en la estación, para poder generar las respectivas curvas de nivel, y obtener los perfiles del talud en los Cortes que se escogieron para el cálculo del factor de seguridad del talud.

##### b) Tablas y gráficos

Tabla 75

*Análisis de datos del levantamiento topográfico del punto 1 – 21*

Punto	Norte	Este	Cota (m.s.n.m.)	Descripción
1	8504085.77	176492.537	3479.84	BM
2	8504016.93	176578.407	3519.015	Parte superior del Talud
3	8504036.84	176553.574	3506.379	Parte superior del Talud
4	8504036.75	176553.684	3506.345	Parte superior del Talud
5	8504004.66	176572.294	3513.149	Parte inferior del Talud
6	8504004.65	176572.305	3509.513	Parte inferior del Talud
7	8504006.85	176570.145	3505.118	Calicata 03
8	8504008.93	176568.096	3501.042	Parte inferior del Talud
9	8504013.8	176563.312	3493.643	Parte inferior del Talud
10	8504026.34	176550.979	3489.558	Parte inferior del Talud
11	8504028.15	176549.192	3488.301	Parte inferior del Talud
12	8504036.09	176541.384	3483.575	Parte inferior del Talud
13	8504053.05	176524.711	3475.827	Parte inferior del Talud
14	8504056.68	176522.781	3476.291	Parte inferior del Talud
15	8504040.65	176539.445	3480.228	Parte inferior del Talud
16	8504040.07	176540.038	3484.21	Parte inferior del Talud
17	8504036.69	176543.553	3487.491	Cuerpo del talud, con cambio de pendiente
18	8504010.61	176570.665	3503.62	Cuerpo del talud, con cambio de pendiente
19	8504007.31	176574.099	3513.704	Cuerpo del talud, con cambio de pendiente
20	8504013.02	176575.85	3517.943	Calicata 02
21	8504015.24	176576.645	3517.665	Cuerpo del talud, con cambio de pendiente

Fuente: Elaboración propia



Tabla 76

*Análisis de datos del levantamiento topográfico del punto 22 - 45*

22	8504034.7	176553.433	3505.112	Cuerpo del talud, con cambio de pendiente
23	8504036.38	176551.431	3501.682	Cuerpo del talud, con cambio de pendiente
24	8504037.99	176549.508	3498.399	Cuerpo del talud, con cambio de pendiente
25	8504041.91	176544.844	3493.699	Cuerpo del talud, con cambio de pendiente
26	8504044.81	176541.376	3489.21	Cuerpo del talud, con cambio de pendiente
27	8504044.99	176541.163	3486.201	Cuerpo del talud, con cambio de pendiente
28	8504050.29	176534.842	3483.598	Cuerpo del talud, con cambio de pendiente
29	8504048.79	176536.639	3480.739	Cuerpo del talud, con cambio de pendiente
30	8504049.38	176535.925	3477.348	Cuerpo del talud, con cambio de pendiente
31	8504060.51	176530.993	3478.332	Cuerpo del talud, con cambio de pendiente
32	8504059.86	176531.973	3480.505	Cuerpo del talud, con cambio de pendiente
33	8504060.15	176531.54	3482.457	Cuerpo del talud, con cambio de pendiente
34	8504058.02	176534.781	3486.394	Cuerpo del talud, con cambio de pendiente
35	8504056.38	176537.285	3487.466	Cuerpo del talud, con cambio de pendiente
36	8504054.8	176539.682	3490.746	Cuerpo del talud, con cambio de pendiente
37	8504052.5	176543.177	3495.209	Parte superior del Talud
38	8504051.06	176545.378	3499.473	Parte superior del Talud
39	8504052.66	176542.936	3500.918	Parte superior del Talud
40	8504052.52	176543.151	3503.457	Parte superior del Talud
41	8504056.55	176544.939	3499.697	Parte superior del Talud
42	8504058.19	176541.994	3496.126	Parte superior del Talud
43	8504059	176540.541	3493.213	Parte superior del Talud
44	8504060.86	176537.205	3489.619	Cuerpo del talud, con cambio de pendiente
45	8504061.94	176535.263	3487.759	Cuerpo del talud, con cambio de pendiente

**Fuente: Elaboración propia**



Tabla 77

*Análisis de datos del levantamiento topográfico del punto 46 - 69*

46	8504061.97	176535.216	3485.66	Cuerpo del talud, con cambio de pendiente
47	8504065.4	176529.067	3480.985	Cuerpo del talud, con cambio de pendiente
48	8504065.6	176528.71	3478.884	Cuerpo del talud, con cambio de pendiente
49	8504067.53	176528.946	3481.029	Cuerpo del talud, con cambio de pendiente
50	8504070.08	176529.008	3481.546	Cuerpo del talud, con cambio de pendiente
51	8504069.45	176530.476	3483.782	Cuerpo del talud, con cambio de pendiente
52	8504067.75	176534.433	3486.945	Cuerpo del talud, con cambio de pendiente
53	8504066.88	176536.457	3489.842	Parte superior del Talud
54	8504064.86	176541.153	3496.08	Parte superior del Talud
55	8504065.34	176540.031	3497.853	Parte superior del Talud
56	8504071.54	176540.684	3496.053	Parte superior del Talud
57	8504073.02	176535.666	3492.226	Parte superior del Talud
58	8504073.11	176535.364	3489.658	Cuerpo del talud, con cambio de pendiente
59	8504073.92	176532.615	3486.46	Cuerpo del talud, con cambio de pendiente
60	8504074.97	176529.062	3483.656	Cuerpo del talud, con cambio de pendiente
61	8504075.91	176525.892	3481.553	Cuerpo del talud, con cambio de pendiente
62	8504080.34	176524.851	3482.002	Cuerpo del talud, con cambio de pendiente
63	8504079.83	176527.89	3484.304	Cuerpo del talud, con cambio de pendiente
64	8504079.41	176530.352	3486.551	Cuerpo del talud, con cambio de pendiente
65	8504079.07	176532.37	3489.247	Cuerpo del talud, con cambio de pendiente
66	8504078.55	176535.498	3493.965	Cuerpo del talud, con cambio de pendiente
67	8504077.32	176542.803	3501.704	Parte superior del Talud
68	8504081.6	176538.56	3500.737	Parte superior del Talud
69	8504082.14	176532.581	3490.745	Cuerpo del talud, con cambio de pendiente

**Fuente:** Elaboración propia



Tabla 78

*Análisis de datos del levantamiento topográfico del punto 70 - 93*

70	8504082.29	176530.869	3487.532	Cuerpo del talud, con cambio de pendiente
71	8504082.9	176524.172	3480.581	Cuerpo del talud, con cambio de pendiente
72	8504082.93	176523.817	3480.234	Cuerpo del talud, con cambio de pendiente
73	8504086.64	176520.426	3475.797	Cuerpo del talud, con cambio de pendiente
74	8504086.73	176523.321	3480.139	Cuerpo del talud, con cambio de pendiente
75	8504086.76	176524.213	3483.549	Cuerpo del talud, con cambio de pendiente
76	8504086.88	176528.149	3487.057	Cuerpo del talud, con cambio de pendiente
77	8504086.92	176529.285	3490.739	Parte superior del Talud
78	8504087.13	176536.005	3497.824	Parte superior del Talud
79	8504087.16	176536.986	3499.125	Parte superior del Talud
80	8504090.98	176527.459	3495.505	Parte superior del Talud
81	8504090.77	176526.075	3491.704	Parte superior del Talud
82	8504090.81	176526.294	3487.325	Parte superior del Talud
83	8504090.56	176524.678	3485.605	Parte superior del Talud
84	8504090.23	176522.47	3482.658	Cuerpo del talud, con cambio de pendiente
85	8504090.05	176521.246	3479.711	Cuerpo del talud, con cambio de pendiente
86	8504089.61	176518.293	3476.277	Cuerpo del talud, con cambio de pendiente
87	8504092.06	176518.357	3476.178	Cuerpo del talud, con cambio de pendiente
88	8504092.18	176518.854	3478.126	Cuerpo del talud, con cambio de pendiente
89	8504092.05	176518.32	3479.703	Cuerpo del talud, con cambio de pendiente
90	8504092.18	176518.858	3479.967	Cuerpo del talud, con cambio de pendiente
91	8504092.41	176519.8	3481.452	Cuerpo del talud, con cambio de pendiente
92	8504092.56	176520.419	3482.788	Cuerpo del talud, con cambio de pendiente
93	8504092.65	176520.786	3483.866	Cuerpo del talud, con cambio de pendiente

**Fuente:** Elaboración propia



Tabla 79

*Análisis de datos del levantamiento topográfico del punto 94 - 117*

94	8504093.46	176524.088	3486.474	Cuerpo del talud, con cambio de pendiente
95	8504093.93	176526.036	3489.439	Parte superior del Talud
96	8504093.79	176525.447	3492.815	Parte superior del Talud
97	8504095.88	176534.022	3499.924	Vivienda
98	8504096.63	176528.865	3497.39	Parte superior del Talud
99	8504096.44	176528.228	3494.871	Cuerpo del talud, con cambio de pendiente
100	8504095.62	176525.477	3491.463	Cuerpo del talud, con cambio de pendiente
101	8504095.19	176524.048	3488.688	Cuerpo del talud, con cambio de pendiente
102	8504094.58	176522.032	3486.607	Cuerpo del talud, con cambio de pendiente
103	8504094.23	176520.849	3484.439	Cuerpo del talud, con cambio de pendiente
104	8504094.13	176520.522	3483.934	Cuerpo del talud, con cambio de pendiente
105	8504093.98	176519.997	3482.568	Cuerpo del talud, con cambio de pendiente
106	8504093.67	176518.969	3481.043	Cuerpo del talud, con cambio de pendiente
107	8504093.28	176517.663	3479.411	Cuerpo del talud, con cambio de pendiente
108	8504093.44	176518.207	3477.496	Cuerpo del talud, con cambio de pendiente
109	8504093.09	176517.031	3475.671	Parte inferior del Talud
110	8504094.73	176515.807	3476.234	Parte inferior del Talud
111	8504095.12	176516.798	3477.514	Parte inferior del Talud
112	8504095.08	176516.714	3478.79	Cuerpo del talud, con cambio de pendiente
113	8504095.26	176517.164	3480.642	Cuerpo del talud, con cambio de pendiente
114	8504095.57	176517.987	3482.232	Cuerpo del talud, con cambio de pendiente
115	8504096.6	176520.641	3484.482	Cuerpo del talud, con cambio de pendiente
116	8504096.89	176521.414	3486.679	Cuerpo del talud, con cambio de pendiente
117	8504096.46	176520.274	3488.71	Cuerpo del talud, con cambio de pendiente

**Fuente:** Elaboración propia



Tabla 80

*Análisis de datos del levantamiento topográfico del punto 118 - 145*

118	8504097.95	176524.141	3493.054	Cuerpo del talud, con cambio de pendiente
119	8504099.52	176528.221	3497.784	Parte superior del Talud
120	8504099.65	176528.565	3498.089	Parte superior del Talud
121	8504145.52	176505.176	3491.282	Parte superior del Talud
122	8504146.22	176503.87	3491.155	Parte superior del Talud
123	8504147.25	176503.015	3490.788	Parte superior del Talud
124	8504148.4	176501.263	3490.545	Parte superior del Talud
125	8504149.25	176500.579	3490.468	Parte superior del Talud
126	8504150.71	176500.356	3490.473	Parte superior del Talud
127	8504152.72	176503.702	3490.988	Vivienda
128	8504148.37	176505.468	3491.58	Vivienda
129	8504148.3	176497.285	3486.072	Vivienda
130	8504147.77	176498.441	3486.377	Vivienda
131	8504097.92	176529.002	3496.599	Parte superior del Talud
132	8504096.81	176525.665	3493.396	Cuerpo del talud, con cambio de pendiente
133	8504095.33	176521.211	3490.447	Cuerpo del talud, con cambio de pendiente
134	8504095.97	176523.156	3488.23	Cuerpo del talud, con cambio de pendiente
135	8504095.73	176522.428	3487.07	Cuerpo del talud, con cambio de pendiente
136	8504095.28	176521.079	3484.762	Cuerpo del talud, con cambio de pendiente
137	8504094.99	176520.203	3483.11	Cuerpo del talud, con cambio de pendiente
138	8504094.17	176517.738	3480.913	Cuerpo del talud, con cambio de pendiente
139	8504094.04	176517.36	3479.192	Cuerpo del talud, con cambio de pendiente
140	8504094.19	176517.808	3477.537	Parte inferior del Talud
141	8504093.46	176515.618	3476.385	Parte inferior del Talud
142	8504098.47	176514.76	3477.152	Parte inferior del Talud
143	8504098.46	176514.747	3479.108	Parte inferior del Talud
144	8504098.54	176514.894	3480.9	Cuerpo del talud, con cambio de pendiente
145	8504099.06	176515.809	3483.447	Cuerpo del talud, con cambio de pendiente

**Fuente: Elaboración propia**



Tabla 81

*Análisis de datos del levantamiento topográfico del punto 146 - 170*

146	8504099.14	176515.933	3484.27	Cuerpo del talud, con cambio de pendiente
147	8504099.36	176516.333	3485.356	Cuerpo del talud, con cambio de pendiente
148	8504099.29	176516.207	3487.611	Cuerpo del talud, con cambio de pendiente
149	8504099.96	176517.377	3490.248	Cuerpo del talud, con cambio de pendiente
150	8504104.18	176524.764	3497.186	Parte superior del Talud
151	8504104.15	176524.711	3496.931	Parte superior del Talud
152	8504108.12	176523.681	3497.169	Parte superior del Talud
153	8504105.38	176519.867	3492.385	Cuerpo del talud, con cambio de pendiente
154	8504104.02	176517.976	3490.482	Cuerpo del talud, con cambio de pendiente
155	8504106.48	176521.398	3493.755	Cuerpo del talud, con cambio de pendiente
156	8504107.18	176522.376	3494.98	Cuerpo del talud, con cambio de pendiente
157	8504107.64	176523.015	3496.386	Parte superior del Talud
158	8504111.27	176522.252	3497.048	Parte superior del Talud
159	8504107.54	176517.912	3491.75	Parte superior del Talud
160	8504105.62	176515.714	3486.918	Cuerpo del talud, con cambio de pendiente
161	8504104.31	176514.18	3484.746	Cuerpo del talud, con cambio de pendiente
162	8504104.07	176513.902	3483.263	Cuerpo del talud, con cambio de pendiente
163	8504103.48	176513.217	3482.014	Cuerpo del talud, con cambio de pendiente
164	8504102.76	176512.374	3478.927	Cuerpo del talud, con cambio de pendiente
165	8504102.65	176512.247	3477.907	Parte inferior del Talud
166	8504102.58	176512.164	3475.969	Parte inferior del Talud
167	8504109.13	176509.624	3475.349	Parte inferior del Talud
168	8504109.63	176509.985	3477.244	Cuerpo del talud, con cambio de pendiente
169	8504111.35	176511.247	3480.824	Cuerpo del talud, con cambio de pendiente
170	8504113.49	176512.81	3483.836	Cuerpo del talud, con cambio de pendiente

**Fuente:** Elaboración propia



Tabla 82

*Análisis de datos del levantamiento topográfico del punto 171 - 196*

171	8504116.21	176514.803	3489.237	Cuerpo del talud, con cambio de pendiente
172	8504117.81	176515.972	3491.751	Parte superior del Talud
173	8504119.65	176517.224	3496.341	Parte superior del Talud
174	8504125.89	176514.699	3496.777	Parte superior del Talud
175	8504123.19	176513.208	3492.644	Parte superior del Talud
176	8504119.97	176511.428	3489.046	Cuerpo del talud, con cambio de pendiente
177	8504119.95	176511.418	3487.833	Cuerpo del talud, con cambio de pendiente
178	8504118.07	176510.379	3484.305	Cuerpo del talud, con cambio de pendiente
179	8504117.27	176509.936	3482.1	Cuerpo del talud, con cambio de pendiente
180	8504116.24	176509.368	3480.067	Cuerpo del talud, con cambio de pendiente
181	8504115.54	176508.98	3478.021	Cuerpo del talud, con cambio de pendiente
182	8504113.54	176507.879	3475.192	Parte inferior del Talud
183	8504113.06	176507.61	3474.143	Parte inferior del Talud
184	8504119.62	176505.236	3474.761	Parte inferior del Talud
185	8504119.72	176505.273	3475.853	Parte inferior del Talud
186	8504120.03	176505.39	3477.773	Cuerpo del talud, con cambio de pendiente
187	8504120.49	176505.561	3478.838	Cuerpo del talud, con cambio de pendiente
188	8504121.35	176505.887	3479.961	Cuerpo del talud, con cambio de pendiente
189	8504121.77	176506.043	3481.859	Cuerpo del talud, con cambio de pendiente
190	8504122.62	176506.361	3484.044	Cuerpo del talud, con cambio de pendiente
191	8504124.29	176506.988	3487.554	Parte superior del Talud
192	8504131.03	176509.58	3492.106	Parte superior del Talud
193	8504133.49	176507.656	3493.526	Parte superior del Talud
194	8504133.3	176507.595	3490.095	Parte superior del Talud
195	8504125.41	176505.096	3484.766	Cuerpo del talud, con cambio de pendiente
196	8504123.53	176504.502	3483.117	Cuerpo del talud, con cambio de pendiente

**Fuente:** Elaboración propia



Tabla 83

*Análisis de datos del levantamiento topográfico del punto 197 - 222*

197	8504122.35	176504.128	3480.607	Cuerpo del talud, con cambio de pendiente
198	8504122.26	176504.099	3479.156	Cuerpo del talud, con cambio de pendiente
199	8504120.68	176503.597	3474.83	Parte inferior del Talud
200	8504125.87	176501.457	3474.969	Parte inferior del Talud
201	8504126.37	176501.568	3475.445	Cuerpo del talud, con cambio de pendiente
202	8504126.55	176501.629	3475.964	Cuerpo del talud, con cambio de pendiente
203	8504126.97	176501.724	3478.525	Cuerpo del talud, con cambio de pendiente
204	8504125.91	176501.487	3480.118	Cuerpo del talud, con cambio de pendiente
205	8504133.67	176503.218	3484.652	Cuerpo del talud, con cambio de pendiente
206	8504135.76	176507.257	3490.192	Cuerpo del talud, con cambio de pendiente
207	8504141.34	176508.926	3492.774	Parte superior del Talud
208	8504139.38	176508.347	3494.304	Parte superior del Talud
209	8504133.81	176507.744	3491.958	Parte superior del Talud
210	8504133.22	176507.559	3490.747	Parte superior del Talud
211	8504144.83	176505.546	3490.781	Parte superior del Talud
212	8504144.48	176505.468	3489.557	Parte superior del Talud
213	8504142.81	176505.1	3487.856	Parte superior del Talud
214	8504144.64	176503.619	3488.027	Cuerpo del talud, con cambio de pendiente
215	8504145.25	176503.733	3490.028	Cuerpo del talud, con cambio de pendiente
216	8504144.86	176503.659	3491.574	Cuerpo del talud, con cambio de pendiente
217	8504148.61	176500.538	3490.72	Cuerpo del talud, con cambio de pendiente
218	8504148.32	176500.5	3488.881	Parte inferior del Talud
219	8504146.85	176500.313	3486.996	Parte inferior del Talud
220	8504145.28	176500.114	3485.874	Parte inferior del Talud
221	8504140.53	176499.509	3483.007	Cuerpo del talud, con cambio de pendiente
222	8504145.58	176497.003	3481.384	Cuerpo del talud, con cambio de pendiente

**Fuente: Elaboración propia**



Tabla 84

*Análisis de datos del levantamiento topográfico del punto 223 - 247*

223	8504147.15	176497.121	3484.434	Parte superior del Talud
224	8504150.15	176497.344	3487.041	Cuerpo del talud, con cambio de pendiente
225	8504149.28	176495.194	3486.952	Cuerpo del talud, con cambio de pendiente
226	8504148.22	176495.149	3484.804	Cuerpo del talud, con cambio de pendiente
227	8504147.55	176495.121	3482.349	Cuerpo del talud, con cambio de pendiente
228	8504146.53	176495.079	3480.827	Cuerpo del talud, con cambio de pendiente
229	8504148.52	176492.208	3480.377	Cuerpo del talud, con cambio de pendiente
230	8504149.93	176492.201	3482.613	Cuerpo del talud, con cambio de pendiente
231	8504173.88	176492.421	3486.108	Parte superior del Talud
232	8504174.27	176487.681	3480.198	Parte superior del Talud
233	8504175.4	176487.618	3482.19	Parte superior del Talud
234	8504176.54	176487.556	3484.112	Parte superior del Talud
235	8504045.38	176533.03	3478.508	Parte inferior del Talud
236	8504045.66	176532.755	3475.831	Parte inferior del Talud
237	8504047.51	176536.56	3480.631	Cuerpo del talud, con cambio de pendiente
238	8504047.64	176536.41	3478.07	Cuerpo del talud, con cambio de pendiente
239	8504050.1	176533.579	3477.358	Cuerpo del talud, con cambio de pendiente
240	8504050.58	176535.588	3477.27	Cuerpo del talud, con cambio de pendiente
241	8504050.51	176535.675	3478.25	Cuerpo del talud, con cambio de pendiente
242	8504049.67	176536.704	3482.106	Cuerpo del talud, con cambio de pendiente
243	8504051.37	176534.631	3483.294	Cuerpo del talud, con cambio de pendiente
244	8504056.69	176533.415	3480.308	Parte superior del Talud
245	8504057.11	176532.836	3478.706	Parte superior del Talud
246	8504057.39	176532.432	3477.979	Parte superior del Talud
247	8504064.37	176524.123	3478.808	Cuerpo del talud, con cambio de pendiente

**Fuente:** Elaboración propia



Tabla 85

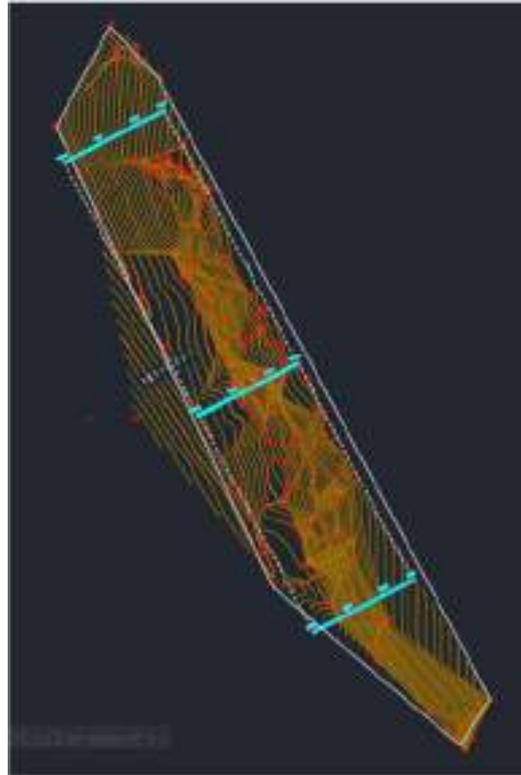
*Análisis de datos del levantamiento topográfico del punto 248 - 280*

248	8504058.85	176532.266	3479.608	Cuerpo del talud, con cambio de pendiente
249	8504045.56	176526.349	3475.147	Cuerpo del talud, con cambio de pendiente
250	8504052.88	176523.01	3474.308	Cuerpo del talud, con cambio de pendiente
251	8504061.06	176519.964	3474.037	Vivienda
252	8504067	176517.276	3473.565	Vivienda
253	8504070.59	176515.893	3472.637	Vivienda
254	8504075.81	176513.358	3472.431	Vivienda
255	8504081.43	176510.655	3471.97	Vivienda
256	8504088.96	176506.966	3471.577	Vivienda
257	8504103.57	176499.516	3470.53	Vivienda
258	8504115.26	176493.618	3469.65	Vivienda
259	8504120.96	176490.811	3469.088	Vivienda
260	8504126.52	176487.746	3468.704	Vivienda
261	8504135.97	176482.569	3467.858	Vivienda
262	8504145.47	176478.637	3467.476	Vivienda
263	8504157.46	176472.743	3466.725	Vivienda
264	8504067.93	176541.852	3502.304	Vivienda
265	8504069.32	176545.335	3502.157	Vivienda
266	8504072.5	176544.933	3502.622	Vivienda
267	8504087.25	176537.547	3499.696	Vivienda
268	8504099.27	176531.809	3500.09	Vivienda
269	8504102.2	176527.812	3498.636	Vivienda
270	8504103.98	176527.181	3498.64	Vivienda
271	8504111.9	176523.807	3498.328	Vivienda
272	8504112.87	176522.957	3498.356	Vivienda
273	8504115.9	176520.721	3497.787	Vivienda
274	8504125.8	176513.095	3496.664	Vivienda
275	8504141.99	176510.604	3496.52	Vivienda
276	8504148.11	176505.796	3492.375	Vivienda
277	8504153.16	176503.855	3492.791	Vivienda
278	8504169.46	176498	3489.151	Vivienda
279	8504177.31	176492.762	3487.359	Vivienda
280	8504182.66	176486.54	3486.618	Vivienda

**Fuente: Elaboración propia**



c) Curvas de nivel y perfiles generados



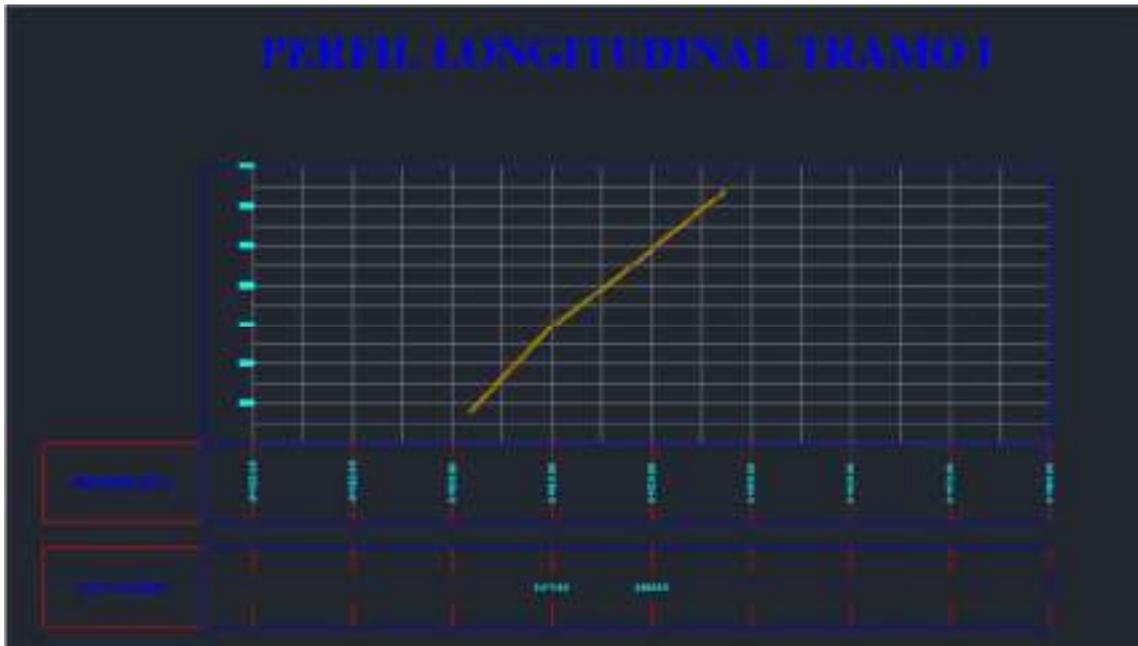
*Figura 59: Curvas de nivel generadas con los puntos del levantamiento topográfico*

**Fuente: Elaboración propia**



*Figura 60: Curvas de nivel geolocalizadas*

**Fuente: Elaboración propia**



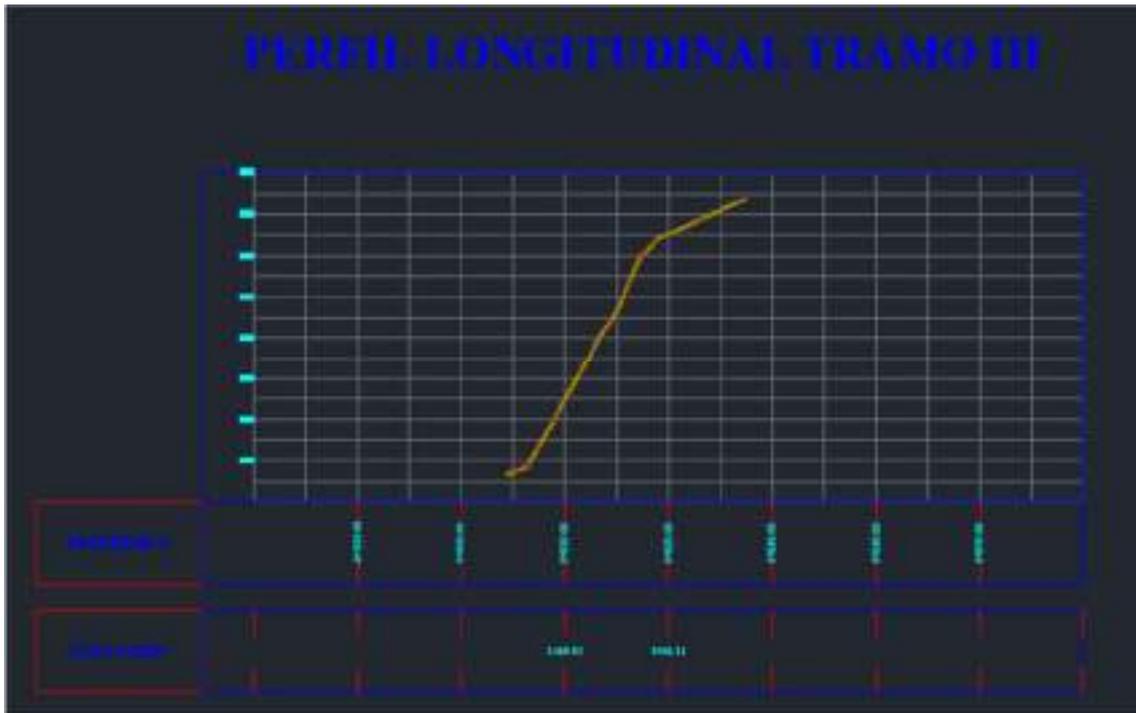
*Figura 61: Perfil longitudinal del Corte I escogido para el análisis del factor de seguridad*

Fuente: Elaboración propia



*Figura 62: Perfil longitudinal del Corte II escogido para el análisis del factor de seguridad*

Fuente: Elaboración propia



*Figura 63: Perfil longitudinal del Corte III escogido para el análisis del factor de seguridad*

**Fuente: Elaboración Propia**

### 3.6.2 Estudio de Infiltración

#### a) Proceso de Calculo

- Primeramente, se pasa el tiempo registrado de segundos a hora, teniendo en cuenta que una hora tiene 3600 segundos.
- Seguidamente se determina la siguiente expresión:

$$2h + R$$

- Para poder determinar el factor de infiltración con la ecuación:

$$f = \frac{R}{2 * (t_2 - t_1)} * \ln \left( \frac{2h_1 + R}{2h_2 + R} \right)$$



b) Tablas obtenidas

Tabla 86

Resultados del Ensayo de Infiltración por el Método de Porchet del Pozo 01

<b>Universidad Andina del Cusco</b> Facultad de Ingeniería y Arquitectura Escuela Profesional de Ingeniería Civil			
Ensayo de Infiltración - Método de Porchet			
Tesis	Influencia de la Topografía, Estudios de Infiltración y Propiedades Mecánicas del Suelo en la Evaluación del Factor de Seguridad del Talud de la margen izquierda de la quebrada Ayahuayco		
Tesisistas	Mijhail Walter Salas Quispe	N° de ensayo:	
	Max Carlos Ynquilupa Pumayalli	Fecha:	29/04/2022
Ubicación:	Margen Izquierda Quebrada Ayahuayco	Pozo:	1

Datos del Pozo	
Altura (cm)	Diámetro (cm)
45	30

Nivel (mm)	Tiempo (seg)	Tiempo (hr)	2h+R (mm)	F (mm/hr)
400	0.0	0	950	0
380	128.0	0.0356	910	90.739797
360	257.0	0.0714	870	94.0843
340	317.0	0.0881	830	211.8038
320	412.0	0.1144	790	140.37941
300	444.0	0.1233	750	438.4103
280	534.0	0.1539	710	134.52931
260	592.0	0.1644	670	412.01471
Promedio				190.2452

Fuente: Elaboración Propia



Tabla 87

Resultados del Ensayo de Infiltración por el Método de Porchet del Pozo 02

<b>Universidad Andina del Cusco</b> Facultad de Ingeniería y Arquitectura Escuela Profesional de Ingeniería Civil			
<b>Ensayo de infiltración - Método de Porchet</b>			
<b>Tesis</b>	Influencia de la Topografía, Estudios de Infiltración y Propiedades Mecánicas del Suelo en la Evaluación del Factor de Seguridad del Talud de la margen izquierda de la quebrada Ayahuayco		
<b>Testistas</b>	Mirhail Walter Salas Quispe	<b>Nº de ensayo:</b>	
	Max Carlos Ynquilupa Pumayalli	<b>Fecha:</b>	29/04/2022
<b>Ubicación:</b>	Margen Izquierda Quebrada Ayahuayco	<b>Pozo</b>	2

<b>Datos del Pozo</b>	
<b>Altura (cm)</b>	<b>Diametro (cm)</b>
45	30

Nivel (mm)	Tiempo (seg)	Tiempo (hr)	Zht-R (mm)	F (mm/hr)
400	0.0	0	950	0
380	112.0	0.0311	910	103.70262
360	270.0	0.0750	870	76.815663
340	360.0	0.1000	830	141.20253
320	410.0	0.1139	790	266.72088
300	495.0	0.1375	750	165.04858
280	523.0	0.1453	710	528.50790
260	574.0	0.1594	670	306.99136
<b>Promedio</b>				<b>198.62371</b>

Fuente: Elaboración Propia



Tabla 88

Resultados del Ensayo de Infiltración por el Método de Porchet del Pozo 03

<b>Universidad Andina del Cusco</b> Facultad de Ingeniería y Arquitectura Escuela Profesional de Ingeniería Civil			
<b>Ensayo de infiltración - Método de Porchet</b>			
<b>Tesis:</b>	Influencia de la Topografía, Estudios de Infiltración y Propiedades Mecánicas del Suelo en la Evaluación del Factor de Seguridad del Talud de la margen izquierda de la quebrada Ayahuayco		
<b>Tesistas:</b>	Mijhaíl Walter Salas Quispe	<b>N° de ensayo:</b>	
	Max Carlos Ynquiltuga Pumavalli	<b>Fecha:</b>	29/04/2022
<b>Ubicación:</b>	Margen Izquierda Quebrada Ayahuayco	<b>Pozo:</b>	3

<b>Datos del Pozo</b>	
<b>Altura (cm)</b>	<b>Diámetro (cm)</b>
45	30

Nivel (mm)	Tiempo (seg)	Tiempo (hr)	2h+R (mm)	F (mm/hr)
400	0.0	0	950	0
380	95.0	0.0264	910	122.25994
360	137.0	0.0436	870	195.75604
340	234.0	0.0650	830	165.04192
320	302.0	0.0839	790	196.11829
300	354.0	0.1011	750	226.27628
280	411.0	0.1142	710	314.85583
260	504.0	0.1400	670	168.3501
<b>Promedio</b>				<b>173.5823</b>

Fuente: Elaboración Propia

### 3.6.3 Ensayo de Contenido de Humedad

#### a) Proceso de calculo

- Primeramente, se obtiene el peso del agua realizando la siguiente operación.

$$P_{agua} = (P_{tara} + \text{suelo humedo}) - (P_{tara} + \text{suelo seco})$$

- El contenido de humedad se obtiene con la siguiente formula:

$$\% \text{ de humedad} = \frac{\text{Peso del agua}}{\text{Peso de la muestra seca}} * 100$$



b) Tablas y gráficos obtenidos

Tabla 89

Resultados obtenidos del ensayo de contenido de humedad de la calicata C - 01

	<b>Universidad Andina del Cusco</b> Facultad de Ingeniería y Arquitectura Escuela Profesional de Ingeniería Civil	
---	---	---

**Ensayo de contenido de humedad**

<b>Tesis</b>	Influencia de la Topografía, Estudios de Infiltración y Propiedades Mecánicas del Suelo en la Evaluación del Factor de Seguridad del Talud de la margen izquierda de la quebrada Ayahuayco		
<b>Tesistas</b>	Mijhail Walter Salas Quispé	N° de ensayo:	1
	Max Carlos Ynquiltupa Pumayali	Fecha:	22/04/2022
<b>Ubicación:</b>	Margen Izquierda Quebrada Ayahuayco	Calicata	C-01

Muestra N°	Muestra 01	Muestra 02	Muestra 03
N° de Recipiente (gr.)			
Peso del Recipiente (gr.)	65	67	66.4
Peso del Recipiente + muestra húmeda (gr.)	335.1	337.3	336.7
Peso del Recipiente + muestra seca (gr.)	316	318.2	317.6
Peso del suelo húmedo (gr.)	270.1	270.3	270.3
Peso del agua (gr.)	19.1	19.1	19.1
Peso de la muestra seca (gr.)	251	251.2	251.2
<b>Contenido de humedad (%)</b>	7.61%	7.60%	7.60%
<b>Promedio</b>	7.61%		



Fuente: Elaboración propia



Tabla 90

Resultados obtenidos del ensayo de contenido de humedad de la calicata C - 02

	<b>Universidad Andina del Cusco</b> <b>Facultad de Ingeniería y Arquitectura</b> <b>Escuela Profesional de Ingeniería Civil</b>	
--	---	--

<b>Ensayo de contenido de humedad</b>
---------------------------------------

<b>Tesis</b>	Influencia de la Topografía, Estudios de Infiltración y Propiedades Mecánicas del Suelo en la Evaluación del Factor de Seguridad del Talud de la margen izquierda de la quebrada Ayahuayco		
<b>Tesistas</b>	Mijhail Walter Salas Quispe	N° de ensayo:	1
	Max Carlos Ynquiltupa Pumayali	Fecha:	22/04/2022
<b>Ubicación:</b>	Margen Izquierda Quebrada Ayahuayco	Calicata	C-02

Muestra N°	Muestra 01	Muestra 02	Muestra 03
N° de Recipiente (gr.)			
Peso del Recipiente (gr.)	67.1	67.2	67.1
Peso del Recipiente + muestra húmeda (gr.)	330	330	330
Peso del Recipiente + muestra seca (gr.)	312	312	312
Peso del suelo húmedo (gr.)	262.9	262.8	263
Peso del agua (gr.)	18	18	18
Peso de la muestra seca (gr.)	244.9	244.8	245
<b>Contenido de humedad (%)</b>	7.35%	7.35%	7.35%
<b>Promedio</b>	7.35%		



Fuente: Elaboración propia



Tabla 91

Resultados obtenidos del ensayo de contenido de humedad de la calicata C - 03

	<b>Universidad Andina del Cusco</b> <b>Facultad de Ingeniería y Arquitectura</b> <b>Escuela Profesional de Ingeniería Civil</b>	
--	---	--

**Ensayo de contenido de humedad**

<b>Tesis</b>	Influencia de la Topografía, Estudios de Infiltración y Propiedades Mecánicas del Suelo en la Evaluación del Factor de Seguridad del Talud de la margen izquierda de la quebrada Ayahuayco		
<b>Tesistas</b>	Mijhail Walter Salas Quispe	N° de ensayo:	1
	Max Carlos Ynquiltupa Pumayali	Fecha:	22/04/2022
<b>Ubicación:</b>	Margen Izquierda Quebrada Ayahuayco	Calicata	C-03

Muestra N°	Muestra 01	Muestra 02	Muestra 03
N° de Recipiente (gr.)			
Peso del Recipiente (gr.)	63.1	63.2	63
Peso del Recipiente + muestra húmeda (gr.)	293	289.8	290.4
Peso del Recipiente + muestra seca (gr.)	282.1	279.1	280.3
Peso del suelo húmedo (gr.)	229.9	226.6	227.4
Peso del agua (gr.)	10.9	10.7	10.1
Peso de la muestra seca (gr.)	219	215.9	217.3
<b>Contenido de humedad (%)</b>	4.98%	4.96%	4.65%
<b>Promedio</b>	4.86%		



Fuente: Elaboración propia



Tabla 92

Resultados obtenidos del ensayo de contenido de humedad de la calicata C - 04

	<b>Universidad Andina del Cusco</b> <b>Facultad de Ingeniería y Arquitectura</b> <b>Escuela Profesional de Ingeniería Civil</b>	
---	---	---

**Ensayo de contenido de humedad**

<b>Tesis</b>	Influencia de la Topografía, Estudios de Infiltración y Propiedades Mecánicas del Suelo en la Evaluación del Factor de Seguridad del Talud de la margen izquierda de la quebrada Ayahuayco		
<b>Tesistas</b>	Mijhail Walter Salas Quispe	Nº de ensayo:	1
	Max Carlos Ynquiltupa Pumayali	Fecha:	22/04/2022
<b>Ubicación:</b>	Margen Izquierda Quebrada Ayahuayco	Calicata	C-04

Muestra Nº	Muestra 01	Muestra 02	Muestra 03
Nº de Recipiente (gr.)			
Peso del Recipiente (gr.)	64	64.2	64.1
Peso del Recipiente + muestra húmeda (gr.)	336	339.3	338.7
Peso del Recipiente + muestra seca (gr.)	330	333.2	332.4
Peso del suelo húmedo (gr.)	272	275.1	274.6
Peso del agua (gr.)	6	6.1	6.3
Peso de la muestra seca (gr.)	266	269	268.3
<b>Contenido de humedad (%)</b>	2.26%	2.27%	2.35%
<b>Promedio</b>	2.29%		



Fuente: Elaboración propia

Tabla 93

Resultados obtenidos del ensayo de contenido de humedad de la calicata C - 05

<b>Universidad Andina del Cusco</b> <b>Facultad de Ingeniería y Arquitectura</b> <b>Escuela Profesional de Ingeniería Civil</b>			
Ensayo de contenido de humedad			
<b>Tesis:</b>	Influencia de la Topografía, Estudios de Infiltración y Propiedades Mecánicas del Suelo en la Evaluación del Factor de Seguridad del Talud de la margen izquierda de la quebrada Ayahuayco		
<b>Tesistas:</b>	Mijhail Walter Salas Quispe	Nº de ensayo:	1
	Max Carlos Ynquiltupa Pumayali	Fecha:	22/04/2022
<b>Ubicación:</b>	Margen Izquierda Quebrada Ayahuayco	Calicata:	C-05

Muestra N°	Muestra 01	Muestra 02	Muestra 03
Nº de Recipiente (gr.)			
Peso del Recipiente (gr.)	63	63.3	63.2
Peso del Recipiente + muestra húmeda (gr.)	399	399.3	399.1
Peso del Recipiente + muestra seca (gr.)	354	354.2	353.9
Peso del suelo húmedo (gr.)	336	336	335.9
Peso del agua (gr.)	45	45.1	45.2
Peso de la muestra seca (gr.)	291	290.9	290.7
<b>Contenido de humedad (%)</b>	<b>15.46%</b>	<b>15.50%</b>	<b>15.55%</b>
<b>Promedio</b>	<b>15.51%</b>		



Fuente: Elaboración propia



Tabla 94

Resultados obtenidos del ensayo de contenido de humedad de la calicata C - 06

	<b>Universidad Andina del Cusco</b> <b>Facultad de Ingeniería y Arquitectura</b> <b>Escuela Profesional de Ingeniería Civil</b>	
--	---	--

**Ensayo de contenido de humedad**

<b>Tesis</b>	Influencia de la Topografía, Estudios de Infiltración y Propiedades Mecánicas del Suelo en la Evaluación del Factor de Seguridad del Talud de la margen izquierda de la quebrada Ayahuayco		
<b>Tesistas</b>	Mijhail Walter Salas Quispé	N° de ensayo:	1
	Max Carlos Ynquiltupa Pumayali	Fecha:	22/04/2022
<b>Ubicación:</b>	Margen Izquierda Quebrada Ayahuayco	Calicata	C-06

Muestra N°	Muestra 01	Muestra 02	Muestra 03
N° de Recipiente (gr.)			
Peso del Recipiente (gr.)	66.3	66.2	66.4
Peso del Recipiente + muestra húmeda (gr.)	267.1	267	267.2
Peso del Recipiente + muestra seca (gr.)	257.2	257.2	257.2
Peso del suelo húmedo (gr.)	200.8	200.8	200.8
Peso del agua (gr.)	9.9	9.8	10
Peso de la muestra seca (gr.)	190.9	191	190.8
<b>Contenido de humedad (%)</b>	5.19%	5.13%	5.24%
<b>Promedio</b>	5.19%		



Fuente: Elaboración propia



Tabla 95

Resultados obtenidos del ensayo de contenido de humedad de la calicata C - 07

	<b>Universidad Andina del Cusco</b> <b>Facultad de Ingeniería y Arquitectura</b> <b>Escuela Profesional de Ingeniería Civil</b>	
---	---	---

**Ensayo de contenido de humedad**

<b>Tesis</b>	Influencia de la Topografía, Estudios de Infiltración y Propiedades Mecánicas del Suelo en la Evaluación del Factor de Seguridad del Talud de la margen izquierda de la quebrada Ayahuayco		
<b>Tesistas</b>	Mijhail Walter Salas Quispe	Nº de ensayo:	1
	Max Carlos Ynquiltupa Pumayali	Fecha:	22/04/2022
<b>Ubicación:</b>	Margen Izquierda Quebrada Ayahuayco	Calicata	C-07

Muestra N°	Muestra 01	Muestra 02	Muestra 03
Nº de Recipiente (gr.)			
Peso del Recipiente (gr.)	62.1	62.3	62.2
Peso del Recipiente + muestra húmeda (gr.)	313	310.2	312.1
Peso del Recipiente + muestra seca (gr.)	289.5	287	288.6
Peso del suelo húmedo (gr.)	250.9	247.9	249.9
Peso del agua (gr.)	23.5	23.2	23.5
Peso de la muestra seca (gr.)	227.4	224.7	226.4
<b>Contenido de humedad (%)</b>	10.33%	10.32%	10.38%
<b>Promedio</b>	10.35%		



Fuente: Elaboración propia



Tabla 96

Resultados obtenidos del ensayo de contenido de humedad de la calicata C - 08

	<b>Universidad Andina del Cusco</b> <b>Facultad de Ingeniería y Arquitectura</b> Escuela Profesional de Ingeniería Civil	
--	--	--

**Ensayo de contenido de humedad**

<b>Tesis</b>	Influencia de la Topografía, Estudios de Infiltración y Propiedades Mecánicas del Suelo en la Evaluación del Factor de Seguridad del Talud de la margen izquierda de la quebrada Ayahuayco		
<b>Tesistas</b>	Mijhail Walter Salas Quispe	N° de ensayo:	1
	Max Carlos Ynquiltupa Pumayali	Fecha:	22/04/2022
<b>Ubicación:</b>	Margen Izquierda Quebrada Ayahuayco	Calicata	C-08

Muestra N°	Muestra 01	Muestra 02	Muestra 03
N° de Recipiente (gr.)			
Peso del Recipiente (gr.)	63.1	63.2	63
Peso del Recipiente + muestra húmeda (gr.)	291	291.3	291.2
Peso del Recipiente + muestra seca (gr.)	263	263.2	263.1
Peso del suelo húmedo (gr.)	227.9	228.1	228.2
Peso del agua (gr.)	28	28.1	28.1
Peso de la muestra seca (gr.)	199.9	200	200.1
<b>Contenido de humedad (%)</b>	14.01%	14.05%	14.04%
<b>Promedio</b>	14.03%		



Fuente: Elaboración propia



### c) Análisis del estudio

Se observa que existe una gran variedad en los resultados de contenido de humedad, lo que demuestra que el suelo del talud de la margen izquierda de la Quebrada Ayahuayco es heterogéneo y presenta zonas con contenidos de humedad altos, y en otras zonas contenidos de humedad bajas.

#### 3.6.4 Análisis granulométrico

##### a) Proceso de calculo

- Se realizo el cálculo del porcentaje retenido en cada tamiz utilizando la siguiente formula:

$$\% \text{ retenido en cada tamiz} = \frac{\text{Peso retenido en el tamiz}}{\text{Peso total de la muestra}} * 100$$

- Próximamente se realiza el cálculo del porcentaje acumulado en cada tamiz.

$$\% r \text{ acumulado} = \% \text{ retenido} + \% \text{ retenido en la malla anterior}$$

- Finalmente obtenemos el % que pasa, con la siguiente expresión:

$$\% \text{ que pasa} = 100\% - \% \text{retenido acumulado.}$$

- Se calcula el coeficiente de uniformidad y coeficiente de curvatura con las siguientes formulas:

$$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}}$$

$$C_c = \frac{D_{30}^2}{D_{60} * D_{10}}$$



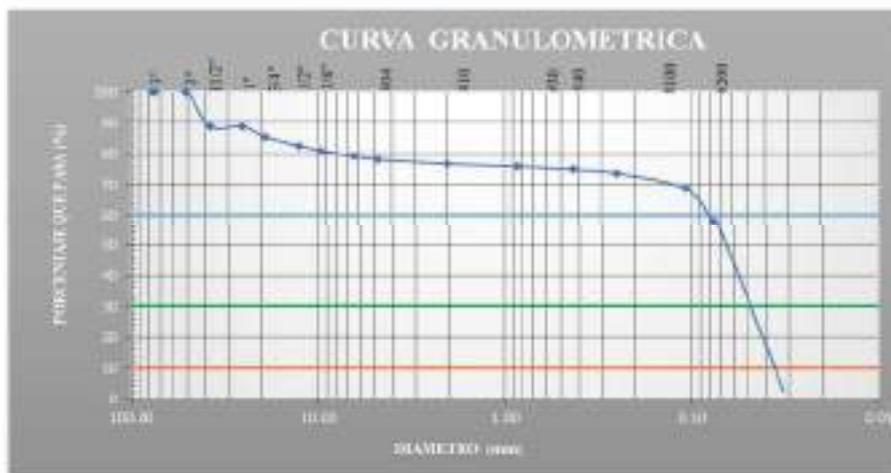
b) Tablas y gráficos obtenidos

Tabla 97

Resultados obtenidos en el ensayo de granulometría de la calicata C - 01

<b>Universidad Andina del Cusco</b> Facultad de Ingeniería y Arquitectura Escuela Profesional de Ingeniería Civil			
Ensayo de Granulometría			
<b>Tema:</b>	Influencia de la Topografía, Estudios de Infiltración y Propiedades Mecánicas del Suelo en la Evaluación del Factor de Seguridad del Talud de la margen izquierda de la quebrada Ayahuazo		
<b>Testista:</b>	Mijail walter Solís Quipe Mar Carlos Yruatapa Parmayall	<b>N° de ensayo:</b>	I
<b>Ubicación:</b>	Margen izquierda Quebrada Ayahuazo	<b>Fecha:</b>	21/04/2022
		<b>Calicata:</b>	C-01
<b>Peso de la muestra inicial</b>		1000	
<b>Peso de la muestra después de lavar</b>		825	
			<b>Clasificación SUCS</b> MI LIMOS INORGANICOS

Abertura del tamiz		Peso retenido	%Retenido	%Retenido acumulado	% Que pasa
Tamiz	mm.				
3"	76.200	0	0.00	0.00	100.00
2 1/2"	75.000	0	0.00	0.00	100.00
2"	50.800	0	0.00	0.00	100.00
1 1/2"	37.500	112.16	11.22	11.22	88.78
1"	25.400	0	0.00	11.22	88.78
3/4"	19.050	33.30	3.36	14.58	85.43
1/2"	12.500	28.08	2.90	17.47	82.53
3/8"	9.530	15.25	1.53	19.00	81.00
1/4"	6.350	18.06	1.81	20.80	79.20
# 4	4.750	10.66	1.07	21.87	78.13
# 10	2.000	14.41	1.44	23.31	76.69
# 20	0.850	8.21	0.82	24.13	75.87
# 40	0.425	10.13	1.01	25.15	74.86
# 60	0.250	13.9	1.39	26.54	73.67
# 100	0.150	40.83	4.08	30.62	69.68
# 200	0.075	106.71	10.67	41.29	58.01
Residuo		580.11	58.01	100.00	0.00
		1000	100.00		



D60	D30	D10	Cu	Cc
0.075	0.25	0.075	2.18765188	0.822568471
GRAVA RETENIDA N°4				
FINO PASA MALLA N° 200				

Fuente: Elaboración propia



Tabla 98

Resultados obtenidos en el ensayo de granulometría de la calicata C - 02

<b>Universidad Andina del Cusco</b> Facultad de Ingeniería y Arquitectura Escuela Profesional de Ingeniería Civil			
<b>Ensayo de Granulometría</b>			
<b>Tesis:</b>	Influencia de la Topografía, Estudios de Infiltración y Propiedades Mecánicas del Suelo en la Evaluación del Factor de Seguridad del Talud de la margen izquierda de la quebrada Ayahuayco		
<b>Testistas:</b>	Mijail walter Salas Quispe Max Carlos Yrquibuna Parrayali	<b>N° de ensayo:</b>	<b>1</b>
<b>Ubicación:</b>	Margen izquierda Quebrada Ayahuayco	<b>Fecha:</b>	22/04/2022
		<b>Calicata:</b>	C-02

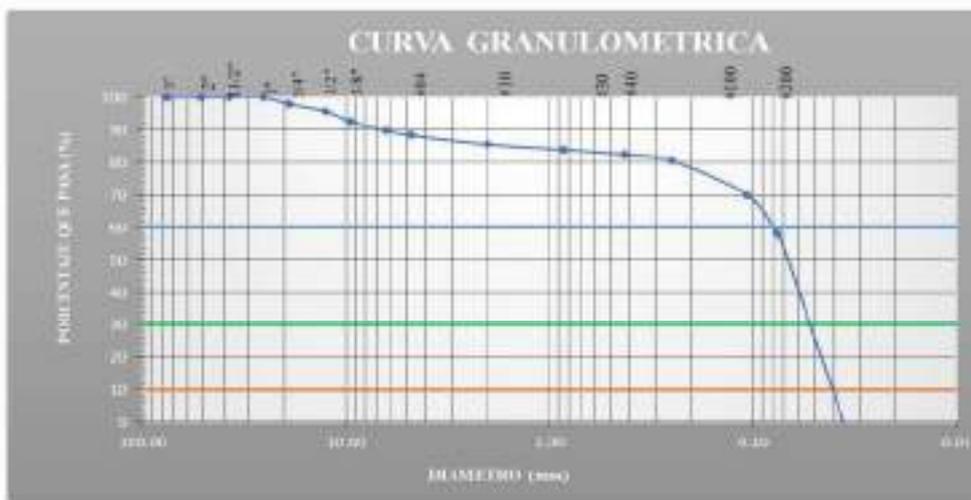
  

<b>Peso de la muestra inicial</b>	1000
<b>Peso de la muestra después de lavar</b>	431

<b>Clasificación SUCS</b>
ME
LÍMCS INORGÁNICOS

Abertura del tamiz		Peso retenido	%Retenido	%Retenido acumulado	% Que pasa
Tamiz	mm.				
3"	75.200	0	0.00	0.00	100.00
2 1/2"	63.500	0	0.00	0.00	100.00
2"	50.800	0	0.00	0.00	100.00
1 1/2"	37.500	0	0.00	0.00	100.00
1"	25.400	0	0.00	0.00	100.00
3/4"	19.050	10.85	1.07	1.07	98.93
1/2"	12.500	22.4	2.24	4.21	97.76
3/8"	9.530	30.1	3.01	7.22	92.78
1/4"	6.350	28.92	2.89	10.11	89.89
# 4	4.750	15.24	1.52	11.63	88.37
# 10	2.000	27.67	2.77	14.40	85.60
# 20	0.830	15.8	1.58	15.98	84.02
# 40	0.425	15.47	1.55	17.53	82.47
# 60	0.250	19.02	1.90	19.43	80.57
# 100	0.150	103.01	10.30	29.73	70.27
# 200	0.075	119.02	11.90	41.63	58.37
Cazuela		581.7	58.17	100.00	0.00
		1000	100.00		



D60	D30	D10	Cu	Cc
0.075	0.052	0.041	1.902439024	0.001
GRAVA RETENIDA N°4				
FINO-PASA MALLA N° 200				

Fuente: Elaboración propia



Tabla 99

Resultados obtenidos en el ensayo de granulometría de la calicata C - 03

		<b>Universidad Andina del Cusco</b> Facultad de Ingeniería y Arquitectura Escuela Profesional de Ingeniería Civil			
<b>Ensayo de Granulometría</b>					
<b>Tesis:</b>	Influencia de la Topografía, Estudios de Infiltración y Propiedades Mecánicas del Suelo en la Evaluación del Factor de Seguridad del Talud de la margen izquierda de la quebrada Ayahuayco				
<b>Tesistas:</b>	Miguel walter Salas Quispe	<b>N° de ensayo:</b>	1		
	Max Carlos Yrquibupa Pumayull	<b>Fecha:</b>	22/04/2022		
<b>Ubicación:</b>	Margen Izquierda Quebrada Ayahuayco	<b>Calicata:</b>	C-03		

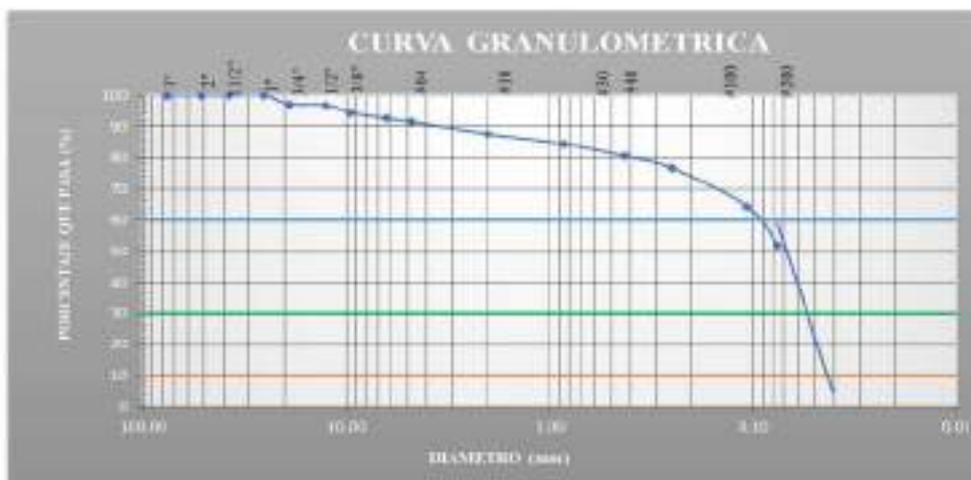
  

<b>Peso de la muestra inicial</b>	700
<b>Peso de la muestra después de lavar</b>	339

<b>Clasificación SUCS:</b>
ML
LÍMITES INORGANICOS

Abertura del tamiz		Peso retenido	%Retenido	%Retenido acumulado	% Que pasa
Tamiz	mm.				
3"	75.200	0	0.00	0.00	100.00
2 1/2"	75.000	0	0.00	0.00	100.00
2"	50.800	0	0.00	0.00	100.00
1 1/2"	37.500	0	0.00	0.00	100.00
1"	25.400	0	0.00	0.00	100.00
3/4"	19.050	20.38	2.91	2.91	97.00
1/2"	12.500	2.48	0.35	3.27	96.73
3/8"	9.530	16.57	2.37	5.63	94.37
1/4"	6.350	12.92	1.85	7.48	92.52
# 4	4.750	8.17	1.16	8.64	91.36
# 10	2.000	27.19	3.88	12.52	87.48
# 20	0.850	21.88	3.13	15.65	84.35
# 40	0.425	27.42	3.92	19.57	80.43
# 60	0.250	26.07	3.72	23.29	76.71
# 100	0.150	86.1	12.30	35.59	64.41
# 200	0.075	86.43	12.35	47.94	52.06
<b>Castilla</b>		<b>364.43</b>	<b>52.06</b>	<b>100.00</b>	<b>0.00</b>
		<b>700</b>	<b>100.00</b>		



D60	D30	D10	Cu	Cc
0.09	0.050	0.045	2	0.85
GRAVA RETENIDA N°4		8.6	%	
FINO PASA MALLA N° 200		52.1	%	

Fuente: Elaboración propia



Tabla 100

Resultados obtenidos en el ensayo de granulometría de la calicata C - 04

<b>Universidad Andina del Cusco</b> Facultad de Ingeniería y Arquitectura Escuela Profesional de Ingeniería Civil			
<b>Ensayo de Granulometría</b>			
<b>Tesis:</b>	Influencia de la Topografía, Estudios de Infiltración y Propiedades Mecánicas del Suelo en la Evaluación del Factor de Seguridad del Talud de la margen izquierda de la quebrada Ayahuayo		
<b>Tesisista:</b>	Mijail walter Salas Quispe Max Carlos Yncahuasi Purnayal	<b>N° de ensayo:</b>	1
<b>Ubicación:</b>	Margen Izquierda Quebrada Ayahuayo	<b>Fecha:</b>	22/04/2022
		<b>Calicata</b>	C-04

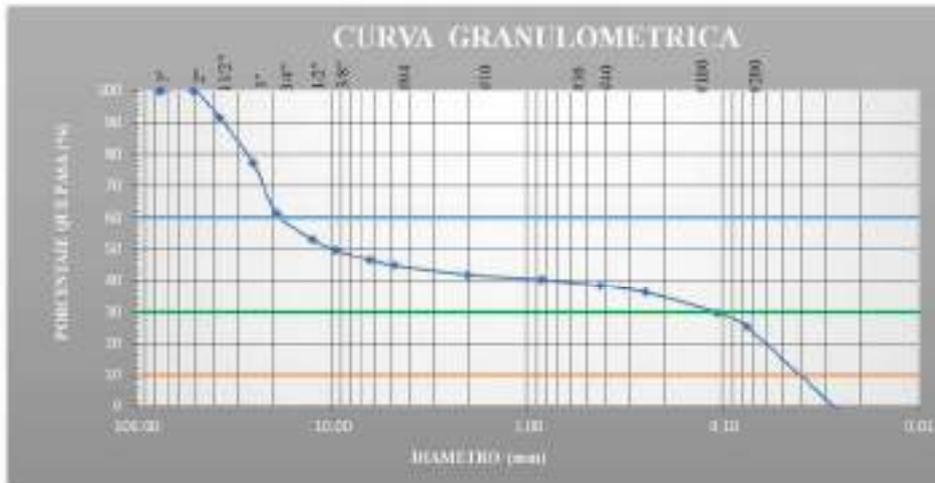
  

<b>Peso de la muestra inicial</b>	1000
<b>Peso de la muestra después de lavar</b>	750

Clasificación SUCS
GM
GRAVAS LIMOSAS

Abertura del tamiz		Peso retenido	%Retenido	%Retenido acumulado	% Que pasa
Tamiz	mm.				
3"	76.200	0	0.00	0.00	100.00
2 1/2"	75.000	0	0.00	0.00	100.00
2"	50.800	0	0.00	0.00	100.00
1 1/2"	37.500	85	8.50	8.50	91.50
1"	25.400	141.29	14.13	22.63	77.37
3/4"	19.050	102.25	10.23	32.85	67.15
1/2"	12.500	84.31	8.43	41.29	58.71
3/8"	9.530	31.09	3.11	44.40	55.60
1/4"	6.350	32.04	3.21	47.61	52.39
# 4	4.750	17.19	1.72	49.33	50.67
# 10	2.000	28.83	2.88	52.21	47.79
# 20	0.850	14.68	1.47	53.68	46.32
# 40	0.425	20.58	2.06	55.74	44.26
# 60	0.250	20.62	2.06	57.80	42.20
# 100	0.150	63.48	6.35	64.15	35.85
# 200	0.075	44.7	4.47	68.62	31.38
Cerrado		257.44	25.74	100.00	0.00
		1000	100.00		



D <sub>60</sub>	D <sub>30</sub>	D <sub>10</sub>	C <sub>u</sub>	C <sub>c</sub>
19	0.11	0.01	175	0.010
GRAVA RETENIDA N°4		55.5	%	
FENO PASA MALLA N° 200		25.2	%	

Fuente: Elaboración propia



Tabla 101

Resultados obtenidos en el ensayo de granulometría de la calicata C - 05

<b>Universidad Andina del Cusco</b> Facultad de Ingeniería y Arquitectura Escuela Profesional de Ingeniería Civil			
<b>Ensayo de Granulometría</b>			
<b>Tesis:</b>	Influencia de la Topografía, Estudios de Infiltración y Propiedades Mecánicas del Suelo en la Evaluación del Factor de Seguridad del Talud de la margen izquierda de la quebrada Ayahuayo		
<b>Teristas:</b>	Mijail walber Salas Quispe	<b>N° de ensayo:</b>	1
	Max Carlos Yngaitupa Purnayali	<b>Fecha:</b>	22/04/2022
<b>Ubicación:</b>	Margen Izquierda Quebrada Ayahuayo	<b>Calicata:</b>	C-05

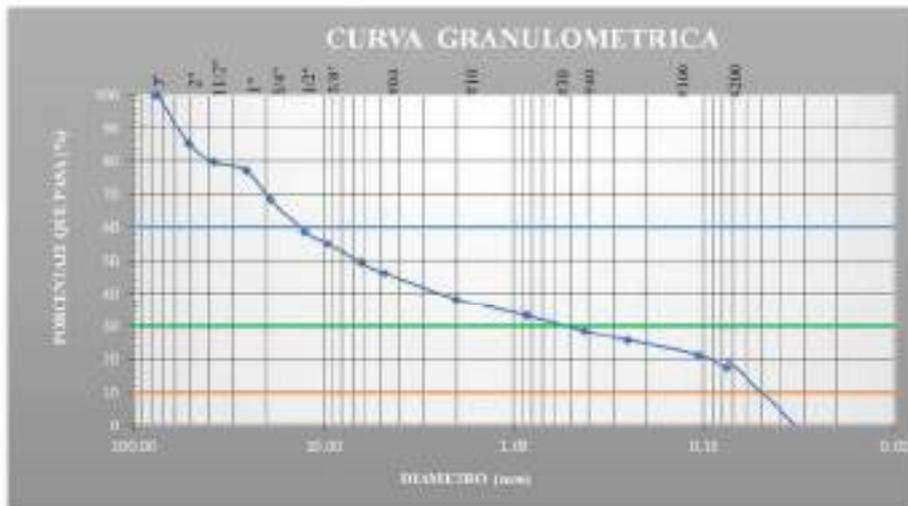
  

Peso de la muestra inicial	1000
Peso de la muestra después de lavar	832

Clasificación SUCS:
GM
GRAYAS LIMOSAS

Abertura del tamiz		Peso retenido	%Retenido	%Retenido acumulado	% Que pasa
Tamiz	mm.				
3"	76.200	0	0.00	0.00	100.00
2 1/2"	75.000	0	0.00	0.00	100.00
2"	50.800	145.94	14.60	14.60	85.40
1 1/2"	37.500	53.85	5.36	20.35	79.65
1"	25.400	25.15	2.52	22.87	77.13
3/4"	19.050	85.48	8.55	31.41	68.59
1/2"	12.500	98.40	9.85	41.26	58.74
1/8"	9.530	35.65	3.56	44.82	55.18
1/4"	6.350	53.60	5.37	50.19	49.81
#4	4.750	33.80	3.38	53.58	46.42
#10	2.000	77.14	7.71	61.29	38.71
#20	0.850	52.48	5.25	66.54	33.46
#40	0.425	45.10	4.51	71.05	28.95
#60	0.250	29.13	2.91	74.37	25.63
#100	0.106	44.35	4.43	78.82	21.18
#200	0.075	40.45	4.05	82.87	17.13
Canselo		171.21	17.13	100.00	0.00
		1000	100.00		



<b>D<sub>60</sub></b>	<b>D<sub>30</sub></b>	<b>D<sub>10</sub></b>	<b>C<sub>u</sub></b>	<b>C<sub>c</sub></b>
1.5	0.5	0.055	272.73	0.30
<b>GRAVA RETENIDA N°4</b>		54	%	
<b>FINO PASA MALLA N° 200</b>		17.1	%	

Fuente: Elaboración propia

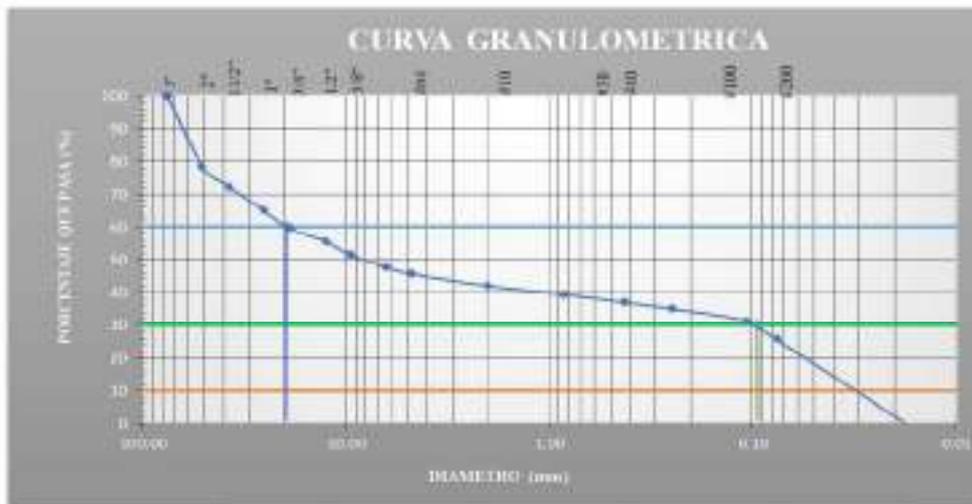


Tabla 102

Resultados obtenidos en el ensayo de granulometría de la calicata C - 06

		<b>Universidad Andina del Cusco</b> Facultad de Ingeniería y Arquitectura Escuela Profesional de Ingeniería Civil			
Ensayo de Granulometría					
Tesis		Influencia de la Topografía, Estudios de Infiltración y Propiedades Mecánicas del Suelo en la Evaluación del Factor de Seguridad del Talud de la margen izquierda de la quebrada Ayshaycco			
Tesis		Mijail walter Salas Quispe	N° de ensayo:	1	
Tesis		Max Carlos Yrupitupa Purrayal	Fecha:	22/04/2022	
Ubicación:		Margen izquierda Quebrada Ayshaycco	Calicata	C-06	
Peso de la muestra inicial			1000		
Peso de la muestra después de lavar			742		
			Clasificación SECS		
			GM		
			GRAVA LÍMOSA		

Abertura del tamiz		Peso retenido	%Retenido	%Retenido acumulado	% Que pasa
Tamiz	mm.				
3"	76.200	0	0.00	0.00	100.00
2 1/2"	63.500	0	0.00	0.00	100.00
2"	50.800	215	21.50	21.50	78.50
1 1/2"	37.500	62	6.20	27.70	72.30
1"	25.400	71.72	7.17	34.87	65.13
3/4"	19.050	53.7	5.37	40.24	59.76
1/2"	12.500	41.74	4.17	44.42	55.58
3/8"	9.530	39.96	4.00	48.41	51.59
1/4"	6.350	37.89	3.79	52.20	47.80
# 4	4.750	20.62	2.06	54.26	45.74
# 10	2.000	36.92	3.69	57.95	42.05
# 20	0.850	29.58	2.96	60.91	39.09
# 40	0.425	24.42	2.44	63.35	36.65
# 60	0.250	19.17	1.92	65.27	34.73
# 100	0.150	37.98	3.80	69.07	30.93
# 200	0.075	52.93	5.29	74.36	25.64
Cazuela	0.00	260.41	26.04	100.00	0.00
		1000	100.00		



D60	D30	D10	Cu	Cc
20	0.04	0.052	625	1.890625
GRAVA RETENIDA N°4		54.3	%	
FINO PASA MALLA N° 200		26	%	

Fuente: Elaboración propia



Tabla 103

Resultados obtenidos en el ensayo de granulometría de la calicata C - 07

<b>Universidad Andina del Cusco</b> Facultad de Ingeniería y Arquitectura Escuela Profesional de Ingeniería Civil			
<b>Ensayo de Granulometría</b>			
<b>Tesis:</b>	Influencia de la Topografía, Estudios de Infiltración y Propiedades Mecánicas del Suelo en la Evaluación del Factor de Seguridad del Talud de la margen izquierda de la quebrada Ayahuayco		
<b>Tesistas:</b>	Mijhail walter Salas Quispe	<b>N° de ensayo:</b>	1
	Max Carlos Incaultupa Purnayali	<b>Fecha:</b>	22/04/2022
<b>Ubicación:</b>	Margen Izquierda Quebrada Ayahuayco	<b>Calicata:</b>	C-07

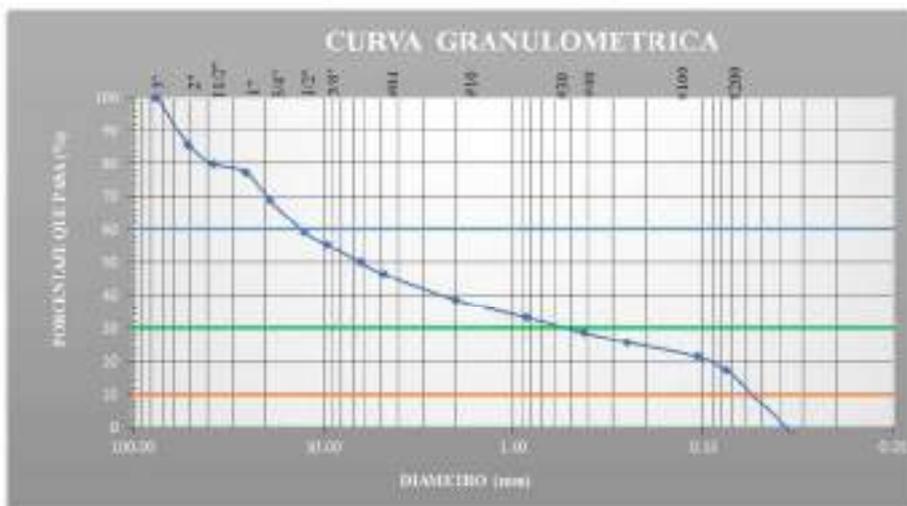
  

Peso de la muestra inicial	1000
Peso de la muestra después de lavar	832

Clasificación SUCS
GM
GRAYAS LIMOSAS

Abertura del tamiz		Peso retenido	%Retenido	%Retenido acumulado	% Que pasa
Tamiz	mm.				
3"	76.200	0	0.00	0.00	100.00
2 1/2"	75.000	0	0.00	0.00	100.00
2"	50.800	142.32	14.23	14.23	85.77
1 1/2"	37.500	60.21	6.02	20.25	79.75
1"	25.400	23.87	2.39	22.64	77.36
3/4"	19.050	84.19	8.42	31.06	68.94
1/2"	12.500	97.82	9.78	40.84	59.16
3/8"	9.530	37.81	3.78	44.62	55.38
1/4"	6.350	53.58	5.36	49.98	50.02
#4	4.750	37.72	3.77	53.75	46.25
#10	2.000	36.83	3.68	61.44	38.56
#20	0.850	54.19	5.42	66.85	33.15
#40	0.425	45.34	4.53	71.37	28.63
#60	0.250	33.22	3.32	74.69	25.31
#100	0.150	42.90	4.29	78.99	21.01
#200	0.075	40.76	4.08	82.77	17.23
Cerosela		172.35	17.24	100.00	0.00
		1050	100.00		



D60	D30	D10	Cu	Cc
15	0.5	0.055	272.73	0.50
GRAYA RETENIDA Nº4		33.75	%	
FINO PASA MALLA Nº 200		17.24	%	

Fuente: Elaboración propia



Tabla 104

Resultados obtenidos en el ensayo de granulometría de la calicata C - 08

<b>Universidad Andina del Cusco</b> Facultad de Ingeniería y Arquitectura Escuela Profesional de Ingeniería Civil			
Ensayo de Granulometría			
<b>Tesis</b>	Influencia de la Topografía, Estudios de Infiltración y Propiedades Mecánicas del Suelo en la Evaluación del Factor de Seguridad del Talud de la margen izquierda de la quebrada Ayahuayco		
<b>Testistas</b>	Mijail walter Solas Quispe Max Carlos Yrequitupa Purnayal	<b>N° de ensayos</b>	<b>1</b>
<b>Ubicación</b>	Margen Izquierda Quebrada Ayahuayco	<b>Fecha:</b>	22/04/2022
		<b>Colección</b>	C-08

<b>Peso de la muestra inicial</b>	1000
<b>Peso de la muestra después de lavar</b>	742

<b>Clasificación SUCS</b>	GM
<b>GRAVA LIMOSA</b>	

Abertura del tamiz		Peso retenido	%Retenido	%Retenido acumulado	% Que pasa
Tamiz	mm.				
3"	76.200	0	0.00	0.00	100.00
2 1/2"	75.000	0	0.00	0.00	100.00
2"	50.800	217.23	21.72	21.72	78.28
1 1/2"	37.500	78.22	7.82	29.55	70.46
1"	25.400	68.2	6.82	36.37	63.64
3/4"	19.050	55.71	5.57	41.94	58.06
1/2"	12.500	40.39	4.04	45.98	54.03
3/8"	9.530	38.87	3.89	49.86	50.14
1/4"	6.350	37.02	3.70	53.62	46.38
# 4	4.750	22.18	2.22	55.84	44.16
# 10	2.000	37.04	3.70	59.55	40.45
# 20	0.850	26.67	2.67	62.21	37.79
# 40	0.425	22.04	2.20	64.41	35.59
# 60	0.250	20.81	2.08	66.50	33.50
# 100	0.150	35.92	3.59	70.10	29.90
# 200	0.075	52.33	5.23	75.33	24.67
Cazuela	0.00	245.87	24.59	100.00	0.00
		1000	100.00		



<b>D60</b>	<b>D30</b>	<b>D10</b>	<b>Cu</b>	<b>Cc</b>
20	0.94	0.032	425	1.380625
<b>GRAVA RETENIDA N°4</b>		55.84	%	
<b>FINO PASA MALLA N° 200</b>		24.59	%	

Fuente: Elaboración propia



### c) Análisis de estudio

Al realizar el ensayo granulométrico se pudo apreciar que en el talud en estudio y al realizar la clasificación del tipo de suelo con los datos obtenidos en el ensayo, existe uniformidad en el tipo de suelo del corte 2 y 3 presentando un suelo grava limosa, mientras que el corte 1 presenta el tipo de suelo limo inorgánico.

### 3.6.5 Límites de Consistencia

#### a) Proceso de calculo

##### Límite liquido

- Para determinar el límite liquido primeramente se debe hallar el contenido de agua utilizado en la muestra usando la siguiente expresión:

$$P_{agua} = (P_{tara} + suelo\ humedo) - (P_{tara} + suelo\ seco)$$

- Posteriormente se obtiene el porcentaje del contenido de humedad:

$$\% de\ humedad = \frac{Peso\ del\ agua}{Peso\ de\ la\ muestra\ seca} * 100$$

- Se realizo el cálculo mencionado con las 4 muestras que fueron ensayados, para generar el grafico Numero de Golpes vs Contenido de humedad. Se realiza una regresión lineal para obtener el contenido de humedad a los 25 golpes. Siendo este valor el límite liquido de la muestra.

##### Límite Plástico

- De la misma manera que en el límite líquido, se determina la cantidad de agua utilizada para formar los bastones de 3 mm.

$$P_{agua} = (P_{tara} + suelo\ humedo) - (P_{tara} + suelo\ seco)$$

- Posteriormente se obtiene el porcentaje del contenido de humedad:

$$\% de\ humedad = \frac{Peso\ del\ agua}{Peso\ de\ la\ muestra\ seca} * 100$$

- Finalmente se saca el promedio de los contenidos de humedad de las 3 muestras utilizadas en el ensayo, siendo este valor el límite plástico de la muestra.



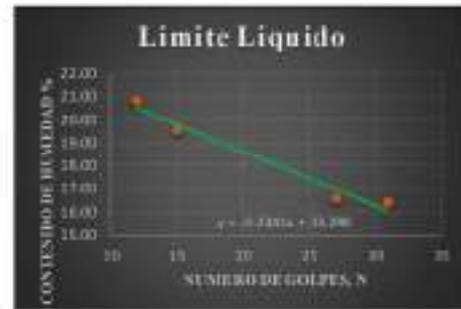
b) Tablas y gráficos obtenidos

Tabla 105

Resultados obtenidos en el ensayo de límites de consistencia de la calicata C - 01

		<b>Universidad Andina del Cusco</b> Facultad de Ingeniería y Arquitectura Escuela Profesional de Ingeniería Civil			
<b>Ensayo de Límites de Consistencia</b>					
<b>Tesis:</b>	Influencia de la Topografía, Estudios de Infiltración y Propiedades Mecánicas del Suelo en la Evaluación del Factor de Seguridad del Talud de la margen izquierda de la quebrada Ayahuayo				
<b>Tesistas:</b>	Mijhael Walter Salas Quispe	<b>N° de ensayo:</b>	1		
	Mari Carlos Ynquiltapa Pumajali	<b>Fecha:</b>	22/04/2022		
<b>Ubicación:</b>	Margen Izquierda Quebrada Ayahuayo	<b>Calicata:</b>	C-01		

Límite Líquido - NTP 339.129					
Pesos	Muestra	1	2	3	4
Peso de la Capsula (gr.)		14.84	15.36	36.4	40.08
Peso de la Capsula + Suelo Humedo (gr.)		24.18	22.44	44.35	49.73
Peso de la Capsula + Suelo Seco (gr.)		22.59	21.25	43.22	48.37
Numero de Golpes		12	15	27	31
Peso del Suelo Seco (gr.)		7.65	6.09	6.82	8.29
Contenido de Humedad (%)		20.78	19.34	16.57	16.41
<b>LIMITE LIQUIDO (%)</b>		<b>17.50 %</b>			



Límite Plástico - NTP 339.129				
Pesos	Muestra	1	2	3
Peso de la Capsula (gr.)		17.12	15.84	14.24
Peso de la Capsula + Suelo Humedo (gr.)		20.59	19.38	18.86
Peso de la Capsula + Suelo Seco (gr.)		20.13	19.43	18.24
Peso del Suelo Seco (gr.)		3.01	3.59	4
Contenido de Humedad (%)		15.28	15.32	15.30
<b>LIMITE PLASTICO (%)</b>		<b>15.37</b>		
<b>INDICE DE PLASTICIDAD (%)</b>		<b>2.13</b>		

Fuente: Elaboración propia



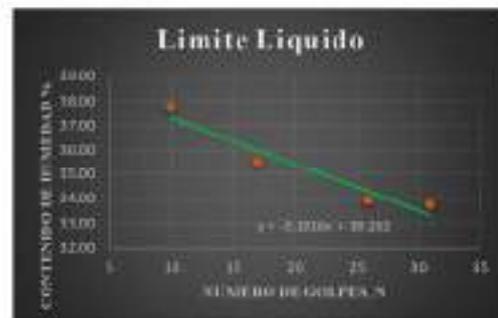
Tabla 106

Resultados obtenidos en el ensayo de límites de consistencia de la calicata C - 02

		<b>Universidad Andina del Cusco</b> Facultad de Ingeniería y Arquitectura Escuela Profesional de Ingeniería Civil			
<b>Ensayo de Límites de Consistencia</b>					
<b>Tesis:</b>	Influencia de la Topografía, Estudios de Infiltración y Propiedades Mecánicas del Suelo en la Evaluación del Factor de Seguridad del Talud de la margen izquierda de la quebrada Ayahuayco				
<b>Tesistas:</b>	Mijhaíl Walter Salas Quispe	<b>N° de ensayo:</b>	1		
	Max Carlos Ynqilupa Pumayali	<b>Fecha:</b>	22/04/2022		
<b>Ubicación:</b>	Margen Izquierda Quebrada Ayahuayco	<b>Calicata:</b>	C-02		

Límite Líquido - NTP 339.129					
Pesos	Muestra	1	2	3	4
Peso de la Capsula (gr.)		14.64	15.67	17.03	15.2
Peso de la Capsula + Suelo Humedo (gr.)		20.66	21.89	22.95	21.62
Peso de la Capsula + Suelo Seco (gr.)		19.01	20.26	21.45	20
Número de Golpes		10	17	26	31
Peso del Suelo Seco (gr.)		4.37	4.59	4.42	4.8
Contenido de Humedad (%)		37.76	35.51	33.94	33.75

<b>LÍMITE LÍQUIDO (%)</b>	<b>54.20</b>	<b>%</b>
---------------------------	--------------	----------



Límite Plástico - NTP 339.129				
Pesos	Muestra	1	2	3
Peso de la Capsula (gr.)		15.25	16.88	37.42
Peso de la Capsula + Suelo Humedo (gr.)		18.47	19.27	40.39
Peso de la Capsula + Suelo Seco (gr.)		17.71	18.7	39.68
Peso del Suelo Seco (gr.)		2.45	1.82	2.26
Contenido de Humedad (%)		30.89	31.72	31.42

<b>LÍMITE PLÁSTICO (%)</b>	<b>31.21</b>
----------------------------	--------------

<b>ÍNDICE DE PLASTICIDAD (%)</b>	<b>2.99</b>
----------------------------------	-------------

Fuente: Elaboración propia

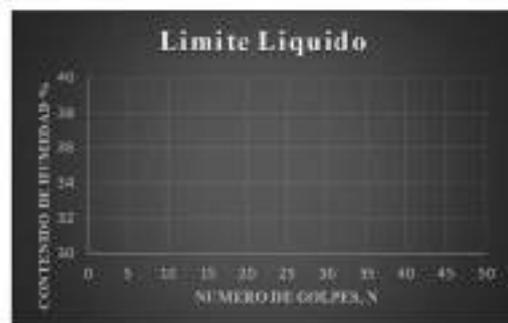


Tabla 107

Resultados obtenidos en el ensayo de límites de consistencia de la calicata C - 03

		<b>Universidad Andina del Cusco</b> Facultad de Ingeniería y Arquitectura Escuela Profesional de Ingeniería Civil			
<b>Ensayo de Límites de Consistencia</b>					
<b>Tesis:</b>	Influencia de la Topografía, Estudios de Infiltración y Propiedades Mecánicas del Suelo en la Evaluación del Factor de Seguridad del Talud de la margen izquierda de la quebrada Ayahuayco				
<b>Tesistas:</b>	Mijhaíl Walter Salas Quispe	<b>N° de ensayo:</b>	<b>1</b>		
	Max Carlos Ynqiltapa Pumayali	<b>Fecha:</b>	22/04/2022		
<b>Ubicación:</b>	Margen izquierda Quebrada Ayahuayco		<b>Calicata:</b>	C-03	

Límite Líquido - NTP 339.129					
Pesos	Muestra	1	2	3	4
Peso de la Capsula (gr.)					
Peso de la Capsula + Suelo Húmedo (gr.)					
Peso de la Capsula + Suelo Seco (gr.)		NP	NP	NP	NP
Número de Golpes					
Peso del Suelo Seco (gr.)					
Contenido de Humedad (%)					
<b>LÍMITE LÍQUIDO (%)</b>		NP	%		



Límite Plástico - NTP 339.129				
Pesos	Muestra	1	2	3
Peso de la Capsula (gr.)				
Peso de la Capsula + Suelo Húmedo (gr.)				
Peso de la Capsula + Suelo Seco (gr.)		NP	NP	NP
Peso del Suelo Seco (gr.)				
Contenido de Humedad (%)				
<b>LÍMITE PLÁSTICO (%)</b>		NP		
<b>ÍNDICE DE PLÁSTICIDAD (%)</b>		NP		

Fuente: Elaboración propia

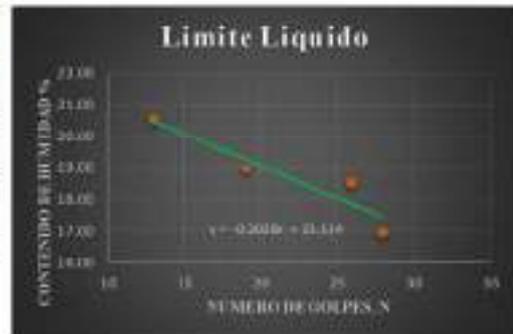


Tabla 108

Resultados obtenidos en el ensayo de límites de consistencia de la calicata C - 04

		<b>Universidad Andina del Cusco</b> Facultad de Ingeniería y Arquitectura Escuela Profesional de Ingeniería Civil			
<b>Ensayo de Límites de Consistencia</b>					
<b>Tesis:</b>	Influencia de la Topografía, Estudios de Infiltración y Propiedades Mecánicas del Suelo en la Evaluación del Factor de Seguridad del Talud de la margen izquierda de la quebrada Ayahuayco				
<b>Testistas:</b>	Mijhaíl Walter Salas Quispe	<b>N° de ensayo:</b>	<b>1</b>		
	Max Carlos Ynquitapa Pumayali	<b>Fecha:</b>	22/04/2022		
<b>Ubicación:</b>	Margen izquierda Quebrada Ayahuayco		<b>Calicata:</b>	C-04	

Límite Líquido - NTP 339.129					
Pesos	Muestra	1	2	3	4
Peso de la Capsula (gr.)		38.72	37.32	35.91	38.81
Peso de la Capsula + Suelo Húmedo (gr.)		46.64	45.34	42.31	46.26
Peso de la Capsula + Suelo Seco (gr.)		45.29	44.86	41.31	45.18
Número de Golpes		13	19	26	28
Peso del Suelo Seco (gr.)		6.57	6.74	5.4	6.57
Contenido de Humedad (%)		20.35	18.49	18.52	16.95
<b>LÍMITE LÍQUIDO (%)</b>		<b>18.00 %</b>			



Límite Plástico - NTP 339.129				
Pesos	Muestra	1	2	3
Peso de la Capsula (gr.)		37.26	36.51	37.49
Peso de la Capsula + Suelo Húmedo (gr.)		41.56	40.8	40.47
Peso de la Capsula + Suelo Seco (gr.)		40.95	40.18	40.04
Peso del Suelo Seco (gr.)		3.69	3.67	2.55
Contenido de Humedad (%)		10.23	10.49	10.80
<b>LÍMITE PLÁSTICO (%)</b>		<b>16.76</b>		
<b>ÍNDICE DE PLÁSTICIDAD (%)</b>		<b>1.24</b>		

Fuente: Elaboración propia

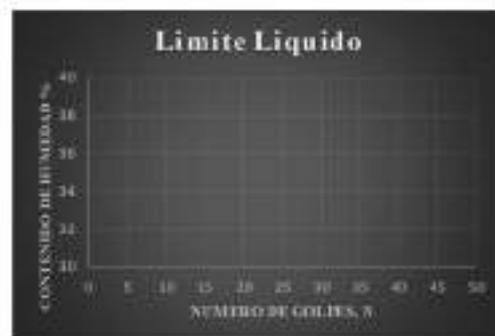


Tabla 109

Resultados obtenidos en el ensayo de límites de consistencia de la calicata C - 05

		<b>Universidad Andina del Cusco</b> Facultad de Ingeniería y Arquitectura Escuela Profesional de Ingeniería Civil			
<b>Ensayo de Límites de Consistencia</b>					
<b>Tesis:</b>	Influencia de la Topografía, Estudios de Infiltración y Propiedades Mecánicas del Suelo en la Evaluación del Factor de Seguridad del Talud de la margen izquierda de la quebrada Ayahuayco				
<b>Tesistas:</b>	Mijhaíl Walter Salas Quispe	<b>N° de ensayo:</b>	<b>1</b>		
	Max Carlos Ynquítapa Pumayali	<b>Fecha:</b>	22/04/2022		
<b>Ubicación:</b>	Margen izquierda Quebrada Ayahuayco		<b>Calicata:</b>	C-05	

Límite Líquido - NTP 339.129					
Pesos	Muestra	1	2	3	4
Peso de la Capsula (gr.)					
Peso de la Capsula + Suelo Húmedo (gr.)					
Peso de la Capsula + Suelo Seco (gr.)		NP	NP	NP	NP
Número de Golpes					
Peso del Suelo Seco (gr.)					
Contenido de Humedad (%)					
<b>LÍMITE LÍQUIDO (%)</b>		NP		%	



Límite Plástico - NTP 339.129				
Pesos	Muestra	1	2	3
Peso de la Capsula (gr.)				
Peso de la Capsula + Suelo Húmedo (gr.)				
Peso de la Capsula + Suelo Seco (gr.)		NP	NP	NP
Peso del Suelo Seco (gr.)				
Contenido de Humedad (%)				
<b>LÍMITE PLÁSTICO (%)</b>		NP		
<b>ÍNDICE DE PLÁSTICIDAD (%)</b>		NP		

Fuente: Elaboración propia

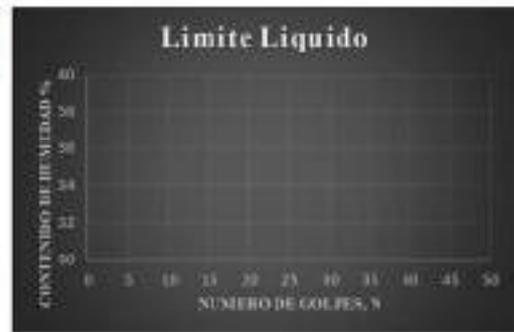


Tabla 110

Resultados obtenidos en el ensayo de límites de consistencia de la calicata C - 06

		<b>Universidad Andina del Cusco</b> Facultad de Ingeniería y Arquitectura Escuela Profesional de Ingeniería Civil			
<b>Ensayo de Límites de Consistencia</b>					
<b>Tesis:</b>	Influencia de la Topografía, Estudios de Infiltración y Propiedades Mecánicas del Suelo en la Evaluación del Factor de Seguridad del Talud de la margen izquierda de la quebrada Ayahuayco				
<b>Tesistas:</b>	Mijhaíl Walter Salas Quispe	<b>N° de ensayo:</b>	<b>1</b>		
	Max Carlos Ynqiltapa Pumayali	<b>Fecha:</b>	22/04/2022		
<b>Ubicación:</b>	Margen izquierda Quebrada Ayahuayco		<b>Calicata:</b>	C-06	

Límite Líquido - NTP 339.129					
Pesos	Muestra	1	2	3	4
Peso de la Capsula (gr.)					
Peso de la Capsula + Suelo Húmedo (gr.)					
Peso de la Capsula + Suelo Seco (gr.)		NP	NP	NP	NP
Número de Golpes					
Peso del Suelo Seco (gr.)					
Contenido de Humedad (%)					
<b>LÍMITE LÍQUIDO (%)</b>		NP	%		



Límite Plástico - NTP 339.129				
Pesos	Muestra	1	2	3
Peso de la Capsula (gr.)				
Peso de la Capsula + Suelo Húmedo (gr.)				
Peso de la Capsula + Suelo Seco (gr.)		NP	NP	NP
Peso del Suelo Seco (gr.)				
Contenido de Humedad (%)				
<b>LÍMITE PLÁSTICO (%)</b>		NP		
<b>ÍNDICE DE PLÁSTICIDAD (%)</b>		NP		

Fuente: Elaboración propia

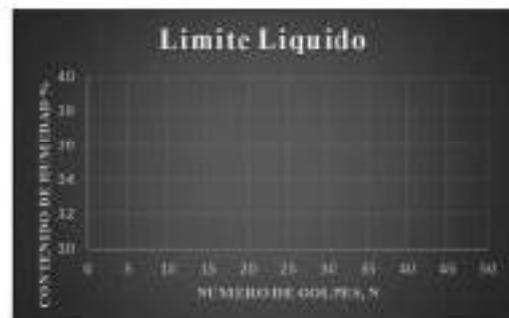


Tabla 111

Resultados obtenidos en el ensayo de límites de consistencia de la calicata C - 07

		<b>Universidad Andina del Cusco</b> Facultad de Ingeniería y Arquitectura Escuela Profesional de Ingeniería Civil			
<b>Ensayo de Límites de Consistencia</b>					
<b>Tesis:</b>	Influencia de la Topografía, Estudios de Infiltración y Propiedades Mecánicas del Suelo en la Evaluación del Factor de Seguridad del Talud de la margen izquierda de la quebrada Ayahuayco				
<b>Tesistas:</b>	Mijhaíl Walter Salas Quispe	<b>N° de ensayo:</b>	<b>1</b>		
	Max Carlos Ynqiltapa Pumayali	<b>Fecha:</b>	22/04/2022		
<b>Ubicación:</b>	Margen izquierda Quebrada Ayahuayco		<b>Calicata:</b>	C-07	

Límite Líquido - NTP 339.129					
Pesos	Muestra	1	2	3	4
Peso de la Capsula (gr.)					
Peso de la Capsula + Suelo Humedo (gr.)					
Peso de la Capsula + Suelo Seco (gr.)		NP	NP	NP	NP
Número de Golpes					
Peso del Suelo Seco (gr.)					
Contenido de Humedad (%)					
<b>LÍMITE LÍQUIDO (%)</b>		NP	%		



Límite Plástico - NTP 339.129				
Pesos	Muestra	1	2	3
Peso de la Capsula (gr.)				
Peso de la Capsula + Suelo Humedo (gr.)				
Peso de la Capsula + Suelo Seco (gr.)		NP	NP	NP
Peso del Suelo Seco (gr.)				
Contenido de Humedad (%)				
<b>LÍMITE PLÁSTICO (%)</b>		NP		
<b>ÍNDICE DE PLÁSTICIDAD (%)</b>		NP		

Fuente: Elaboración propia

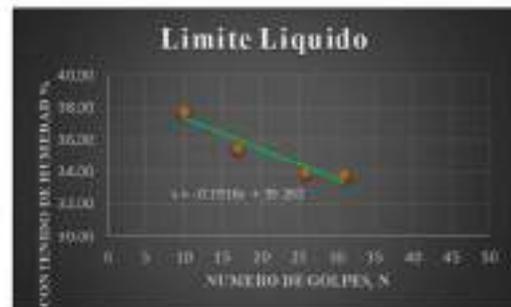


Tabla 112

Resultados obtenidos en el ensayo de límites de consistencia de la calicata C - 08

		<b>Universidad Andina del Cusco</b> Facultad de Ingeniería y Arquitectura Escuela Profesional de Ingeniería Civil			
<b>Ensayo de Límites de Consistencia</b>					
<b>Tesis:</b>	Influencia de la Topografía, Estudios de Infiltración y Propiedades Mecánicas del Suelo en la Evaluación del Factor de Seguridad del Talud de la margen izquierda de la quebrada Ayahuayco				
<b>Tesistas:</b>	Mijhaíl Walter Salas Quispe	<b>N° de ensayo:</b>	1		
	Mar Carlos Inquilipata Pumayalli	<b>Fecha:</b>	12/04/2022		
<b>Ubicación:</b>	Margen izquierda Quebrada Ayahuayco	<b>Calicata:</b>	C-08		

Límite Líquido - NTP 339.129					
Pesos	Muestra	1	2	3	4
Peso de la Capsula (gr.)		14.64	15.67	17.05	15.2
Peso de la Capsula + Suelo Humedo (gr.)		20.66	21.89	22.95	21.62
Peso de la Capsula + Suelo Seco (gr.)		19.81	20.26	21.45	20
Número de Golpes		10	17	26	31
Peso del Suelo Seco (gr.)		4.37	4.59	4.42	4.8
Contenido de Humedad (%)		37.76	35.51	33.94	33.75
<b>LÍMITE LÍQUIDO (%)</b>		<b>34.40 %</b>			



Límite Plástico - NTP 339.129				
Pesos	Muestra	1	2	3
Peso de la Capsula (gr.)		15.25	16.88	37.42
Peso de la Capsula + Suelo Humedo (gr.)		18.47	19.27	40.39
Peso de la Capsula + Suelo Seco (gr.)		17.71	18.7	39.68
Peso del Suelo Seco (gr.)		2.46	1.82	2.26
Contenido de Humedad (%)		30.89	31.32	31.42
<b>LÍMITE PLÁSTICO (%)</b>		<b>31.21</b>		
<b>ÍNDICE DE PLÁSTICIDAD (%)</b>		<b>3.19</b>		

Fuente: Elaboración propia

### c) Análisis de Estudio

Se pudo evidenciar que el límite plástico y límite líquido presente en el talud de la margen izquierda de la quebrada Ayahuayco, varía en los diferentes puntos donde se realizaron la extracción de muestras, mostrando que el suelo presenta características plásticas heterogéneas en todo el talud.



### 3.6.6 Ensayo de Corte directo

#### a) Proceso de calculo

- Primeramente, se procede a determinar el área de corte de la muestra usando la expresión:

$$\text{Area de molde} = \pi * R^2$$

- Se realizaron 3 ensayos por cada muestra considerando diferentes valores de esfuerzos normales, dichos esfuerzos se determinaron de la sgte manera:

$$\text{Esfuerzo normal} = \frac{\text{Carga normal}}{\text{Area del molde}}$$

- Se procedió a generar los gráficos con los datos anotados de los deformímetros durante los ensayos, para poder determinar el esfuerzo cortante máximo que podía soportar la muestra.
- Finalmente se determinó el ángulo de fricción y la cohesión correspondiente a cada tipo de suelo.



b) Tablas y gráficos obtenidos

Tabla 113

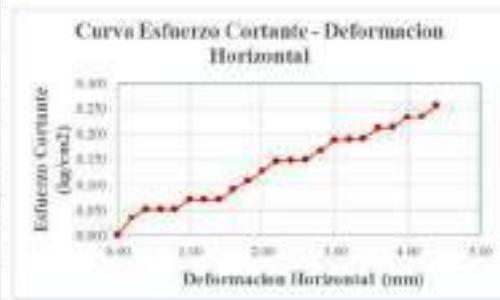
Resultados obtenidos en el ensayo de corte directo con una carga normal de 15 kg de la calicata C - 01

Universidad Andina del Cusco Facultad de Ingeniería y Arquitectura Escuela Profesional de Ingeniería Civil	
Ensayo de Corte Directo	
<b>Tesis:</b>	Influencia de la Topografía, Estudios de Infiltración y Propiedades Mecánicas del Suelo en la Evaluación del Factor de Seguridad del Talud de la margen izquierda de la quebrada Ayahuarico
<b>Testista:</b>	Miguel Walter Salas Quiroga
<b>Urbicación:</b>	Margen Izquierda Quebrada Ayahuarico
<b>N° de ensayo:</b>	1
<b>Fecha:</b>	25/04/2022
<b>Calicata:</b>	C-01

IDPO	Cargar	Med
Diámetro	6.130	cm
Area	29.513	cm <sup>2</sup>
Altura	2.000	cm
Volumen	59.026	cm <sup>3</sup>

Carga Normal (kg)	15
Esfuerzo normal (kg/cm <sup>2</sup> )	0.5083

Lectura Deformación Horizontal	Desplaz Horizontal (mm)	Fuerza Cortante (kg)	Area Cortaguda (cm <sup>2</sup> )	Esfuerzo Cortante (kg/cm <sup>2</sup> )
0	0.00	0.00	29.513	0.000
20	0.20	1.00	29.321	0.034
40	0.40	1.50	28.129	0.051
60	0.60	1.50	28.938	0.052
80	0.80	1.50	28.748	0.052
100	1.00	2.00	28.558	0.070
120	1.20	2.00	28.369	0.070
140	1.40	2.00	28.18	0.071
160	1.60	2.50	27.992	0.089
180	1.80	3.00	27.805	0.108
200	2.00	3.50	27.619	0.127
220	2.20	4.00	27.433	0.146
240	2.40	4.00	27.247	0.147
260	2.60	4.00	27.062	0.148
280	2.80	4.50	26.878	0.167
300	3.00	5.00	26.695	0.187
320	3.20	5.00	26.512	0.189
340	3.40	5.00	26.33	0.190
360	3.60	5.50	26.148	0.210
380	3.80	5.50	25.967	0.212
400	4.00	6.00	25.787	0.233
420	4.20	6.00	25.607	0.234
440	4.40	6.50	25.428	0.255
		<b>Max =</b>		<b>0.256</b>



Fuente: Elaboración propia



Tabla 114

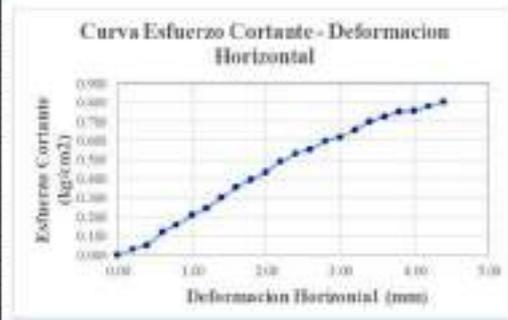
Resultados obtenidos en el ensayo de corte directo con una carga normal de 30 kg de la calicata C - 01

<b>Universidad Andina del Cusco</b> Facultad de Ingeniería y Arquitectura Escuela Profesional de Ingeniería Civil			
Ensayo de Corte Directo			
<b>Tesis:</b>	Influencia de la Topografía, Estudios de Infiltración y Propiedades Mecánicas del Suelo en la Evaluación del Factor de Seguridad del Talud de la margen izquierda de la quebrada Ayubayaco		
<b>Testado:</b>	Miguel Walter Salas Quispe	<b>N° de ensayo:</b>	1
<b>Ubicación:</b>	Msc Carlos Yucathay Pumavili	<b>Fecha:</b>	25-04-2022
	Yungas Ingieri Quebrada Ayubayaco	<b>Calicata:</b>	C-01

TIPO	Circular	Unid.
Diámetro	6.15cm	
Área	29.513cm <sup>2</sup>	
Altura	2cm	
Volumen	59.0257cm <sup>3</sup>	

Carga Normal (kg)	30
Esfuerzo normal (kg/cm <sup>2</sup> )	1.0165

Leitura Deformim. Horizontal	Desplaz. Horizontal (mm)	Fuerza Cortante (kg)	Área Corregida (cm <sup>2</sup> )	Esfuerzo Cortante (kg/cm <sup>2</sup> )
0	0.00	0.00	29.513	0.000
20	0.20	1.00	29.321	0.034
40	0.40	1.50	29.129	0.051
60	0.60	3.50	28.938	0.121
80	0.80	4.50	28.748	0.157
100	1.00	6.00	28.558	0.210
120	1.20	7.00	28.369	0.247
140	1.40	8.50	28.18	0.302
160	1.60	10.00	27.992	0.357
180	1.80	11.00	27.805	0.399
200	2.00	12.00	27.619	0.434
220	2.20	13.50	27.433	0.492
240	2.40	14.50	27.247	0.532
260	2.60	15.00	27.062	0.554
280	2.80	16.00	26.878	0.595
300	3.00	16.50	26.695	0.619
320	3.20	17.50	26.512	0.660
340	3.40	18.50	26.33	0.703
360	3.60	19.00	26.148	0.727
380	3.80	19.50	25.967	0.751
400	4.00	19.50	25.787	0.756
420	4.20	20.00	25.607	0.781
440	4.40	20.50	25.428	0.806
		N <sub>cr</sub> =		0.806



Fuente: Elaboración propia



Tabla 115

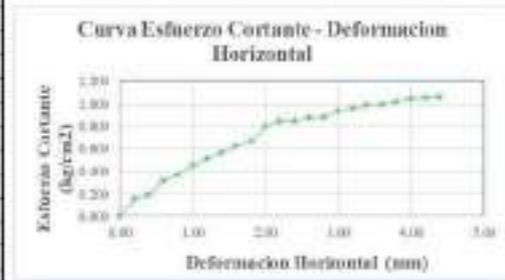
Resultados obtenidos en el ensayo de corte directo con una carga normal de 60 kg de la calicata C - 01

<b>Universidad Andina del Cusco</b> Facultad de Ingeniería y Arquitectura Escuela Profesional de Ingeniería Civil			
Ensayo de Corte Directo			
<b>Tesis:</b>	Influencia de la Topografía, Estudios de Infiltración y Propiedades Mecánicas del Suelo en la Evaluación del Factor de Seguridad del Talud de la margen izquierda de la quebrada Ayahuayco		
<b>Testista:</b>	Miguel Wilber Salas Quispe	<b>N° de ensayo:</b>	1
	Max Carlos Yagupita Paracalli	<b>Fecha:</b>	23/04/2022
<b>Ubicación:</b>	Margen izquierda Quebrada Ayahuayco	<b>Calicata:</b>	C-01

TIPO	Circular	Recta
Diámetro	6.15 cm	
Área	29.512 cm <sup>2</sup>	
Alto	2 cm	
Volumen	59.0257 cm <sup>3</sup>	

Carga Normal (kg)	60
Esfuerzo normal (kg/cm <sup>2</sup> )	2.033

Lectura Deformim. Horizontal	Desplaz. Horizontal (mm)	Fuerza Cortante (kg)	Área Corregida (cm <sup>2</sup> )	Esfuerzo Cortante (kg/cm <sup>2</sup> )
0	0.00	0.00	29.512	0.000
20	0.20	4.50	29.321	0.153
40	0.40	5.50	29.129	0.189
60	0.60	9.90	28.938	0.311
80	0.80	10.50	28.748	0.365
100	1.00	13.00	28.558	0.455
120	1.20	14.50	28.369	0.511
140	1.40	16.00	28.18	0.568
160	1.60	17.50	27.992	0.625
180	1.80	18.50	27.805	0.665
200	2.00	22.00	27.619	0.797
220	2.20	23.00	27.433	0.838
240	2.40	23.00	27.247	0.844
260	2.60	23.50	27.062	0.868
280	2.80	23.50	26.878	0.874
300	3.00	25.00	26.695	0.937
320	3.20	25.50	26.512	0.962
340	3.40	26.00	26.33	0.987
360	3.60	26.00	26.148	0.994
380	3.80	26.50	25.967	1.021
400	4.00	27.00	25.787	1.047
420	4.20	27.00	25.607	1.054
440	4.40	27.00	25.428	1.062
		<b>Max =</b>		<b>1.062</b>



Fuente: Elaboración propia



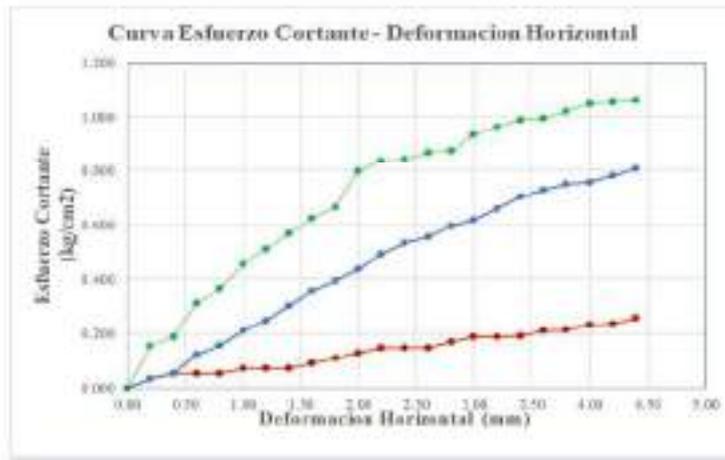
Tabla 116

Determinación del ángulo de fricción y cohesión del suelo de la calicata C - 01

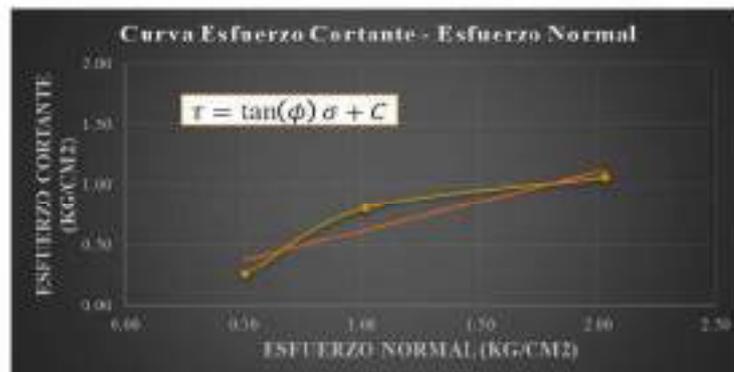
<b>Universidad Andina del Cusco</b> Facultad de Ingeniería y Arquitectura Escuela Profesional de Ingeniería Civil			
Ensayo de Corte Directo			
<b>Tesis</b>	Influencia de la Topografía, Estudios de Infiltración y Propiedades Mecánicas del Suelo en la Evaluación del Factor de Seguridad del Talud de la margen izquierda de la quebrada Ayahuayco		
<b>Tesistas</b>	Mijail Walter Salas Quispe	<b>N° de ensayo</b>	1
	Más Carlos Yuzaitupu Panayvili	<b>Fecha</b>	25/04/2022
<b>Ubicación:</b>	Margen Izquierda Quebrada Ayahuayco	<b>Calicata</b>	C-01

TIPO	Circular	Uso
Diámetro	6.130	cm
Área	29.513	cm <sup>2</sup>
Altura	2.000	cm
Volumen	59.026	cm <sup>3</sup>

Carga Normal (Kg)	15	30	60	kg/cm <sup>2</sup>
Esfuerzo normal (Kg/cm <sup>2</sup> )	0.5083	1.0165	2.033	kg/cm <sup>2</sup>



Muestra	1	2	3
Esfuerzo Cortante T (kg/cm <sup>2</sup> )	0.2556	0.8062	1.0618
Esfuerzo Normal σ (kg/cm <sup>2</sup> )	0.508	1.017	2.033



<b>Ángulo de Fricción Interna (φ)</b>	<b>26.92</b>
<b>Cohesión C (Kg/cm<sup>2</sup>)</b>	<b>0.1520</b>
<b>Cohesión C (KN/m<sup>2</sup>)</b>	<b>14.9060</b>

Fuente: Elaboración propia



Tabla 117

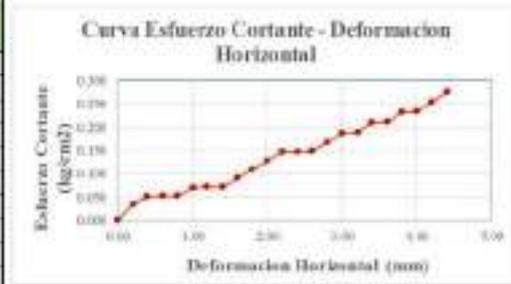
Resultados obtenidos en el ensayo de corte directo con una carga normal de 15 kg de la calicata C - 02

<b>Universidad Andina del Cusco</b> Facultad de Ingeniería y Arquitectura Escuela Profesional de Ingeniería Civil			
Ensayo de Corte Directo			
<b>Tesis:</b>	Influencia de la Topografía, Estudios de Infiltración y Propiedades Mecánicas del Suelo en la Evaluación del Factor de Seguridad del Talud de la margen izquierda de la quebrada Ayshimayoc		
<b>Testista:</b>	Miguel Víctor Salas Quiroz	<b>N.º de ensayo:</b>	1
<b>Ubicación:</b>	Mdo. Carlos Yacobiago Patayalli	<b>Fecha:</b>	25/04/2022
	Margen izquierda Quebrada Ayshimayoc	<b>Calicata:</b>	C-02

TIPO	Circunferencia	Área
Diámetro	6.12 cm	
Área	29.513 cm <sup>2</sup>	
Altura	2 cm	
Volumen	59.0257 cm <sup>3</sup>	

Carga Normal (kg)	15
Esfuerzo normal (kg/cm <sup>2</sup> )	0.5083

Lectura Deformim. Horizontal	Desplaz. Horizontal (mm)	Fuerza Cortante (kg)	Área Corregida (cm <sup>2</sup> )	Esfuerzo Cortante (kg/cm <sup>2</sup> )
0	0.00	0.00	29.513	0.000
20	0.20	1.00	29.321	0.034
40	0.40	1.50	29.129	0.051
60	0.60	1.50	28.938	0.052
80	0.80	1.50	28.748	0.052
100	1.00	2.00	28.558	0.070
120	1.20	2.00	28.369	0.070
140	1.40	2.00	28.18	0.071
160	1.60	2.50	27.992	0.089
180	1.80	3.00	27.805	0.108
200	2.00	3.50	27.619	0.127
220	2.20	4.00	27.433	0.146
240	2.40	4.00	27.247	0.147
260	2.60	4.00	27.062	0.148
280	2.80	4.50	26.878	0.167
300	3.00	5.00	26.695	0.187
320	3.20	5.00	26.512	0.189
340	3.40	5.50	26.33	0.209
360	3.60	5.50	26.148	0.210
380	3.80	6.00	25.967	0.231
400	4.00	6.00	25.787	0.233
420	4.20	6.50	25.607	0.254
440	4.40	7.00	25.428	0.275
		<b>Max =</b>		<b>0.275</b>



Fuente: Elaboración propia



Tabla 118

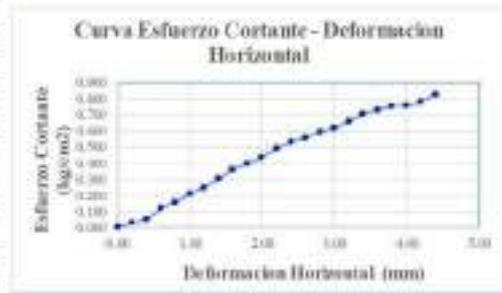
Resultados obtenidos en el ensayo de corte directo con una carga normal de 30 kg de la calicata C - 02

<b>Universidad Andina del Cusco</b> Facultad de Ingeniería y Arquitectura Escuela Profesional de Ingeniería Civil			
Ensayo de Corte Directo			
<b>Tesis:</b>	Influencia de la Topografía, Estudios de Infiltración y Propiedades Mecánicas del Suelo en la Evaluación del Factor de Seguridad del Talud de la margen izquierda de la quebrada Ayubayaco		
<b>Testeador:</b>	Miguel Walter Salas Quispe	<b>N° de ensayo:</b>	1
<b>Ubicación:</b>	Msc Carlos Yzaguirre Pizarro	<b>Fecha:</b>	25-04-2022
	Yungas Ingieri Quebrada Ayubayaco	<b>Calicata:</b>	C-02

TIPO	Circular	Unid.
Diámetro	6.15cm	
Área	29.513cm <sup>2</sup>	
Altura	2cm	
Volumen	59.0257cm <sup>3</sup>	

Carga Normal (kg)	30
Esfuerzo normal (kg/cm <sup>2</sup> )	1.0165

Lectura Deformim. Horizontal	Desplaz. Horizontal (mm)	Fuerza Cortante (kg)	Área Corregida (cm <sup>2</sup> )	Esfuerzo Cortante (kg/cm <sup>2</sup> )
0	0.00	0.00	29.513	0.000
20	0.20	1.00	29.321	0.034
40	0.40	1.50	29.129	0.051
60	0.60	3.50	28.938	0.121
80	0.80	4.50	28.746	0.157
100	1.00	6.00	28.554	0.210
120	1.20	7.00	28.369	0.247
140	1.40	8.50	28.18	0.302
160	1.60	10.00	27.992	0.357
180	1.80	11.00	27.805	0.399
200	2.00	12.00	27.619	0.434
220	2.20	13.50	27.433	0.492
240	2.40	14.50	27.247	0.532
260	2.60	15.00	27.062	0.554
280	2.80	16.00	26.878	0.595
300	3.00	16.50	26.695	0.619
320	3.20	17.50	26.512	0.660
340	3.40	18.50	26.33	0.703
360	3.60	19.00	26.148	0.727
380	3.80	19.50	25.967	0.751
400	4.00	19.50	25.787	0.756
420	4.20	20.00	25.607	0.781
440	4.40	21.00	25.428	0.826
		<b>Neta =</b>		<b>0.826</b>



Fuente: Elaboración propia



Tabla 119

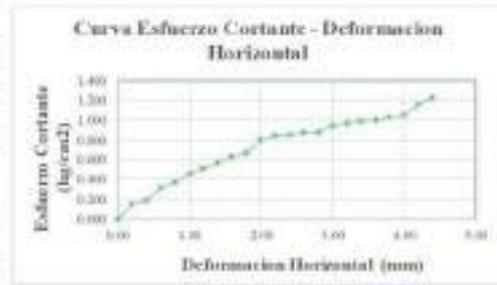
Resultados obtenidos en el ensayo de corte directo con una carga normal de 60 kg de la calicata C - 02

<b>Universidad Andina del Cusco</b> Facultad de Ingeniería y Arquitectura Escuela Profesional de Ingeniería Civil			
Ensayo de Corte Directo			
<b>Tesis:</b>	Influencia de la Topografía, Estudios de Infiltración y Propiedades Mecánicas del Suelo en la Evaluación del Factor de Seguridad del Talud de la margen izquierda de la quebrada Ayubayaco		
<b>Testeador:</b>	Miguel Walter Salas Quiroz	<b>N° de ensayo:</b>	1
<b>Ubicación:</b>	Msc Carlos Yzagüey Pizarro	<b>Fecha:</b>	25-04-2022
	Yungas Ingenuo Quebrada Ayubayaco	<b>Calicata:</b>	C-02

TIPO	Circunferencia	Área
Diámetro	6.15 cm	
Área	29.513 cm <sup>2</sup>	
Altura	2 cm	
Volumen	59.0257 cm <sup>3</sup>	

Carga Normal (kg)	60
Esfuerzo normal (kg/cm <sup>2</sup> )	2.031

Lectura Deformim. Horizontal	Desplaz. Horizontal (mm)	Fuerza Cortante (kg)	Área Corregida (cm <sup>2</sup> )	Esfuerzo Cortante (kg/cm <sup>2</sup> )
0	0.00	0.00	29.513	0.000
20	0.20	4.50	29.321	0.153
40	0.40	5.50	29.129	0.189
60	0.60	9.00	28.938	0.311
80	0.80	10.50	28.748	0.365
100	1.00	13.00	28.558	0.455
120	1.20	14.50	28.369	0.511
140	1.40	16.00	28.18	0.568
160	1.60	17.50	27.992	0.625
180	1.80	18.50	27.805	0.665
200	2.00	22.00	27.619	0.797
220	2.20	23.00	27.433	0.838
240	2.40	23.00	27.247	0.844
260	2.60	23.50	27.062	0.868
280	2.80	23.50	26.878	0.874
300	3.00	25.00	26.695	0.937
320	3.20	25.50	26.512	0.962
340	3.40	26.00	26.33	0.987
360	3.60	26.00	26.148	0.994
380	3.80	26.50	25.967	1.021
400	4.00	27.00	25.787	1.047
420	4.20	29.50	25.607	1.152
440	4.40	31.00	25.428	1.219
			<b>Nivel</b>	<b>1.219</b>



Fuente: Elaboración propia



Tabla 120

Determinación del ángulo de fricción y cohesión del suelo de la calicata C - 02

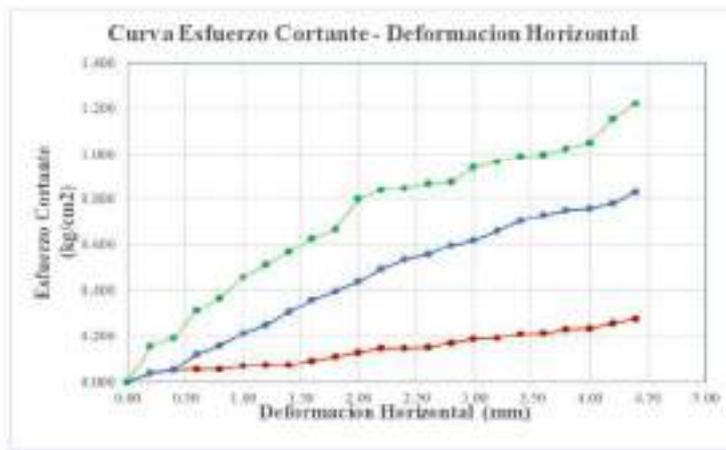
	<b>Universidad Andina del Cusco</b> Facultad de Ingeniería y Arquitectura Escuela Profesional de Ingeniería Civil	
--	---	--

Ensayo de Corte Directo

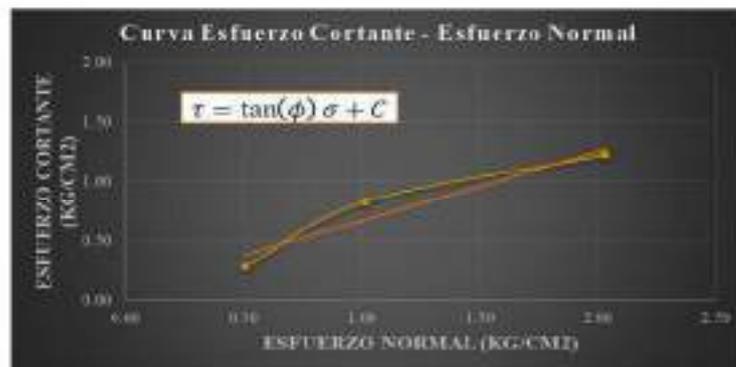
<b>Tesis</b>	Influencia de la Topografía, Estudios de Infiltración y Propiedades Mecánicas del Suelo en la Evaluación del Factor de Seguridad del Talud de la margen izquierda de la quebrada Ayahuayco		
<b>Tesisista</b>	Miguel Walter Salas Quispe	Nº de ensayo	1
	Max Carlos Yngaitupa Panavalli	Fecha	25/04/2022
<b>Utilización:</b>	Margen Izquierda Quebrada Ayahuayco	Calicata	C-02

TIPO	Circulo	Unid
Diámetro	6.130	cm
Área	29.513	cm <sup>2</sup>
Altura	2.000	cm
Volumen	59.026	cm <sup>3</sup>

Carga Normal (kg)	15	20	40	kg/cm <sup>2</sup>
Esfuerzo normal (kg/cm <sup>2</sup> )	0.5083	1.0165	2.033	kg/cm <sup>2</sup>



Muestra	1	2	3
Esfuerzo Cortante T (kg/cm <sup>2</sup> )	0.2763	0.8289	1.2191
Esfuerzo Normal σ (kg/cm <sup>2</sup> )	0.508	1.017	2.033



Ángulo de Fricción Interna (φ)	27.65
Cohesión C (Kg/cm <sup>2</sup> )	0.1600
Cohesión C (KN/m <sup>2</sup> )	15.6906

Fuente: Elaboración propia



Tabla 121

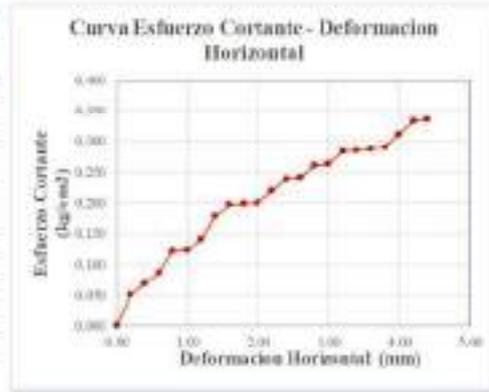
Resultados obtenidos en el ensayo de corte directo con una carga normal de 15 kg de la calicata C - 03

<b>Universidad Andina del Cusco</b> Facultad de Ingeniería y Arquitectura Escuela Profesional de Ingeniería Civil			
Ensayo de Corte Directo			
<b>Tesis</b>	Influencia de la Topografía, Estudios de Infiltración y Propiedades Mecánicas del Suelo en la Evaluación del Factor de Seguridad del Talud de la margen izquierda de la quebrada Ayshiercco		
<b>Testado</b>	Miguel Walter Salas Quiroga	<b>N° de ensayo:</b>	1
<b>Ubicación</b>	Margen Izquierda Quebrada Ayshiercco	<b>Fecha:</b>	25/04/2022
		<b>Calicata</b>	C-03

TIPO	Cantidad	Unid
Diámetro	6.130	cm
Área	29.513	cm <sup>2</sup>
Altura	2.000	cm
Volumen	59.026	cm <sup>3</sup>

Carga Normal (Kg)	15
Esfuerzo normal (Kg/cm <sup>2</sup> )	0.5083

Lectura Deformación Horizontal	Desplaz. Horizontal (mm)	Fuerza Cortante (kg)	Área Corrugada (cm <sup>2</sup> )	Esfuerzo Cortante (kg/cm <sup>2</sup> )
0	0.00	0.00	29.513	0.004
20	0.20	1.50	29.321	0.051
40	0.40	2.00	29.129	0.069
60	0.60	2.50	28.938	0.086
80	0.80	3.00	28.746	0.122
100	1.00	3.50	28.554	0.123
120	1.20	4.00	28.369	0.141
140	1.40	5.00	28.18	0.177
160	1.60	5.50	27.992	0.196
180	1.80	5.50	27.805	0.198
200	2.00	5.50	27.619	0.199
220	2.20	6.00	27.433	0.219
240	2.40	6.50	27.247	0.239
260	2.60	6.50	27.062	0.240
280	2.80	7.00	26.878	0.260
300	3.00	7.00	26.695	0.262
320	3.20	7.50	26.512	0.283
340	3.40	7.50	26.33	0.285
360	3.60	7.50	26.148	0.287
380	3.80	7.50	25.967	0.289
400	4.00	8.00	25.787	0.310
420	4.20	8.50	25.607	0.332
440	4.40	8.50	25.428	0.334
			<b>Max =</b>	<b>0.334</b>



Fuente: Elaboración propia



Tabla 122

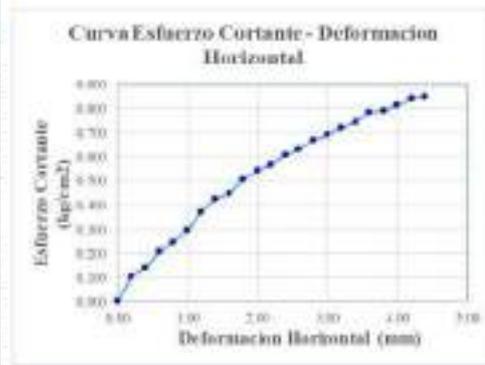
Resultados obtenidos en el ensayo de corte directo con una carga normal de 30 kg de la calicata C - 03

<b>Universidad Andina del Cusco</b> Facultad de Ingeniería y Arquitectura Escuela Profesional de Ingeniería Civil			
Ensayo de Corte Directo			
<b>Tesis:</b>	Influencia de la Topografía, Estudios de Infiltración y Propiedades Mecánicas del Suelo en la Evaluación del Factor de Seguridad del Talud de la margen izquierda de la quebrada Ayubayaco		
<b>Testeador:</b>	Miguel Walter Salas Quispe	<b>N° de ensayo:</b>	1
<b>Ubicación:</b>	Msc Carlos Yzaguirre Pizarro	<b>Fecha:</b>	25-04-2022
	Yungas Ingieri de Quebrada Ayubayaco	<b>Calicata:</b>	C-03

TIPO	Circular	Unid.
Diámetro	6.15cm	
Área	29.513cm <sup>2</sup>	
Altura	2cm	
Volumen	59.0257cm <sup>3</sup>	

Carga Normal (kg)	30
Esfuerzo normal (kg/cm <sup>2</sup> )	1.0165

Lectura Deformim. Horizontal	Desplaz. Horizontal (mm)	Fuerza Cortante (kg)	Área Corregida (cm <sup>2</sup> )	Esfuerzo Cortante (kg/cm <sup>2</sup> )
0	0.00	0.00	29.513	0.000
20	0.20	3.00	29.321	0.102
40	0.40	4.00	29.129	0.137
60	0.60	6.00	28.938	0.207
80	0.80	7.00	28.748	0.243
100	1.00	8.50	28.558	0.298
120	1.20	10.50	28.369	0.370
140	1.40	12.00	28.18	0.426
160	1.60	12.50	27.992	0.447
180	1.80	14.00	27.805	0.504
200	2.00	15.00	27.619	0.543
220	2.20	15.50	27.433	0.565
240	2.40	16.50	27.247	0.606
260	2.60	17.00	27.062	0.628
280	2.80	18.00	26.878	0.670
300	3.00	18.50	26.695	0.693
320	3.20	19.00	26.512	0.717
340	3.40	19.50	26.33	0.741
360	3.60	20.50	26.148	0.784
380	3.80	20.50	25.967	0.789
400	4.00	21.00	25.787	0.814
420	4.20	21.50	25.607	0.840
440	4.40	21.50	25.428	0.846
			<b>Nivel</b>	<b>0.846</b>



Fuente: Elaboración propia



Tabla 123

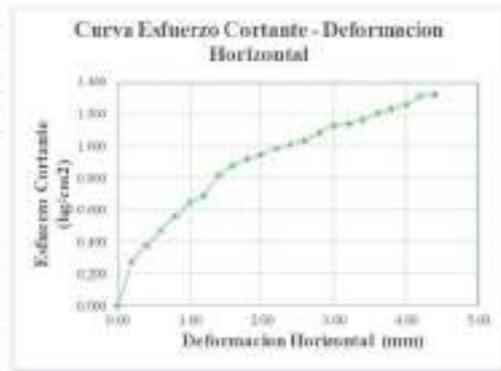
Resultados obtenidos en el ensayo de corte directo con una carga normal de 60 kg de la calicata C - 03

<b>Universidad Andina del Cusco</b> Facultad de Ingeniería y Arquitectura Escuela Profesional de Ingeniería Civil			
Ensayo de Corte Directo			
<b>Tesis:</b>	Influencia de la Topografía, Estudios de Infiltración y Propiedades Mecánicas del Suelo en la Evaluación del Factor de Seguridad del Talud de la margen izquierda de la quebrada Ayahuayco		
<b>Testado:</b>	Miguel Wilber Salas Quiroz	<b>N° de ensayo:</b>	1
<b>Ubicación:</b>	Mesa Carlos Yaguphago Paracalli	<b>Fecha:</b>	23/04/2022
	Margen Izquierda Quebrada Ayahuayco	<b>Calicata:</b>	C-03

TIPO	Circular	Recta
Diámetro	6.15 (cm)	
Área	29.512 (cm <sup>2</sup> )	
Alto	2 (cm)	
Volumen	59.0257 (cm <sup>3</sup> )	

Carga Normal (kg)	60
Esfuerzo normal (kg/cm <sup>2</sup> )	2.033

Lectura Deformim. Horizontal	Desplaz. Horizontal (mm)	Fuerza Cortante (kg)	Área Corregida (cm <sup>2</sup> )	Esfuerzo Cortante (kg/cm <sup>2</sup> )
0	0.00	0.00	29.512	0.000
20	0.20	8.00	29.321	0.273
40	0.40	11.00	29.129	0.378
60	0.60	13.50	28.938	0.467
80	0.80	16.00	28.748	0.557
100	1.00	18.50	28.558	0.648
120	1.20	19.50	28.369	0.687
140	1.40	23.00	28.18	0.816
160	1.60	24.50	27.992	0.875
180	1.80	25.50	27.805	0.917
200	2.00	26.00	27.619	0.941
220	2.20	27.00	27.433	0.984
240	2.40	27.50	27.247	1.009
260	2.60	28.00	27.062	1.035
280	2.80	29.00	26.878	1.079
300	3.00	30.00	26.695	1.124
320	3.20	30.00	26.512	1.132
340	3.40	30.50	26.33	1.158
360	3.60	31.50	26.148	1.205
380	3.80	32.00	25.967	1.232
400	4.00	32.50	25.787	1.269
420	4.20	33.50	25.607	1.308
440	4.40	33.50	25.428	1.317
		<b>Max =</b>		<b>1.317</b>



Fuente: Elaboración propia



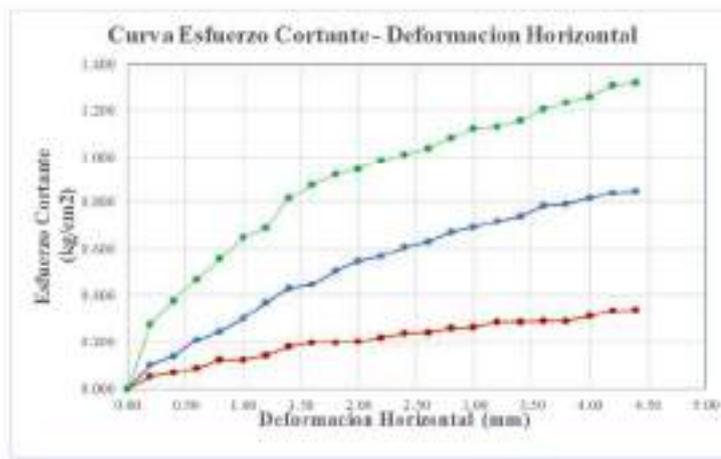
Tabla 124

*Determinación del ángulo de fricción y cohesión del suelo de la calicata C - 03*

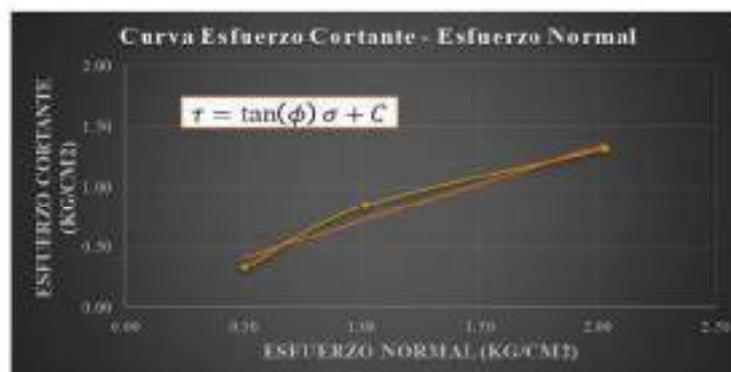
<b>Universidad Andina del Cusco</b> Facultad de Ingeniería y Arquitectura Escuela Profesional de Ingeniería Civil			
Ensayo de Corte Directo Residual			
<b>Tesis</b>	Influencia de la Topografía, Estudios de Infiltración y Propiedades Mecánicas del Suelo en la Evaluación del Factor de Seguridad del Talud de la margen izquierda de la quebrada Ayahuayco		
<b>Tejistas</b>	Mihail Walter Salas Quispe	Nº de ensayos	1
	Max Carlos Yeguita Pasaquelli	Fecha	25-04-2022
<b>Ubicación:</b>	Margen izquierda Quebrada Ayahuayco	Calicata	C-03

TIPO	Circular	Usol
Diametro	6.130	cm
Area	29.513	cm <sup>2</sup>
Altura	2.000	cm
Volumen	59.026	cm <sup>3</sup>

Carga Normal (Kg)	15	30	60	kg/cm <sup>2</sup>
Esfuerzo normal (Kg/cm <sup>2</sup> )	0.5083	1.0165	2.033	kg/cm <sup>2</sup>



Muestra	1	2	3
Esfuerzo Cortante T (kg/cm <sup>2</sup> )	0.334377175	0.845524619	1.317445334
Esfuerzo Normal σ (kg/cm <sup>2</sup> )	0.508	1.017	2.033



<b>Angulo de Friccion Interna (φ)</b>	<b>31.92</b>
<b>Cohesion C (Kg/cm<sup>2</sup>)</b>	<b>0.1650</b>
<b>Cohesion C (KN/m<sup>2</sup>)</b>	<b>16.1809</b>

Fuente: Elaboración propia



Tabla 125

Resultados obtenidos en el ensayo de corte directo con una carga normal de 15 kg de la calicata C - 04

<b>Universidad Andina del Cusco</b> Facultad de Ingeniería y Arquitectura Escuela Profesional de Ingeniería Civil			
Ensayo de Corte Directo			
<b>Tesis</b>	Influencia de la Topografía, Estudios de Infiltración y Propiedades Mecánicas del Suelo en la Evaluación del Factor de Seguridad del Talud de la margen izquierda de la quebrada Ayshiercoso		
<b>Testado</b>	Miguel Walter Salas Quispe	<b>N° de ensayo:</b>	1
<b>Ubicación</b>	Margen Izquierda Quebrada Ayshiercoso	<b>Fecha:</b>	25/04/2022
		<b>Calicata</b>	C-04

TIPO	Circunferencia	Unidad
Diámetro	6.130	cm
Área	29.513	cm <sup>2</sup>
Altura	2.000	cm
Volumen	59.026	cm <sup>3</sup>

Carga Normal (Kg)	15
Esfuerzo normal (Kg/cm <sup>2</sup> )	0.5083

Lectura Deformación Horizontal	Desplaz. Horizontal (mm)	Fuerza Cortante (kg)	Área Corrugada (cm <sup>2</sup> )	Esfuerzo Cortante (kg/cm <sup>2</sup> )
0	0.00	0.00	29.513	0.004
20	0.20	1.00	29.321	0.034
40	0.40	1.50	29.129	0.051
60	0.60	1.50	28.938	0.052
80	0.80	1.50	28.746	0.052
100	1.00	2.00	28.554	0.070
120	1.20	2.00	28.363	0.070
140	1.40	2.00	28.18	0.071
160	1.60	2.50	27.992	0.089
180	1.80	3.00	27.805	0.108
200	2.00	3.50	27.619	0.127
220	2.20	4.00	27.433	0.146
240	2.40	4.00	27.247	0.147
260	2.60	4.00	27.062	0.148
280	2.80	4.50	26.878	0.167
300	3.00	5.00	26.695	0.187
320	3.20	5.00	26.512	0.189
340	3.40	5.50	26.33	0.209
360	3.60	5.50	26.148	0.210
380	3.80	6.00	25.967	0.231
400	4.00	6.00	25.787	0.233
420	4.20	6.00	25.607	0.234
440	4.40	6.50	25.428	0.256
			<b>Max =</b>	<b>0.256</b>



Fuente: Elaboración propia



Tabla 126

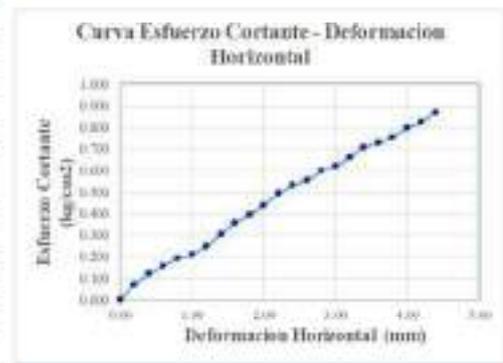
Resultados obtenidos en el ensayo de corte directo con una carga normal de 30 kg de la calicata C - 04

<b>Universidad Andina del Cusco</b> Facultad de Ingeniería y Arquitectura Escuela Profesional de Ingeniería Civil			
Ensayo de Corte Directo			
<b>Tesis:</b>	Influencia de la Topografía, Estudios de Infiltración y Propiedades Mecánicas del Suelo en la Evaluación del Factor de Seguridad del Talud de la margen izquierda de la quebrada Ayubayaco		
<b>Testeador:</b>	Miguel Walter Salas Quispe	<b>N° de ensayo:</b>	1
<b>Ubicación:</b>	Msc Carlos Yzaguirre Pizarro	<b>Fecha:</b>	25-04-2022
	Yungas Ingeniería Quebrada Ayubayaco	<b>Calicata:</b>	C-04

TIPO	Circunferencia	Unid.
Diámetro	6.15cm	
Área	29.513cm <sup>2</sup>	
Altura	2cm	
Volumen	59.0257cm <sup>3</sup>	

Carga Normal (kg)	30
Esfuerzo normal (kg/cm <sup>2</sup> )	1.0185

Lectura Deformim. Horizontal	Desplaz. Horizontal (mm)	Fuerza Cortante (kg)	Área Corregida (cm <sup>2</sup> )	Esfuerzo Cortante (kg/cm <sup>2</sup> )
0	0.00	0.00	29.513	0.000
20	0.20	2.00	29.321	0.068
40	0.40	3.50	29.129	0.129
60	0.60	4.50	28.938	0.156
80	0.80	5.50	28.748	0.191
100	1.00	6.00	28.558	0.210
120	1.20	7.00	28.369	0.247
140	1.40	8.50	28.18	0.302
160	1.60	10.00	27.992	0.357
180	1.80	11.00	27.805	0.399
200	2.00	12.00	27.619	0.434
220	2.20	13.50	27.433	0.492
240	2.40	14.50	27.247	0.532
260	2.60	15.00	27.062	0.554
280	2.80	16.00	26.878	0.595
300	3.00	16.50	26.695	0.618
320	3.20	17.50	26.512	0.660
340	3.40	18.50	26.33	0.703
360	3.60	19.00	26.148	0.727
380	3.80	19.50	25.967	0.751
400	4.00	20.50	25.787	0.795
420	4.20	21.00	25.607	0.820
440	4.40	22.00	25.428	0.865
			<b>Máx =</b>	<b>0.865</b>



Fuente: Elaboración propia



Tabla 127

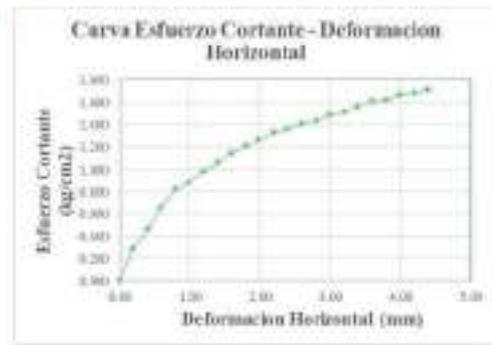
Resultados obtenidos en el ensayo de corte directo con una carga normal de 60 kg de la calicata C - 04

<b>Universidad Andina del Cusco</b> Facultad de Ingeniería y Arquitectura Escuela Profesional de Ingeniería Civil			
Ensayo de Corte Directo			
<b>Tesis:</b>	Influencia de la Topografía, Estudios de Infiltración y Propiedades Mecánicas del Suelo en la Evaluación del Factor de Seguridad del Talud de la margen izquierda de la quebrada Ayahuayco		
<b>Testista:</b>	Miguel Wilber Salas Quispe	<b>N° de ensayo:</b>	1
<b>Ubicación:</b>	Mar Carlos Yagupita Paracalli	<b>Fecha:</b>	23/04/2022
	Margen izquierda Quebrada Ayahuayco	<b>Calicata:</b>	C-04

TIPO	Circular	Recta
Diámetro	6.15 cm	
Área	29.513 cm <sup>2</sup>	
Alto	2 cm	
Volumen	59.0257 cm <sup>3</sup>	

Carga Normal (kg)	60
Esfuerzo normal (kg/cm <sup>2</sup> )	2.033

Lectura Deformim. Horizontal	Desplaz. Horizontal (mm)	Fuerza Cortante (kg)	Área Correjada (cm <sup>2</sup> )	Esfuerzo Cortante (kg/cm <sup>2</sup> )
0	0.00	0.00	29.513	0.000
20	0.20	8.50	29.321	0.290
40	0.40	13.50	29.129	0.463
60	0.60	19.00	28.938	0.657
80	0.80	23.50	28.748	0.817
100	1.00	25.00	28.558	0.875
120	1.20	28.00	28.369	0.987
140	1.40	30.00	28.18	1.065
160	1.60	32.00	27.992	1.143
180	1.80	33.50	27.805	1.205
200	2.00	33.00	27.619	1.207
220	2.20	36.50	27.433	1.331
240	2.40	37.00	27.247	1.354
260	2.60	38.00	27.062	1.404
280	2.80	38.50	26.878	1.432
300	3.00	39.50	26.695	1.489
320	3.20	40.00	26.512	1.509
340	3.40	41.00	26.33	1.557
360	3.60	42.00	26.148	1.606
380	3.80	42.00	25.967	1.617
400	4.00	43.00	25.787	1.668
420	4.20	43.00	25.607	1.679
440	4.40	43.50	25.428	1.711
		<b>Max =</b>		<b>1.711</b>



Fuente: Elaboración propia



Tabla 128

Determinación del ángulo de fricción y cohesión del suelo de la calicata C - 04

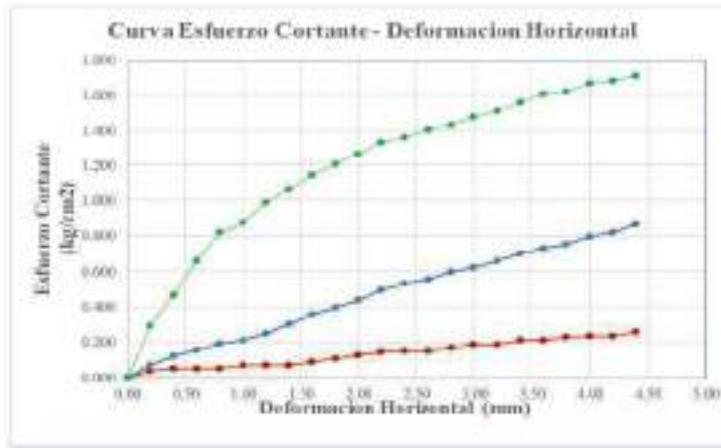
	<b>Universidad Andina del Cusco</b> Facultad de Ingeniería y Arquitectura Escuela Profesional de Ingeniería Civil	
--	---	--

Ensayo de Corte Directo

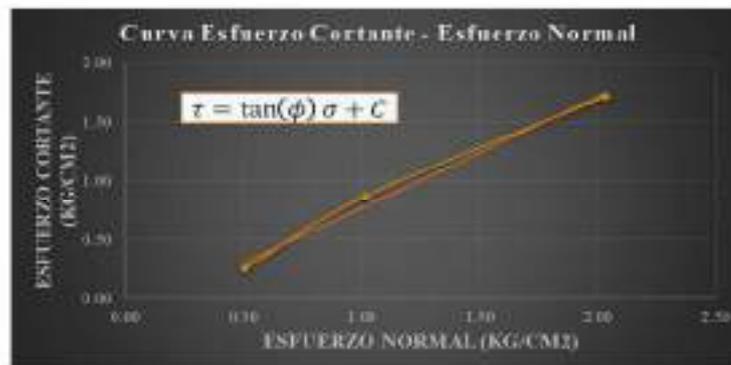
<b>Tesis</b>	Influencia de la Topografía, Estudios de Infiltración y Propiedades Mecánicas del Suelo en la Evaluación del Factor de Seguridad del Talud de la margen izquierda de la quebrada Ayahuayco		
<b>Testistas</b>	Mijail Walter Salas Quispe	Nº de ensayo	I
	Max Carlos Yupaítupa Panayalli	Fecha:	25/04/2022
<b>Ubicación:</b>	Margen Izquierda Quebrada Ayahuayco	Calicata	C-04

TIPO	Circular	Unid
Diámetro	6.130	cm
Área	29.513	cm <sup>2</sup>
Altura	1.000	cm
Volumen	49.026	cm <sup>3</sup>

Carga Normal (kg)	15	30	60	kg/cm <sup>2</sup>
Esfuerzo normal (kg/cm <sup>2</sup> )	0.5083	1.0165	2.033	kg/cm <sup>2</sup>



Muestra	1	2	3
Esfuerzo Cortante T (kg/cm <sup>2</sup> )	0.258623712	0.865187982	1.7107126
Esfuerzo Normal $\sigma$ (kg/cm <sup>2</sup> )	0.508	1.017	2.033



Ángulo de Fricción Interna ( $\phi$ )	43.31
Cohesión C (Kg/cm <sup>2</sup> )	0.1050
Cohesión C (KN/m <sup>2</sup> )	10.2969

Fuente: Elaboración propia



Tabla 129

Resultados obtenidos en el ensayo de corte directo con una carga normal de 15 kg de la calicata C - 05

<b>Universidad Andina del Cusco</b> Facultad de Ingeniería y Arquitectura Escuela Profesional de Ingeniería Civil			
Ensayo de Corte Directo			
<b>Tesis:</b>	Influencia de la Topografía, Estudios de Infiltración y Propiedades Mecánicas del Suelo en la Evaluación del Factor de Seguridad del Talud de la margen izquierda de la quebrada Ayshimayoc		
<b>Testista:</b>	Miguel Walter Salas Quispe	<b>N.º de ensayo:</b>	1
<b>Ubicación:</b>	Mio Carlos Yucuyhuayo Patayalde	<b>Fecha:</b>	25/04/2022
	Margen izquierda Quebrada Ayshimayoc	<b>Calicata:</b>	C-05

TIPO	Circular	Cuar
Diámetro	8.130	cm
Área	29.513	cm <sup>2</sup>
Altura	2.000	cm
Volumen	29.026	cm <sup>3</sup>

Carga Normal (kg)	15
Esfuerzo normal (kg/cm <sup>2</sup> )	0.5083

Leerda Deformación Horizontal	Desplaz Horizontal (mm)	Fuerza Cortante (kg)	Área Corregida (cm <sup>2</sup> )	Esfuerzo Cortante (kg/cm <sup>2</sup> )
0	0.00	0.00	29.513	0.000
20	0.20	1.00	29.321	0.034
40	0.40	1.50	29.129	0.051
60	0.60	1.50	28.938	0.052
80	0.80	2.00	28.748	0.070
100	1.00	2.00	28.558	0.070
120	1.20	2.00	28.369	0.070
140	1.40	2.00	28.18	0.071
160	1.60	2.50	27.992	0.089
180	1.80	3.00	27.805	0.108
200	2.00	3.50	27.619	0.127
220	2.20	4.00	27.433	0.146
240	2.40	4.00	27.247	0.147
260	2.60	4.00	27.062	0.148
280	2.80	4.50	26.878	0.167
300	3.00	5.00	26.695	0.187
320	3.20	5.00	26.512	0.189
340	3.40	5.50	26.33	0.209
360	3.60	5.50	26.148	0.210
380	3.80	6.00	25.967	0.231
400	4.00	6.50	25.787	0.252
420	4.20	6.50	25.607	0.254
440	4.40	7.00	25.428	0.275
		<b>Max =</b>		<b>0.275</b>



Fuente: Elaboración propia



Tabla 130

Resultados obtenidos en el ensayo de corte directo con una carga normal de 30 kg de la calicata C - 05

<b>Universidad Andina del Cusco</b> Facultad de Ingeniería y Arquitectura Escuela Profesional de Ingeniería Civil			
Ensayo de Corte Directo			
<b>Tesis:</b>	Influencia de la Topografía, Estudios de Infiltración y Propiedades Mecánicas del Suelo en la Evaluación del Factor de Seguridad del Talud de la margen izquierda de la quebrada Ayubayaco		
<b>Teórico:</b>	Miguel Walter Salas Quispe	<b>N° de ensayo:</b>	1
<b>Práctico:</b>	Max Carlos Yucayhuayán Pizarro	<b>Fecha:</b>	25-04-2022
<b>Ubicación:</b>	Yungas Ingiero Quebrada Ayubayaco	<b>Calicata:</b>	C-05

TIPO	Circular	Unid.
Diámetro	6.15cm	
Área	29.513cm <sup>2</sup>	
Altura	2cm	
Volumen	59.0257cm <sup>3</sup>	

Carga Normal (kg)	30
Esfuerzo normal (kg/cm <sup>2</sup> )	1.0165

Lectura Deformim. Horizontal	Desplaz. Horizontal (mm)	Fuerza Cortante (kg)	Área Corregida (cm <sup>2</sup> )	Esfuerzo Cortante (kg/cm <sup>2</sup> )
0	0.00	0.00	29.513	0.000
20	0.20	1.50	29.321	0.051
40	0.40	2.00	29.129	0.069
60	0.60	4.00	28.938	0.138
80	0.80	6.00	28.748	0.209
100	1.00	7.00	28.558	0.245
120	1.20	7.50	28.369	0.264
140	1.40	8.50	28.18	0.302
160	1.60	10.00	27.992	0.357
180	1.80	12.00	27.805	0.432
200	2.00	13.00	27.619	0.471
220	2.20	14.00	27.433	0.510
240	2.40	15.00	27.247	0.551
260	2.60	16.00	27.062	0.591
280	2.80	16.50	26.878	0.614
300	3.00	18.00	26.695	0.674
320	3.20	18.50	26.512	0.698
340	3.40	18.50	26.33	0.703
360	3.60	19.50	26.148	0.746
380	3.80	20.50	25.967	0.789
400	4.00	21.00	25.787	0.814
420	4.20	21.50	25.607	0.840
440	4.40	23.00	25.428	0.905
		<b>Máx =</b>		<b>0.905</b>



Fuente: Elaboración propia



Tabla 131

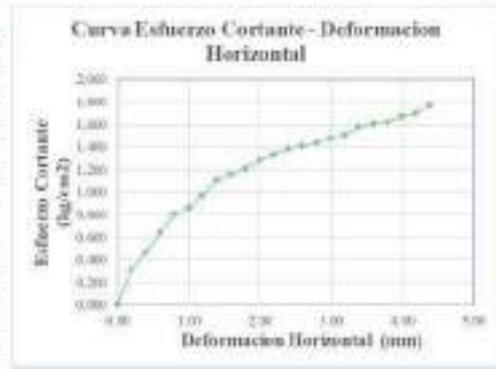
Resultados obtenidos en el ensayo de corte directo con una carga normal de 60 kg de la calicata C - 05

<b>Universidad Andina del Cusco</b> Facultad de Ingeniería y Arquitectura Escuela Profesional de Ingeniería Civil			
Ensayo de Corte Directo			
<b>Tesis:</b>	Influencia de la Topografía, Estudios de Infiltración y Propiedades Mecánicas del Suelo en la Evaluación del Factor de Seguridad del Talud de la margen izquierda de la quebrada Ayahuayco		
<b>Testista:</b>	Miguel Wilber Salas Quiroz	<b>N° de ensayo:</b>	1
<b>Ubicación:</b>	Mtro Carlos Yagupoma Paromalli	<b>Fecha:</b>	23/04/2022
	Margen Izquierda Quebrada Ayahuayco	<b>Calicata:</b>	C-05

TIPO	Circular	Recta
Diámetro	6.15 cm	
Área	29.513 cm <sup>2</sup>	
Alto	2 cm	
Volumen	59.0257 cm <sup>3</sup>	

Carga Normal (kg)	60
Esfuerzo normal (kg/cm <sup>2</sup> )	2.033

Lectura Deformim. Horizontal	Desplaz. Horizontal (mm)	Fuerza Cortante (kg)	Área Correjada (cm <sup>2</sup> )	Esfuerzo Cortante (kg/cm <sup>2</sup> )
0	0.00	0.00	29.513	0.000
20	0.20	9.00	29.321	0.307
40	0.40	13.50	29.129	0.463
60	0.60	18.50	28.938	0.639
80	0.80	23.00	28.748	0.800
100	1.00	24.50	28.558	0.858
120	1.20	27.50	28.369	0.969
140	1.40	31.00	28.18	1.109
160	1.60	32.50	27.992	1.161
180	1.80	33.50	27.805	1.205
200	2.00	35.50	27.619	1.285
220	2.20	36.50	27.433	1.331
240	2.40	37.50	27.247	1.376
260	2.60	38.00	27.062	1.404
280	2.80	38.50	26.878	1.432
300	3.00	39.50	26.695	1.489
320	3.20	40.00	26.512	1.509
340	3.40	41.50	26.33	1.576
360	3.60	42.00	26.148	1.606
380	3.80	42.00	25.967	1.617
400	4.00	43.00	25.787	1.668
420	4.20	43.50	25.607	1.699
440	4.40	45.00	25.428	1.770
		<b>Max =</b>		<b>1.770</b>



Fuente: Elaboración propia



Tabla 132

Determinación del ángulo de fricción y cohesión del suelo de la calicata C - 05

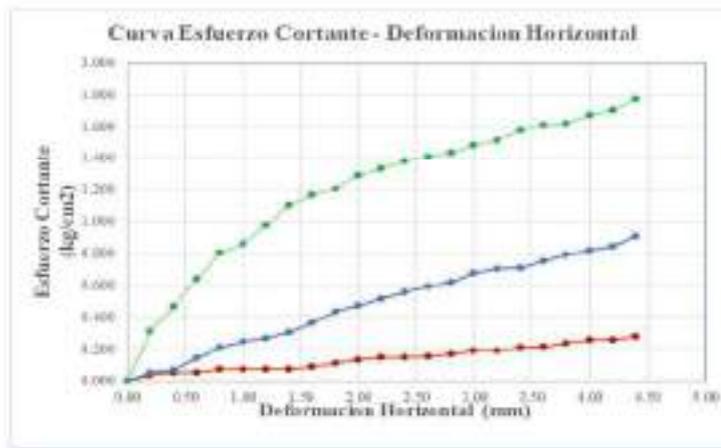
	<b>Universidad Andina del Cusco</b> Facultad de Ingeniería y Arquitectura Escuela Profesional de Ingeniería Civil	
--	---	--

Ensayo de Corte Directo

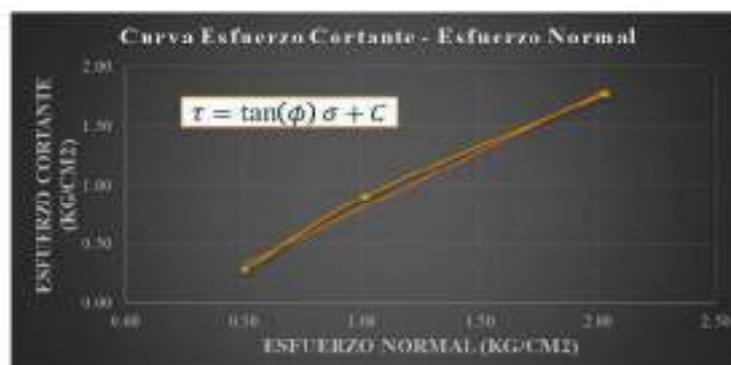
<b>Tesis</b>	Influencia de la Topografía, Estudios de Infiltración y Propiedades Mecánicas del Suelo en la Evaluación del Factor de Seguridad del Talud de la margen izquierda de la quebrada Ayahuayco		
<b>Testistas</b>	Miguel Walter Salas Quispe	Nº de ensayos	1
	Max Carlos Yaqultapa Panayalli	Fecha:	25/04/2022
<b>Ubicación:</b>	Margen Izquierda Quebrada Ayahuayco	Calicata	C-05

TIPO	Circular	Usol
Diametro	6.130	cm
Area	29.513	cm <sup>2</sup>
Altura	2.000	cm
Volumen	59.026	cm <sup>3</sup>

Carga Normal (kg)	15	30	60	kg/cm <sup>2</sup>
Esfuerzo normal (kg/cm <sup>2</sup> )	0.5083	1.0165	2.033	kg/cm <sup>2</sup>



Muestra	1	2	3
Esfuerzo Cortante T (kg/cm <sup>2</sup> )	0.275387085	0.504514708	1.56970269
Esfuerzo Normal σ (kg/cm <sup>2</sup> )	0.508	1.017	2.033



Angulo de Friccion Interna (φ)	44.11
Cohesion C (Kg/cm <sup>2</sup> )	0.1050
Cohesion C (KN/m <sup>2</sup> )	10.2969

Fuente: Elaboración propia



Tabla 133

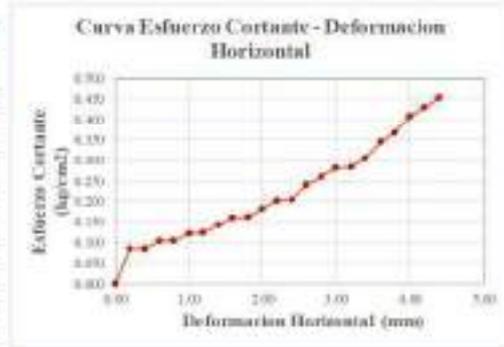
Resultados obtenidos en el ensayo de corte directo con una carga normal de 15 kg de la calicata C - 06

<b>Universidad Andina del Cusco</b> Facultad de Ingeniería y Arquitectura Escuela Profesional de Ingeniería Civil			
Ensayo de Corte Directo			
<b>Tesis</b>	Influencia de la Topografía, Estudios de Infiltración y Propiedades Mecánicas del Suelo en la Evaluación del Factor de Seguridad del Talud de la margen izquierda de la quebrada Ayshiercoo		
<b>Testado</b>	Miguel Walter Salas Quiroga	<b>N° de ensayo:</b>	1
<b>Urbicación</b>	Margen Izquierda Quebrada Ayshiercoo	<b>Fecha:</b>	25/04/2022
		<b>Calicata</b>	C-06

TIPO	Cantidad	Unid.
Diámetro	6.130	cm
Área	29.513	cm <sup>2</sup>
Altura	2.000	cm
Volumen	59.026	cm <sup>3</sup>

Carga Normal (kg)	15
Esfuerzo normal (kg/cm <sup>2</sup> )	0.5083

Lectura Deformación Horizontal	Desplaz. Horizontal (mm)	Fuerza Cortante (kg)	Área Corrugada (cm <sup>2</sup> )	Esfuerzo Cortante (kg/cm <sup>2</sup> )
0	0.00	0.00	29.513	0.000
20	0.20	2.50	29.321	0.085
40	0.40	3.50	29.129	0.085
60	0.60	3.00	28.938	0.104
80	0.80	3.00	28.746	0.104
100	1.00	3.50	28.554	0.123
120	1.20	3.50	28.369	0.123
140	1.40	4.00	28.18	0.142
160	1.60	4.50	27.992	0.161
180	1.80	4.50	27.805	0.162
200	2.00	5.00	27.619	0.181
220	2.20	5.50	27.433	0.200
240	2.40	5.50	27.247	0.202
260	2.60	6.50	27.062	0.240
280	2.80	7.00	26.878	0.260
300	3.00	7.50	26.695	0.281
320	3.20	7.50	26.512	0.283
340	3.40	8.00	26.33	0.304
360	3.60	9.00	26.148	0.344
380	3.80	9.50	25.967	0.366
400	4.00	10.50	25.787	0.407
420	4.20	11.00	25.607	0.430
440	4.40	11.50	25.428	0.452
			<b>Max =</b>	<b>0.482</b>



Fuente: Elaboración propia



Tabla 134

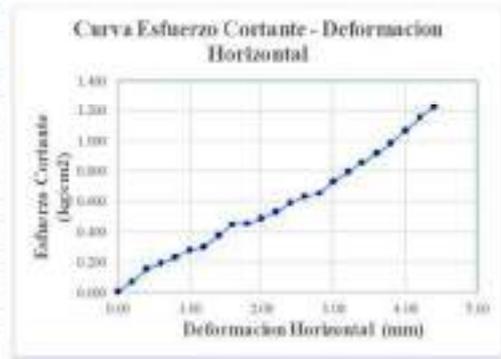
Resultados obtenidos en el ensayo de corte directo con una carga normal de 30 kg de la calicata C - 06

<b>Universidad Andina del Cusco</b> Facultad de Ingeniería y Arquitectura Escuela Profesional de Ingeniería Civil			
Ensayo de Corte Directo			
<b>Tesis</b>	Influencia de la Topografía, Estudios de Infiltración y Propiedades Mecánicas del Suelo en la Evaluación del Factor de Seguridad del Talud de la margen izquierda de la quebrada Ayubayaco		
<b>Testista</b>	Miguel Walter Salas Quispe	<b>N° de ensayo:</b>	1
	Max Carlos Yocelliman Pizarro	<b>Fecha:</b>	25-04-2022
<b>Ubicación</b>	Margen izquierda Quebrada Ayubayaco	<b>Calicata</b>	C-06

TIPO	Circular	Usa
Diámetro	6.15cm	
Área	29.513cm <sup>2</sup>	
Altura	2cm	
Volumen	59.027cm <sup>3</sup>	

Carga Normal (kg)	30
Esfuerzo normal (kg/cm <sup>2</sup> )	1.0165

Lectura Deformación Horizontal	Desplaz Horizontal (mm)	Fuerza Cortante (kg)	Área Corregida (cm <sup>2</sup> )	Esfuerzo Cortante (kg/cm <sup>2</sup> )
0	0.00	0.00	29.513	0.004
20	0.20	2.00	29.321	0.068
40	0.40	4.00	29.129	0.154
60	0.60	5.50	28.938	0.190
80	0.80	6.50	28.746	0.226
100	1.00	8.00	28.554	0.280
120	1.20	8.50	28.363	0.300
140	1.40	10.50	28.18	0.373
160	1.60	12.50	27.992	0.447
180	1.80	12.50	27.805	0.450
200	2.00	13.50	27.619	0.489
220	2.20	14.50	27.433	0.529
240	2.40	16.00	27.247	0.587
260	2.60	17.00	27.062	0.628
280	2.80	17.50	26.878	0.651
300	3.00	19.50	26.695	0.730
320	3.20	21.00	26.512	0.792
340	3.40	22.50	26.33	0.855
360	3.60	24.00	26.148	0.918
380	3.80	25.50	25.967	0.982
400	4.00	27.50	25.787	1.068
420	4.20	29.50	25.607	1.152
440	4.40	31.00	25.428	1.219
			<b>Máx =</b>	<b>1.219</b>



Fuente: Elaboración propia



Tabla 135

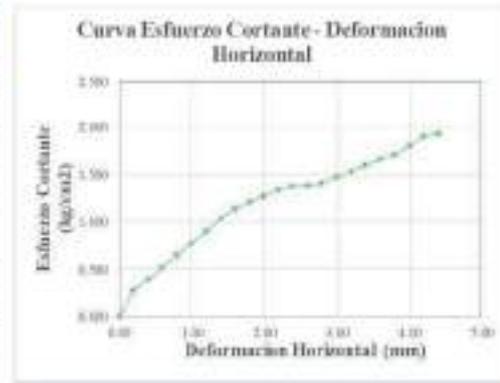
Resultados obtenidos en el ensayo de corte directo con una carga normal de 60 kg de la calicata C - 06

<b>Universidad Andina del Cusco</b> Facultad de Ingeniería y Arquitectura Escuela Profesional de Ingeniería Civil			
Ensayo de Corte Directo			
<b>Tesis:</b>	Influencia de la Topografía, Estudios de Infiltración y Propiedades Mecánicas del Suelo en la Evaluación del Factor de Seguridad del Talud de la margen izquierda de la quebrada Ayhuarico		
<b>Testas:</b>	Miguel Walter Salas Quiroga	<b>N° de ensayo:</b>	1
<b>Ubicación:</b>	Miguel Carlos Yucuyhuan Pizarro	<b>Fecha:</b>	25-04-2022
	Margen Izquierda Quebrada Ayhuarico	<b>Calicata:</b>	C-06

TIPO	Circular	Recto
Diámetro	6.15 cm	
Área	29.513 cm <sup>2</sup>	
Altura	2.00 cm	
Volumen	59.027 cm <sup>3</sup>	

Carga Normal (Kg)	60
Esfuerzo normal (Kg/cm <sup>2</sup> )	2.031

Lechra Deform. Horizontal	Desplaz. Horizontal (mm)	Fuerza Cortante (kg)	Área Concreta (cm <sup>2</sup> )	Esfuerzo Cortante (kg/cm <sup>2</sup> )
0	0.00	0.00	29.513	0.000
20	0.20	8.00	29.321	0.273
40	0.40	11.50	29.129	0.395
60	0.60	15.00	28.938	0.518
80	0.80	18.50	28.748	0.644
100	1.00	22.00	28.558	0.770
120	1.20	25.50	28.369	0.899
140	1.40	29.00	28.18	1.029
160	1.60	32.00	27.992	1.143
180	1.80	33.50	27.805	1.205
200	2.00	35.00	27.619	1.267
220	2.20	36.50	27.433	1.331
240	2.40	37.50	27.247	1.376
260	2.60	37.50	27.062	1.386
280	2.80	38.00	26.878	1.414
300	3.00	39.50	26.695	1.489
320	3.20	40.50	26.512	1.528
340	3.40	42.00	26.33	1.595
360	3.60	43.50	26.148	1.664
380	3.80	44.50	25.967	1.714
400	4.00	46.50	25.787	1.803
420	4.20	48.50	25.607	1.894
440	4.40	49.00	25.428	1.927
			<b>Max =</b>	<b>1.927</b>



Fuente: Elaboración propia



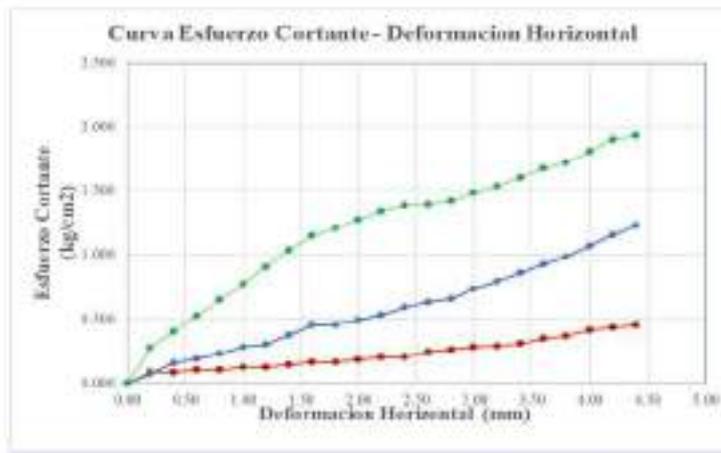
Tabla 136

*Determinación del ángulo de fricción y cohesión del suelo de la calicata C - 06*

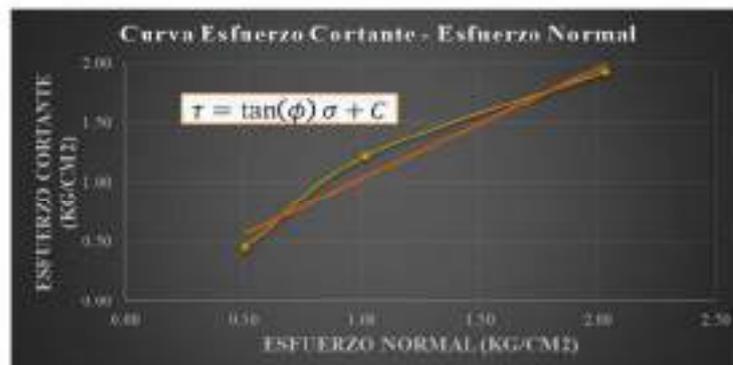
<b>Universidad Andina del Cusco</b> Facultad de Ingeniería y Arquitectura Escuela Profesional de Ingeniería Civil			
<b>Ensayo de Corte Directo</b>			
<b>Tesis</b>	Influencia de la Topografía, Estudios de Infiltración y Propiedades Mecánicas del Suelo en la Evaluación del Factor de Seguridad del Talud de la margen izquierda de la quebrada Ayahuayco		
<b>Testistas</b>	Miguel Walter Salas Quispe	Nº de ensayo	1
	Max Carlos Yagualpa Pantayalli	Fecha	25/04/2022
<b>Ubicación:</b>	Margen izquierda Quebrada Ayahuayco	Calicata	C-06

TIPO	Circular	Unid
Diametro	8.120	cm
Area	29.513	cm <sup>2</sup>
Alura	2.000	cm
Volumen	59.025	cm <sup>3</sup>

Carga Normal (Kg)	15	30	60	kg/cm <sup>2</sup>
Esfuerzo normal (kg/cm <sup>2</sup> )	0.5083	1.0165	2.033	kg/cm <sup>2</sup>



Muestra	1	2	3
Esfuerzo Cortante T (kg/cm <sup>2</sup> )	0.4523	1.2191	1.9270
Esfuerzo Normal σ (kg/cm <sup>2</sup> )	0.508	1.017	2.033



<b>Angulo de Friccion Interna (φ)</b>	<b>43.26</b>
<b>Cohesion C (Kg/cm<sup>2</sup>)</b>	<b>0.0900</b>
<b>Cohesion C (KN/m<sup>2</sup>)</b>	<b>8.8259</b>

Fuente: Elaboración propia



Tabla 137

Resultados obtenidos en el ensayo de corte directo con una carga normal de 15 kg de la calicata C - 07

<b>Universidad Andina del Cusco</b> Facultad de Ingeniería y Arquitectura Escuela Profesional de Ingeniería Civil			
Ensayo de Corte Directo			
<b>Tesis</b>	Influencia de la Topografía, Estudios de Infiltración y Propiedades Mecánicas del Suelo en la Evaluación del Factor de Seguridad del Talud de la margen izquierda de la quebrada Ayshiercoso		
<b>Testado</b>	Miguel Walter Salas Quispe	<b>N° de ensayo:</b>	1
<b>Ubicación</b>	Miguel Carlos Yaguarbun Pizarro	<b>Fecha:</b>	25/04/2022
	Morosa Izquierda Quebrada Ayshiercoso	<b>Calicata</b>	C-07

TIPO	Circunferencia	Unidad
Diámetro	6.130	cm
Área	29.513	cm <sup>2</sup>
Altura	2.000	cm
Volumen	59.026	cm <sup>3</sup>

Carga Normal (Kg)	15
Esfuerzo normal (Kg/cm <sup>2</sup> )	0.5033

Lectura Deformación Horizontal	Desplaz. Horizontal (mm)	Fuerza Cortante (kg)	Área Corrugada (cm <sup>2</sup> )	Esfuerzo Cortante (kg/cm <sup>2</sup> )
0	0.00	0.00	29.513	0.004
20	0.20	1.00	29.321	0.034
40	0.40	1.50	29.129	0.051
60	0.60	1.50	28.938	0.052
80	0.80	1.50	28.746	0.052
100	1.00	2.00	28.554	0.070
120	1.20	2.00	28.369	0.070
140	1.40	2.00	28.18	0.071
160	1.60	2.50	27.992	0.089
180	1.80	3.00	27.805	0.104
200	2.00	3.50	27.619	0.127
220	2.20	4.00	27.433	0.146
240	2.40	4.00	27.247	0.147
260	2.60	4.00	27.062	0.148
280	2.80	4.50	26.878	0.167
300	3.00	5.00	26.695	0.187
320	3.20	5.00	26.512	0.189
340	3.40	5.50	26.33	0.209
360	3.60	5.50	26.148	0.214
380	3.80	6.00	25.967	0.231
400	4.00	6.00	25.787	0.233
420	4.20	6.00	25.607	0.234
440	4.40	6.50	25.428	0.256
			<b>Max =</b>	<b>0.256</b>



Fuente: Elaboración propia



Tabla 138

Resultados obtenidos en el ensayo de corte directo con una carga normal de 30 kg de la calicata C - 07

<b>Universidad Andina del Cusco</b> Facultad de Ingeniería y Arquitectura Escuela Profesional de Ingeniería Civil			
Ensayo de Corte Directo			
<b>Tesis:</b>	Influencia de la Topografía, Estudios de Infiltración y Propiedades Mecánicas del Suelo en la Evaluación del Factor de Seguridad del Talud de la margen izquierda de la quebrada Ayubayaco		
<b>Testeador:</b>	Miguel Walter Salas Quispe	<b>N° de ensayo:</b>	1
<b>Ubicación:</b>	Msc Carlos Yzaguirre Pizarro	<b>Fecha:</b>	25-04-2022
	Yungas Ingeniería Quebrada Ayubayaco	<b>Calicata:</b>	C-07

TIPO	Circular	Unid.
Diámetro	6.15cm	
Área	29.513cm <sup>2</sup>	
Altura	2cm	
Volumen	59.0257cm <sup>3</sup>	

Carga Normal (kg)	30
Esfuerzo normal (kg/cm <sup>2</sup> )	1.0165

Lectura Deformim. Horizontal	Desplaz. Horizontal (mm)	Fuerza Cortante (kg)	Área Corregida (cm <sup>2</sup> )	Esfuerzo Cortante (kg/cm <sup>2</sup> )
0	0.00	0.00	29.513	0.000
20	0.20	2.00	29.321	0.068
40	0.40	3.50	29.129	0.129
60	0.60	4.50	28.938	0.156
80	0.80	5.50	28.748	0.191
100	1.00	6.00	28.558	0.210
120	1.20	7.00	28.369	0.247
140	1.40	8.50	28.18	0.302
160	1.60	10.00	27.992	0.357
180	1.80	11.00	27.805	0.399
200	2.00	12.00	27.619	0.434
220	2.20	13.50	27.433	0.492
240	2.40	14.50	27.247	0.532
260	2.60	15.00	27.062	0.554
280	2.80	16.00	26.878	0.595
300	3.00	16.50	26.695	0.618
320	3.20	17.50	26.512	0.660
340	3.40	18.50	26.33	0.703
360	3.60	19.00	26.148	0.727
380	3.80	19.50	25.967	0.751
400	4.00	20.50	25.787	0.795
420	4.20	21.00	25.607	0.820
440	4.40	22.00	25.428	0.865
			<b>Máx =</b>	<b>0.865</b>



Fuente: Elaboración propia



Tabla 139

Resultados obtenidos en el ensayo de corte directo con una carga normal de 60 kg de la calicata C - 07

<b>Universidad Andina del Cusco</b> Facultad de Ingeniería y Arquitectura Escuela Profesional de Ingeniería Civil			
Ensayo de Corte Directo			
<b>Tesis:</b>	Influencia de la Topografía, Estudios de Infiltración y Propiedades Mecánicas del Suelo en la Evaluación del Factor de Seguridad del Talud de la margen izquierda de la quebrada Ayubayaco		
<b>Testas:</b>	Miguel Walter Salas Quispe	<b>N° de ensayo:</b>	1
<b>Ubicación:</b>	Miguel Carlos Yucathuan Pizarro	<b>Fecha:</b>	25-04-2022
	Margen Izquierda Quebrada Ayubayaco	<b>Calicata:</b>	C-07

TIPO	Circular	Recto
Diámetro	6.15 cm	
Área	29.513 cm <sup>2</sup>	
Altura	2.00 m	
Volumen	59.027 m <sup>3</sup>	

Carga Normal (kg)	60
Esfuerzo normal (kg/cm <sup>2</sup> )	2.03

Lechra Deformación Horizontal	Desplaz. Horizontal (mm)	Fuerza Cortante (kg)	Área Concreta (cm <sup>2</sup> )	Esfuerzo Cortante (kg/cm <sup>2</sup> )
0	0.00	0.00	29.513	0.000
20	0.20	8.50	29.321	0.290
40	0.40	13.50	29.129	0.463
60	0.60	19.00	28.938	0.657
80	0.80	23.50	28.748	0.817
100	1.00	25.00	28.558	0.875
120	1.20	28.00	28.369	0.987
140	1.40	30.00	28.18	1.065
160	1.60	32.00	27.992	1.143
180	1.80	33.50	27.805	1.205
200	2.00	35.00	27.619	1.267
220	2.20	36.50	27.433	1.331
240	2.40	37.00	27.247	1.358
260	2.60	38.00	27.062	1.404
280	2.80	38.50	26.878	1.432
300	3.00	39.50	26.695	1.489
320	3.20	40.00	26.512	1.509
340	3.40	41.00	26.33	1.557
360	3.60	42.00	26.148	1.606
380	3.80	42.00	25.967	1.617
400	4.00	43.00	25.787	1.668
420	4.20	43.00	25.607	1.679
440	4.40	43.50	25.428	1.711
			<b>Max =</b>	<b>1.711</b>



Fuente: Elaboración propia



Tabla 140

Determinación del ángulo de fricción y cohesión del suelo de la calicata C - 07

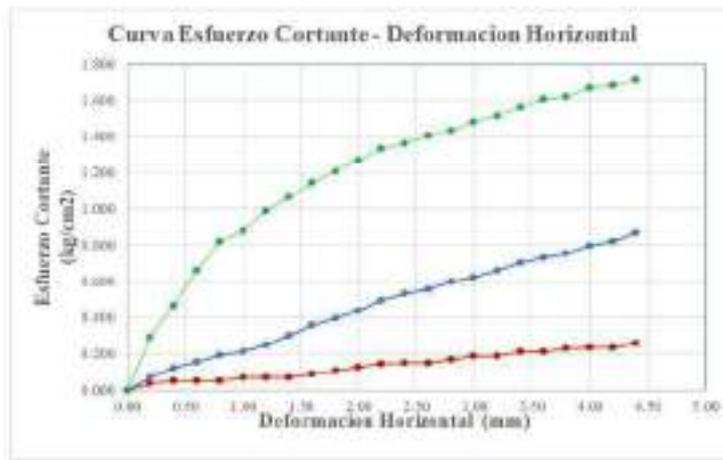
	<b>Universidad Andina del Cusco</b> Facultad de Ingeniería y Arquitectura Escuela Profesional de Ingeniería Civil	
--	---	--

Ensayo de Corte Directo

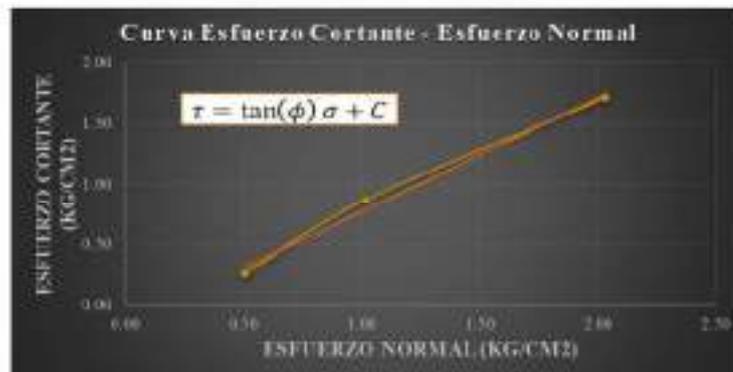
<b>Tesis:</b>	Influencia de la Topografía, Estudios de Infiltración y Propiedades Mecánicas del Suelo en la Evaluación del Factor de Seguridad del Talud de la margen izquierda de la quebrada Ayahuayes		
<b>Tesistas:</b>	Miguel Walter Salas Quispe	Nº de ensayo:	1
	Max Carlos Yaguirazo Panayalli	Fecha:	25/04/2022
<b>Ubicación:</b>	Miraflores Quebrada Ayahuayes	Calicata:	C-07

TIPO	Circular	Uso
Diámetro	6.120	cm
Área	29.513	cm <sup>2</sup>
Altura	2.000	cm
Volumen	59.028	cm <sup>3</sup>

Carga Normal (Kg)	15	30	60	kg/cm <sup>2</sup>
Esfuerzo normal (kg/cm <sup>2</sup> )	0.5083	1.0165	2.033	kg/cm <sup>2</sup>



Muestra	1	2	3
Esfuerzo Cortante T (kg/cm <sup>2</sup> )	0.255623712	0.865107982	1.7107126
Esfuerzo Normal σ (kg/cm <sup>2</sup> )	0.508	1.017	2.033



Ángulo de Fricción Interna (φ)	43.31
Cohesion C (Kg/cm <sup>2</sup> )	0.1050
Cohesion C (KN/m <sup>2</sup> )	10.2969

Fuente: Elaboración propia



Tabla 141

Resultados obtenidos en el ensayo de corte directo con una carga normal de 15 kg de la calicata C - 08

<b>Universidad Andina del Cusco</b> Facultad de Ingeniería y Arquitectura Escuela Profesional de Ingeniería Civil			
Ensayo de Corte Directo			
<b>Tesis:</b>	Influencia de la Topografía, Estudios de Infiltración y Propiedades Mecánicas del Suelo en la Evaluación del Factor de Seguridad del Talud de la margen izquierda de la quebrada Ayshimayoc		
<b>Testista:</b>	Miguel Walter Salas Quispe	<b>N.º de ensayo:</b>	1
<b>Ubicación:</b>	Mio Carlos Yucuyhuay Purayalli	<b>Fecha:</b>	25/04/2022
	Margen izquierda Quebrada Ayshimayoc	<b>Calicata:</b>	C-08

TIPO	Circular	Cuat
Diámetro	8.130	cm
Área	29.513	cm <sup>2</sup>
Altura	2.000	cm
Volumen	29.026	cm <sup>3</sup>

Carga Normal (kg)	15
Esfuerzo normal (kg/cm <sup>2</sup> )	0.5083

Leerda Deformación Horizontal	Desplaz Horizontal (mm)	Fuerza Cortante (kg)	Área Corregida (cm <sup>2</sup> )	Esfuerzo Cortante (kg/cm <sup>2</sup> )
0	0.00	0.00	29.513	0.000
20	0.20	1.00	29.321	0.034
40	0.40	1.50	29.129	0.051
60	0.60	1.50	28.938	0.052
80	0.80	2.00	28.748	0.070
100	1.00	2.00	28.558	0.070
120	1.20	2.00	28.369	0.070
140	1.40	2.00	28.18	0.071
160	1.60	2.50	27.992	0.089
180	1.80	3.00	27.805	0.108
200	2.00	3.50	27.619	0.127
220	2.20	4.00	27.433	0.146
240	2.40	4.00	27.247	0.147
260	2.60	4.00	27.062	0.148
280	2.80	4.50	26.878	0.167
300	3.00	5.00	26.695	0.187
320	3.20	5.00	26.512	0.189
340	3.40	5.50	26.33	0.209
360	3.60	5.50	26.148	0.210
380	3.80	6.00	25.967	0.231
400	4.00	6.50	25.787	0.252
420	4.20	6.50	25.607	0.254
440	4.40	7.00	25.428	0.275
		<b>Max =</b>		<b>0.275</b>



Fuente: Elaboración propia



Tabla 142

Resultados obtenidos en el ensayo de corte directo con una carga normal de 30 kg de la calicata C - 08

<b>Universidad Andina del Cusco</b> Facultad de Ingeniería y Arquitectura Escuela Profesional de Ingeniería Civil			
Ensayo de Corte Directo			
<b>Tesis</b>	Influencia de la Topografía, Estudios de Infiltración y Propiedades Mecánicas del Suelo en la Evaluación del Factor de Seguridad del Talud de la margen izquierda de la quebrada Ayubambuco		
<b>Testista</b>	Miguel Walter Salas Quispe	<b>N° de ensayo:</b>	1
	Miguel Carlos Yucuyhuan Pizarro	<b>Fecha:</b>	25-04-2022
<b>Ubicación</b>	Margen Izquierda Quebrada Ayubambuco	<b>Calicata</b>	C-08

TIPO	Circular	Usa
Diámetro	6.15cm	
Área	29.513cm <sup>2</sup>	
Altura	2cm	
Volumen	59.027cm <sup>3</sup>	

Carga Normal (kg)	30
Esfuerzo normal (kg/cm <sup>2</sup> )	1.0165

Lectura Deformación Horizontal	Desplaz Horizontal (mm)	Fuerza Cortante (kg)	Área Corregida (cm <sup>2</sup> )	Esfuerzo Cortante (kg/cm <sup>2</sup> )
0	0.00	0.00	29.513	0.004
20	0.20	1.50	29.321	0.051
40	0.40	2.00	29.129	0.069
60	0.60	4.00	28.938	0.138
80	0.80	6.00	28.746	0.209
100	1.00	7.00	28.554	0.245
120	1.20	7.50	28.369	0.264
140	1.40	8.50	28.18	0.302
160	1.60	10.00	27.992	0.357
180	1.80	12.00	27.805	0.432
200	2.00	13.00	27.619	0.471
220	2.20	14.00	27.433	0.510
240	2.40	15.00	27.247	0.551
260	2.60	16.00	27.062	0.591
280	2.80	16.50	26.878	0.614
300	3.00	18.00	26.695	0.674
320	3.20	18.50	26.512	0.698
340	3.40	18.50	26.33	0.703
360	3.60	19.50	26.148	0.746
380	3.80	20.50	25.967	0.789
400	4.00	21.00	25.787	0.814
420	4.20	21.50	25.607	0.849
440	4.40	23.00	25.428	0.905
			<b>Máx =</b>	<b>0.905</b>



Fuente: Elaboración propia



Tabla 143

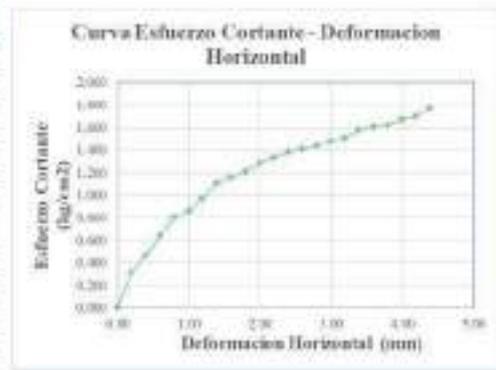
Resultados obtenidos en el ensayo de corte directo con una carga normal de 60 kg de la calicata C - 08

<b>Universidad Andina del Cusco</b> Facultad de Ingeniería y Arquitectura Escuela Profesional de Ingeniería Civil			
Ensayo de Corte Directo			
<b>Tesis:</b>	Influencia de la Topografía, Estudios de Infiltración y Propiedades Mecánicas del Suelo en la Evaluación del Factor de Seguridad del Talud de la margen izquierda de la quebrada Ayahuayco		
<b>Testista:</b>	Miguel Wilber Salas Quiroz	<b>N° de ensayo:</b>	1
<b>Ubicación:</b>	Max Carlos Yagupita Paracalli	<b>Fecha:</b>	23/04/2022
	Margen izquierda Quebrada Ayahuayco	<b>Calicata:</b>	C-08

TIPO	Circular	Recta
Diámetro	6.15 cm	
Área	29.513 cm <sup>2</sup>	
Alto	2 cm	
Volumen	59.0257 cm <sup>3</sup>	

Carga Normal (kg)	60
Esfuerzo normal (kg/cm <sup>2</sup> )	2.033

Lectura Deformim. Horizontal	Desplaz. Horizontal (mm)	Fuerza Cortante (kg)	Área Corregida (cm <sup>2</sup> )	Esfuerzo Cortante (kg/cm <sup>2</sup> )
0	0.00	0.00	29.513	0.000
20	0.20	9.00	29.321	0.307
40	0.40	13.50	29.129	0.463
60	0.60	18.50	28.938	0.639
80	0.80	23.00	28.748	0.800
100	1.00	24.50	28.558	0.858
120	1.20	27.50	28.369	0.969
140	1.40	31.00	28.18	1.109
160	1.60	32.50	27.992	1.161
180	1.80	33.50	27.805	1.205
200	2.00	35.50	27.619	1.285
220	2.20	36.50	27.433	1.331
240	2.40	37.50	27.247	1.376
260	2.60	38.00	27.062	1.404
280	2.80	38.50	26.878	1.432
300	3.00	39.50	26.695	1.489
320	3.20	40.00	26.512	1.509
340	3.40	41.50	26.33	1.576
360	3.60	42.00	26.148	1.606
380	3.80	42.00	25.967	1.617
400	4.00	43.00	25.787	1.668
420	4.20	43.50	25.607	1.699
440	4.40	45.00	25.428	1.770
		<b>Max =</b>		<b>1.770</b>



Fuente: Elaboración propia



Tabla 144

Determinación del ángulo de fricción y cohesión del suelo de la calicata C - 08

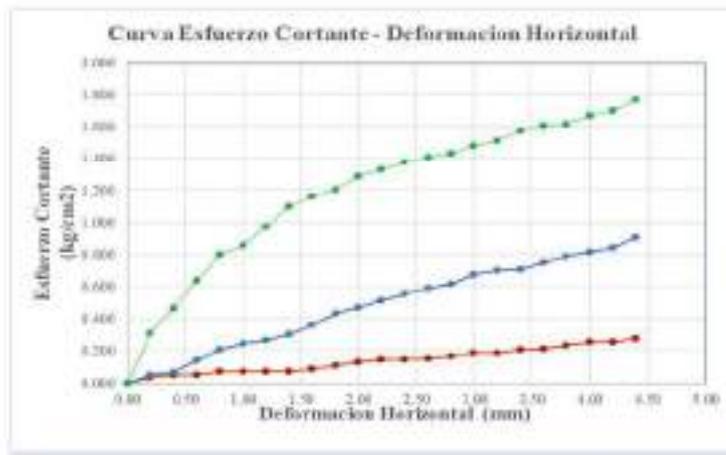
	<b>Universidad Andina del Cusco</b> Facultad de Ingeniería y Arquitectura Escuela Profesional de Ingeniería Civil	
--	---	--

Ensayo de Corte Directo

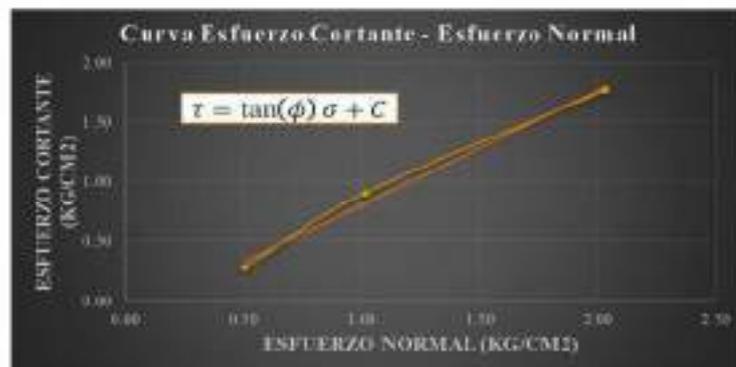
<b>Tesis</b>	Influencia de la Topografía, Estudios de Infiltración y Propiedades Mecánicas del Suelo en la Evaluación del Factor de Seguridad del Talud de la margen izquierda de la quebrada Ayahuayco		
<b>Tesis</b>	Miguel Walter Salas Quispe	Nº de ensayo	1
<b>Tesis</b>	Max Carlos Yagulhuasi Panayulli	Fecha	23/04/2022
<b>Ubicación:</b>	Margen izquierda Quebrada Ayahuayco	Calicata	C-08

TIPO	Circulo	Unid
Diámetro	6.130	cm
Área	29.513	cm <sup>2</sup>
Altura	2.000	cm
Volumen	59.026	cm <sup>3</sup>

Carga Normal (kg)	15	30	40	kg/cm <sup>2</sup>
Esfuerzo normal (kg/cm <sup>2</sup> )	0.5083	1.0165	2.033	kg/cm <sup>2</sup>



Muestra	1	2	3
Esfuerzo Cortante $\tau$ (kg/cm <sup>2</sup> )	0.275287085	0.904514708	1.76970269
Esfuerzo Normal $\sigma$ (kg/cm <sup>2</sup> )	0.508	1.017	2.033



Ángulo de Fricción Interna ( $\phi$ )	44.11
Cohesión C (Kg/cm <sup>2</sup> )	0.1050
Cohesión C (KN/m <sup>2</sup> )	10.2969

Fuente: Elaboración propia



**c) Análisis de datos**

El talud de la margen izquierda de la quebrada Ayahuayco posee un ángulo de fricción y una cohesión homogénea en los cortes 2 y 3, mientras que existe una gran variación en el corte 1 debido al tipo de suelo que presenta.

**3.6.7 Densidad de campo**

**a) Proceso de calculo**

- Se determina el peso de la arena usada con la siguiente expresión:

$$\text{Peso arena usada} = (Pf + \text{cono antes de usarlo}) - (Pf + \text{cono despues de usarlo})$$

- Se determina el volumen del hueco donde se depositó la arena con la formula:

$$\text{Volumen del hueco} = \frac{\text{Peso de la arena en el hueco}}{\gamma_{arena}}$$

- Finalmente se determina la densidad del suelo natural:

$$\gamma_{nat} = \frac{\text{Peso de la muestra}}{\text{Volumen del hueco}}$$



b) Tablas obtenidas

Tabla 145

Resultados obtenidos del ensayo de densidad de campo en la calicata C - 01

	<b>Universidad Andina del Cusco</b> <b>Facultad de Ingeniería y Arquitectura</b> <b>Escuela Profesional de Ingeniería Civil</b>	
---	---	---

<b>Ensayo de Densidad de Campo Metodo de Cono de Arena</b>
--

<b>Tesis</b>	Influencia de la Topografía, Estudios de Infiltración y Propiedades Mecánicas del Suelo en la Evaluación del Factor de Seguridad del Talud de la margen izquierda de la quebrada Ayahuayco		
<b>Tesistas</b>	Mijhail Walter Salas Quispe	Nº de ensayo:	1
	Max Carlos Ynquiltupa Pumayali	Fecha:	30/04/2022
<b>Ubicación:</b>	Margen Izquierda Quebrada Ayahuayco	Calicata	C-01

	Unidades	Pesos Obtenidos
Peso Unitario de Arena ( $\gamma_{arena}$ )	gr/cm <sup>3</sup>	1.40
Peso de frasco + cono antes de usarlo	gr	5823.00
Peso de frasco + cono después de usarlo	gr	2991.00
Peso de arena usada (hueco + cono)	gr	2832.00
Peso de la arena del cono	gr	1674.00
Peso de la arena en el hueco W	gr	1158.00
Vol. Del Hueco, $V_h = W / \gamma_{arena}$	cm <sup>3</sup>	827.14
Peso de la muestra W'	gr	1298.62
Densidad Natural ( $\gamma_{nat}$ )	gr/cm <sup>3</sup>	1.57
Densidad Natural ( $\gamma_{nat}$ )	kN/m <sup>3</sup>	15.40

Fuente: Elaboración propia



Tabla 146

Resultados obtenidos del ensayo de densidad de campo en la calicata C - 02

	<b>Universidad Andina del Cusco</b> <b>Facultad de Ingeniería y Arquitectura</b> <b>Escuela Profesional de Ingeniería Civil</b>	
---	---	---

<b>Ensayo de Densidad de Campo Metodo de Cono de Arena</b>
--

<b>Tesis</b>	Influencia de la Topografía, Estudios de Infiltración y Propiedades Mecánicas del Suelo en la Evaluación del Factor de Seguridad del Talud de la margen izquierda de la quebrada Ayahuayco		
<b>Tesistas</b>	Mijhail Walter Salas Quispe	Nº de ensayo:	1
	Max Carlos Ynquiltupa Pumayali	Fecha:	30/04/2022
<b>Ubicación:</b>	Margen Izquierda Quebrada Ayahuayco	Calicata	C-02

	Unidades	Pesos Obtenidos
Peso Unitario de Arena ( $\gamma_{arena}$ )	gr/cm <sup>3</sup>	1.40
Peso de frasco + cono antes de usarlo	gr	5757.00
Peso de frasco + cono despues de usarlo	gr	2970.00
Peso de arena usada (hueco + cono)	gr	2787.00
Peso de la arena del cono	gr	1674.00
Peso de la arena en el hueco W	gr	1113.00
Vol. Del Hueco, $V_h = W / \gamma_{arena}$	cm <sup>3</sup>	795.00
Peso de la muestra W'	gr	1224.93
Densidad Natural ( $\gamma_{nat}$ )	gr/cm <sup>3</sup>	1.54
Densidad Natural ( $\gamma_{nat}$ )	kN/m <sup>3</sup>	15.11

Fuente: Elaboración propia



Tabla 147

Resultados obtenidos del ensayo de densidad de campo en la calicata C - 03

	<b>Universidad Andina del Cusco</b> <b>Facultad de Ingeniería y Arquitectura</b> <b>Escuela Profesional de Ingeniería Civil</b>	
---	---	---

<b>Ensayo de Densidad de Campo Metodo de Cono de Arena</b>
--

<b>Tesis</b>	Influencia de la Topografía, Estudios de Infiltración y Propiedades Mecánicas del Suelo en la Evaluación del Factor de Seguridad del Talud de la margen izquierda de la quebrada Ayahuayco		
<b>Tesistas</b>	Mijhail Walter Salas Quispe	Nº de ensayo:	1
	Max Carlos Ynquiltupa Pumayali	Fecha:	30/04/2022
<b>Ubicación:</b>	Margen Izquierda Quebrada Ayahuayco	Calicata	C-01

	Unidades	Pesos Obtenidos
Peso Unitario de Arena ( $\gamma_{arena}$ )	gr/cm <sup>3</sup>	1.40
Peso de frasco + cono antes de usarlo	gr	5823.00
Peso de frasco + cono despues de usarlo	gr	2991.00
Peso de arena usada (hueco + cono)	gr	2832.00
Peso de la arena del cono	gr	1674.00
Peso de la arena en el hueco W	gr	1158.00
Vol. Del Hueco, $V_h = W / \gamma_{arena}$	cm <sup>3</sup>	827.14
Peso de la muestra W'	gr	1351.21
Densidad Natural ( $\gamma_{nat}$ )	gr/cm <sup>3</sup>	1.63
Densidad Natural ( $\gamma_{nat}$ )	kN/m <sup>3</sup>	16.02

Fuente: Elaboración propia



Tabla 148

Resultados obtenidos del ensayo de densidad de campo en la calicata C - 04

	<b>Universidad Andina del Cusco</b> <b>Facultad de Ingeniería y Arquitectura</b> <b>Escuela Profesional de Ingeniería Civil</b>	
---	---	---

<b>Ensayo de Densidad de Campo Metodo de Cono de Arena</b>
--

<b>Tesis</b>	Influencia de la Topografía, Estudios de Infiltración y Propiedades Mecánicas del Suelo en la Evaluación del Factor de Seguridad del Talud de la margen izquierda de la quebrada Ayahuayco		
<b>Tesistas</b>	Mijhail Walter Salas Quispe	Nº de ensayo:	1
	Max Carlos Ynquiltupa Pumayali	Fecha:	30/04/2022
<b>Ubicación:</b>	Margen Izquierda Quebrada Ayahuayco	Calicata	C-04

	Unidades	Pesos Obtenidos
Peso Unitario de Arena ( $\gamma_{arena}$ )	gr/cm <sup>3</sup>	1.40
Peso de frasco + cono antes de usarlo	gr	5935.00
Peso de frasco + cono despues de usarlo	gr	3043.00
Peso de arena usada (hueco + cono)	gr	2892.00
Peso de la arena del cono	gr	1674.00
Peso de la arena en el hueco W	gr	1218.00
Vol. Del Hueco, $V_h = W / \gamma_{arena}$	cm <sup>3</sup>	870.00
Peso de la muestra W'	gr	1832.86
Densidad Natural ( $\gamma_{nat}$ )	gr/cm <sup>3</sup>	2.11
Densidad Natural ( $\gamma_{nat}$ )	kN/m <sup>3</sup>	20.66

Fuente: Elaboración propia



Tabla 149

Resultados obtenidos del ensayo de densidad de campo en la calicata C - 05

	<b>Universidad Andina del Cusco</b> <b>Facultad de Ingeniería y Arquitectura</b> <b>Escuela Profesional de Ingeniería Civil</b>	
---	---	---

<b>Ensayo de Densidad de Campo Metodo de Cono de Arena</b>
--

<b>Tesis</b>	Influencia de la Topografía, Estudios de Infiltración y Propiedades Mecánicas del Suelo en la Evaluación del Factor de Seguridad del Talud de la margen izquierda de la quebrada Ayahuayco		
<b>Tesistas</b>	Mijhail Walter Salas Quispe	Nº de ensayo:	1
	Max Carlos Ynquiltupa Pumayali	Fecha:	30/04/2022
<b>Ubicación:</b>	Margen Izquierda Quebrada Ayahuayco	Calicata	C-05

	Unidades	Pesos Obtenidos
Peso Unitario de Arena ( $\gamma_{arena}$ )	gr/cm <sup>3</sup>	1.40
Peso de frasco + cono antes de usarlo	gr	5328.00
Peso de frasco + cono despues de usarlo	gr	2608.00
Peso de arena usada (hueco + cono)	gr	2720.00
Peso de la arena del cono	gr	1674.00
Peso de la arena en el hueco W	gr	1046.00
Vol. Del Hueco, $V_h = W / \gamma_{arena}$	cm <sup>3</sup>	747.14
Peso de la muestra W'	gr	1515.37
Densidad Natural ( $\gamma_{nat}$ )	gr/cm <sup>3</sup>	2.03
Densidad Natural ( $\gamma_{nat}$ )	kN/m <sup>3</sup>	19.89

Fuente: Elaboración propia



Tabla 150

Resultados obtenidos del ensayo de densidad de campo en la calicata C - 06

	<b>Universidad Andina del Cusco</b> <b>Facultad de Ingeniería y Arquitectura</b> <b>Escuela Profesional de Ingeniería Civil</b>	
---	---	---

<b>Ensayo de Densidad de Campo Metodo de Cono de Arena</b>
--

<b>Tesis</b>	Influencia de la Topografía, Estudios de Infiltración y Propiedades Mecánicas del Suelo en la Evaluación del Factor de Seguridad del Talud de la margen izquierda de la quebrada Ayahuayco		
<b>Tesistas</b>	Mijhail Walter Salas Quispe	Nº de ensayo:	1
	Max Carlos Ynquiltupa Pumayali	Fecha:	30/04/2022
<b>Ubicación:</b>	Margen Izquierda Quebrada Ayahuayco	Calicata	C-06

	Unidades	Pesos Obtenidos
Peso Unitario de Arena ( $\gamma_{arena}$ )	gr/cm <sup>3</sup>	1.40
Peso de frasco + cono antes de usarlo	gr	5800.00
Peso de frasco + cono despues de usarlo	gr	3024.20
Peso de arena usada (hueco + cono)	gr	2775.80
Peso de la arena del cono	gr	1674.00
Peso de la arena en el hueco W	gr	1101.80
Vol. Del Hueco, $V_h = W / \gamma_{arena}$	cm <sup>3</sup>	787.00
Peso de la muestra W'	gr	1678.06
Densidad Natural ( $\gamma_{nat}$ )	gr/cm <sup>3</sup>	2.13
Densidad Natural ( $\gamma_{nat}$ )	kN/m <sup>3</sup>	20.91

Fuente: Elaboración propia



Tabla 151

Resultados obtenidos del ensayo de densidad de campo en la calicata C - 07

	<b>Universidad Andina del Cusco</b> <b>Facultad de Ingeniería y Arquitectura</b> <b>Escuela Profesional de Ingeniería Civil</b>	
---	---	---

<b>Ensayo de Densidad de Campo Metodo de Cono de Arena</b>
--

<b>Tesis</b>	Influencia de la Topografía, Estudios de Infiltración y Propiedades Mecánicas del Suelo en la Evaluación del Factor de Seguridad del Talud de la margen izquierda de la quebrada Ayahuayco		
<b>Tesistas</b>	Mijhail Walter Salas Quispe	Nº de ensayo:	1
	Max Carlos Ynquiltupa Pumayali	Fecha:	30/04/2022
<b>Ubicación:</b>	Margen Izquierda Quebrada Ayahuayco	Calicata	C-07

	Unidades	Pesos Obtenidos
Peso Unitario de Arena ( $\gamma_{arena}$ )	gr/cm <sup>3</sup>	1.40
Peso de frasco + cono antes de usarlo	gr	5540.60
Peso de frasco + cono despues de usarlo	gr	2798.20
Peso de arena usada (hueco + cono)	gr	2742.40
Peso de la arena del cono	gr	1674.00
Peso de la arena en el hueco W	gr	1068.40
Vol. Del Hueco, $V_h = W / \gamma_{arena}$	cm <sup>3</sup>	763.14
Peso de la muestra W'	gr	1607.74
Densidad Natural ( $\gamma_{nat}$ )	gr/cm <sup>3</sup>	2.11
Densidad Natural ( $\gamma_{nat}$ )	kN/m <sup>3</sup>	20.66

Fuente: Elaboración propia



Tabla 152

Resultados obtenidos del ensayo de densidad de campo en la calicata C - 08

	<b>Universidad Andina del Cusco</b> <b>Facultad de Ingeniería y Arquitectura</b> <b>Escuela Profesional de Ingeniería Civil</b>	
---	---	---

<b>Ensayo de Densidad de Campo Metodo de Cono de Arena</b>
--

<b>Tesis</b>	Influencia de la Topografía, Estudios de Infiltración y Propiedades Mecánicas del Suelo en la Evaluación del Factor de Seguridad del Talud de la margen izquierda de la quebrada Ayahuayco		
<b>Tesistas</b>	Mijhail Walter Salas Quispe	Nº de ensayo:	1
	Max Carlos Ynquiltupa Pumayali	Fecha:	30/04/2022
<b>Ubicación:</b>	Margen Izquierda Quebrada Ayahuayco	Calicata	C-08

	Unidades	Pesos Obtenidos
Peso Unitario de Arena ( $\gamma_{arena}$ )	gr/cm <sup>3</sup>	1.40
Peso de frasco + cono antes de usarlo	gr	5692.00
Peso de frasco + cono despues de usarlo	gr	2855.00
Peso de arena usada (hueco + cono)	gr	2837.00
Peso de la arena del cono	gr	1674.00
Peso de la arena en el hueco W	gr	1163.00
Vol. Del Hueco, $V_h = W / \gamma_{arena}$	cm <sup>3</sup>	830.71
Peso de la muestra W'	gr	1684.87
Densidad Natural ( $\gamma_{nat}$ )	gr/cm <sup>3</sup>	2.03
Densidad Natural ( $\gamma_{nat}$ )	kN/m <sup>3</sup>	19.89

Fuente: Elaboración propia

**c) Análisis de datos**

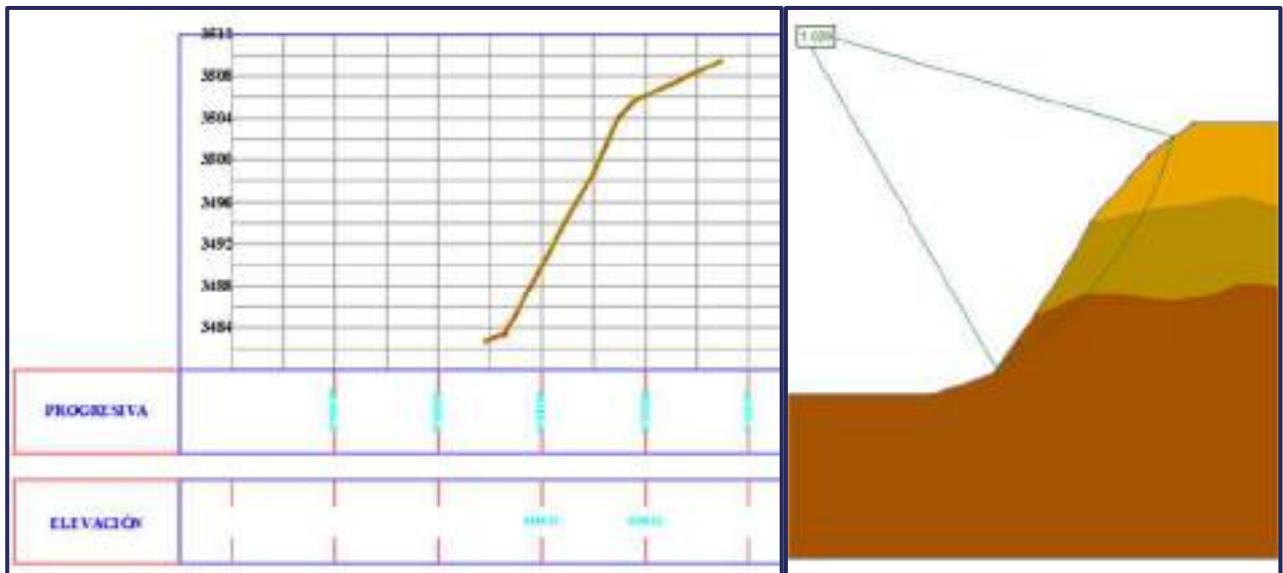
Los resultados obtenidos de este ensayo realizado in situ, nos muestra que el talud presenta una densidad natural variable, siendo semejantes los valores en los cortes 2 y 3, mientras que la densidad natural del corte 1 es diferente, debido al tipo de suelo que presenta.



### 3.6.8 Análisis de datos para el cálculo del factor de seguridad.

#### a. Proceso de Cálculo

- Para el análisis del Factor de seguridad de la quebrada de Ayahuayco, se realizó el modelamiento en el software Slide por 03 métodos (Ordinario de Fellenius, Bishop Simplificado y Janbú Simplificado) correspondiente a procedimientos de rebanadas o dovelas ya que nos permite calcular las fuerzas resistentes y actuantes para cada dovela y luego sumadas con la finalidad de obtener el F.S. del talud completo.
- Para estos análisis se tomarán los siguientes datos obtenidos en gabinete:
  - Topografía: nos permitirá determinar el plano de falla



**Figura 64: Perfil longitudinal quebrada Ayahuayco**

*Fuente: Software Slide*



- Estudio de Mecánica de suelos: donde se recolectó los siguientes datos:
  - **Peso específico del material:**

Se observa a continuación los pesos específicos para cada estrato del material encontrado en los tres perfiles críticos obtenidos en la quebrada de Ayahuayco.

Tabla 153

*Pesos específicos de cada estrato*

	Estrato	Tipo de suelo	Peso específico
Perfil Corte I	Estrato 1: Corona del Talud	ML	16.02 kN/m <sup>3</sup>
	Estrato 2: Punto medio del Talud	ML	15.11 kN /m <sup>3</sup>
	Estrato 3: Pie del Talud	ML	15.37 kN /m <sup>3</sup>
Perfil Corte II	Estrato 1: Corona del Talud	GM	20.91 kN /m <sup>3</sup>
	Estrato 2: Punto medio del Talud	GM	19.89 kN /m <sup>3</sup>
	Estrato 3: Pie del Talud	GM	20.66 kN /m <sup>3</sup>
Perfil Corte III	Estrato 1: Corona del Talud	GM	20.91 kN /m <sup>3</sup>
	Estrato 2: Punto medio del Talud	GM	19.89 kN /m <sup>3</sup>
	Estrato 3: Pie del Talud	GM	20.66 kN /m <sup>3</sup>

**Fuente: Elaboración propia**

- **Cohesión:**

Se observa a continuación la cohesión para cada estrato del material encontrado en los tres perfiles críticos obtenidos en la quebrada de Ayahuayco.

Tabla 154

*Cohesión para cada estrato*

	Estrato	Tipo de suelo	Cohesión
Perfil Corte I	Estrato 1: Corona del Talud	ML	16.1809 kN/m <sup>2</sup>
	Estrato 2: Punto medio del Talud	ML	15.9848 kN/m <sup>2</sup>
	Estrato 3: Pie del Talud	ML	14.9061 kN/m <sup>2</sup>
Perfil Corte II	Estrato 1: Corona del Talud	GM	8.8259 kN/m <sup>2</sup>
	Estrato 2: Punto medio del Talud	GM	10.2969 kN/m <sup>2</sup>
	Estrato 3: Pie del Talud	GM	10.2970 kN/m <sup>2</sup>
Perfil Corte III	Estrato 1: Corona del Talud	GM	8.8259 kN/m <sup>2</sup>
	Estrato 2: Punto medio del Talud	GM	10.2969 kN/m <sup>2</sup>
	Estrato 3: Pie del Talud	GM	10.2970 kN/m <sup>2</sup>

**Fuente: Elaboración propia**

- **Ángulo de Fricción Interna:**

Se observa a continuación los ángulos de fricción interna para cada estrato de suelo de los 03 perfiles críticos obtenidos en la quebrada de Ayahuayco.

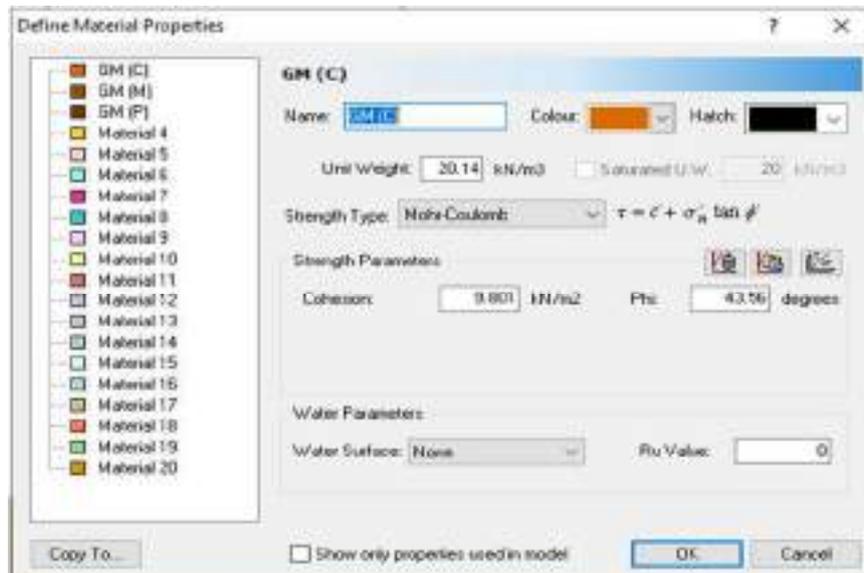
Tabla 155

*Ángulo de fricción interna para cada estrato*

	Estrato	Tipo de suelo	Ángulo de fricción interna
Perfil Corte I	Estrato 1: Corona del Talud	ML	31.92 grados
	Estrato 2: Punto medio del Talud	ML	27.65 grados
	Estrato 3: Pie del Talud	ML	26.92 grados
Perfil Corte II	Estrato 1: Corona del Talud	GM	43.26 grados
	Estrato 2: Punto medio del Talud	GM	44.11 grados
	Estrato 3: Pie del Talud	GM	43.31 grados
Perfil Corte III	Estrato 1: Corona del Talud	GM	43.26 grados
	Estrato 2: Punto medio del Talud	GM	44.11 grados
	Estrato 3: Pie del Talud	GM	43.31 grados

**Fuente: Elaboración propia**

Los datos que se mostraron anteriormente fueron insertados al software para el posterior cálculo del Factor de Seguridad.



*Figura 65: Datos necesarios para el procesamiento y cálculo de factor de seguridad*

*Fuente: Software Slide*



- Obtención del factor de seguridad

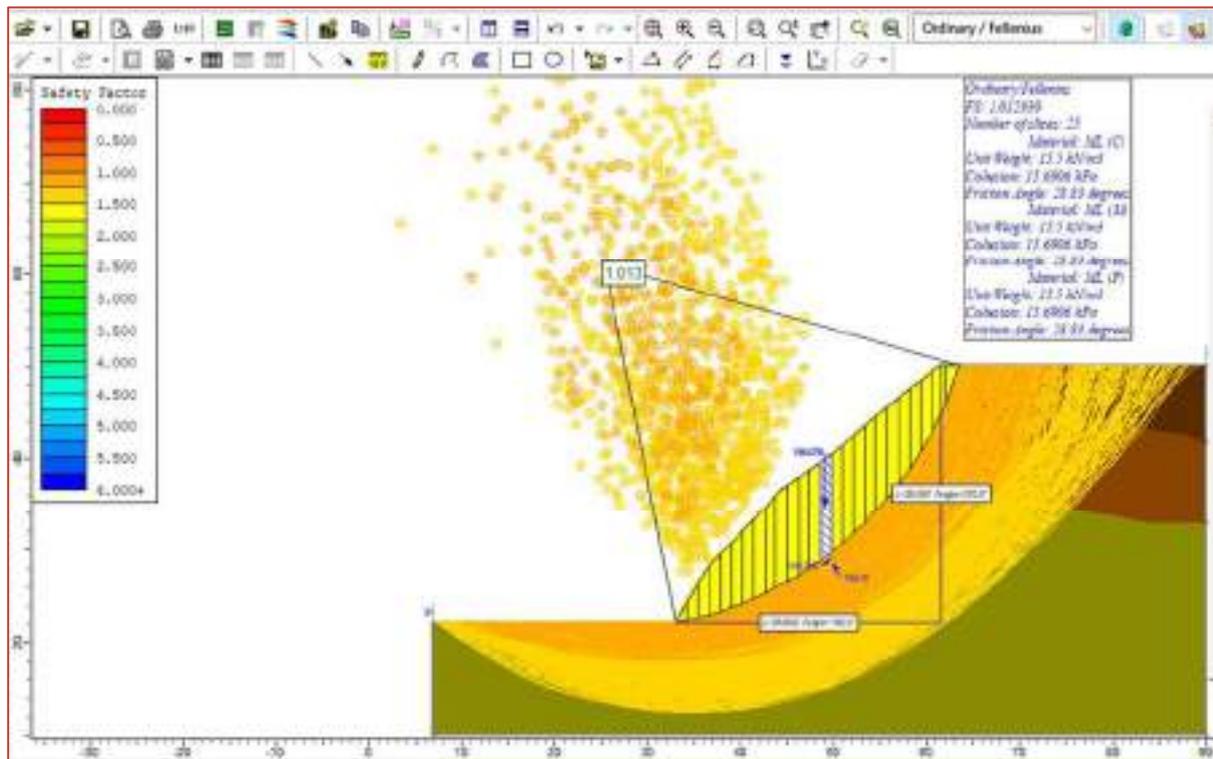
*El análisis de factor de seguridad por los tres diferentes métodos (Ordinario de Fellenius, Bishop Simplificado y Janbú Simplificado), se realizó tomando alrededor de 2500 planos de falla y así el software determina el factor de seguridad mínimo con el que fallara el talud.*

A continuación, observaremos cada método para los 03 perfiles del talud de la quebrada de Ayahuayco.

a) Resultados vistos en el software Slide

Perfil Corte I

- Método Ordinario de Fellenius



*Figura 66: Factor de seguridad método Ordinario Fellenius perfil Corte I*

*Fuente: Software Slide*



- Método Bishop simplificado

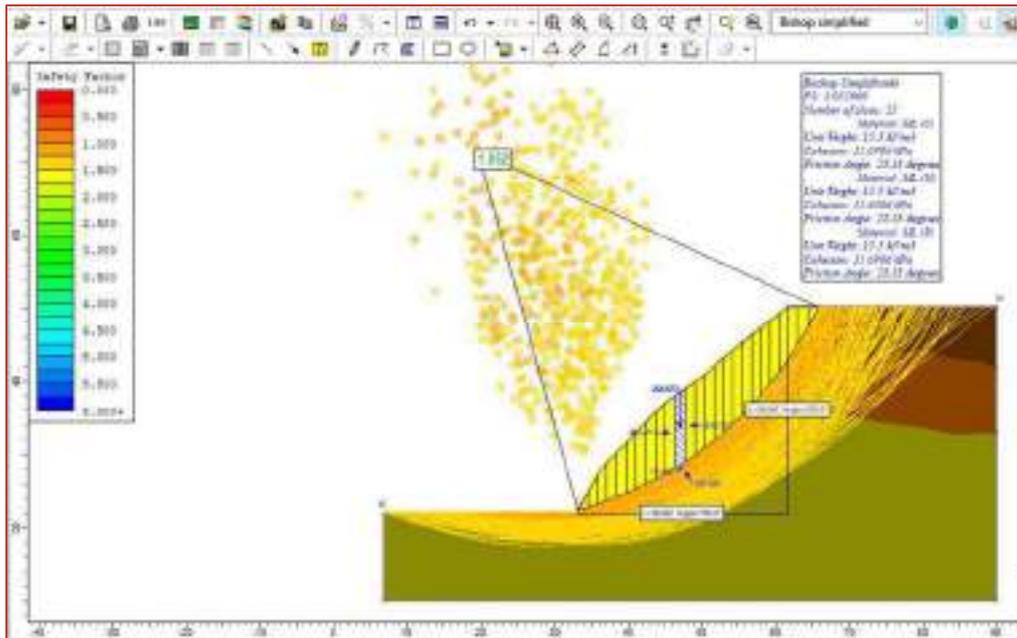


Figura 67: Factor de seguridad método Bishop simplificado perfil Corte I

Fuente: Software Slide

- Método Janbú Simplificado

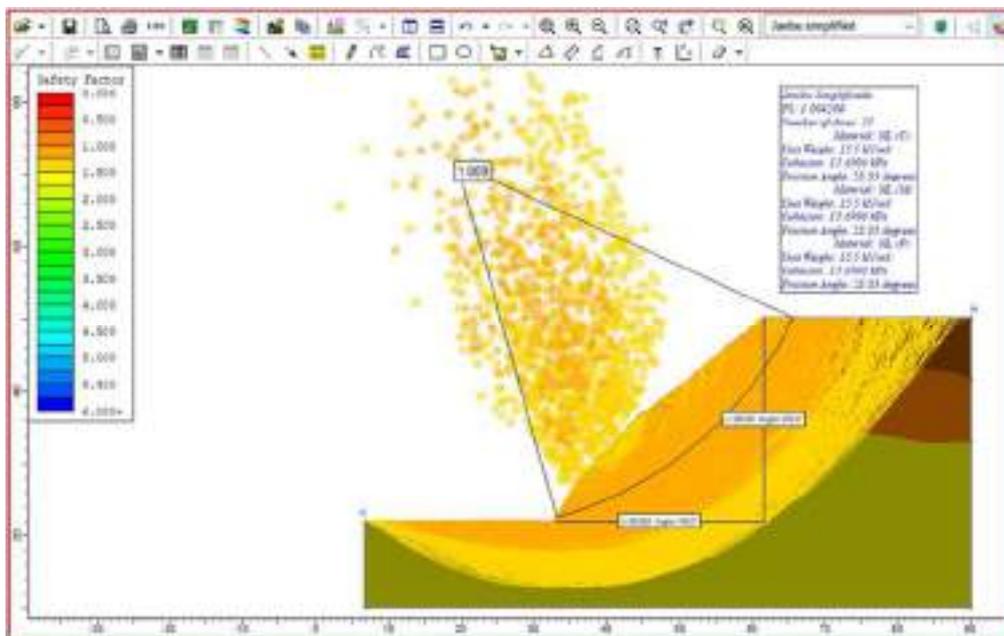
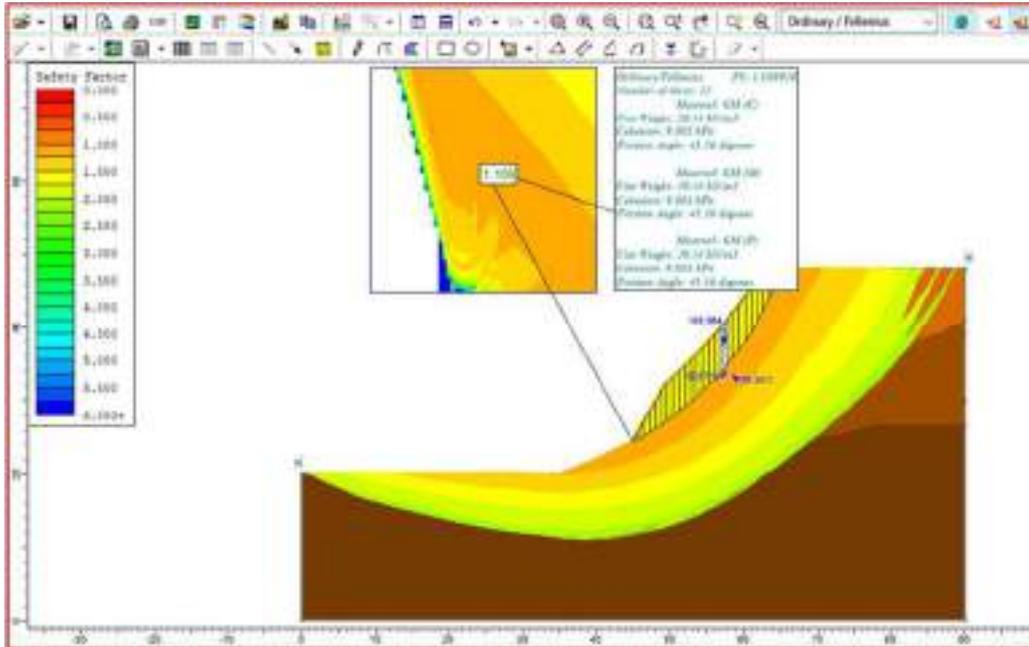


Figura 68: Factor de seguridad método Janbú Simplificado perfil Corte I

Fuente: Software Slide

## Perfil Corte II

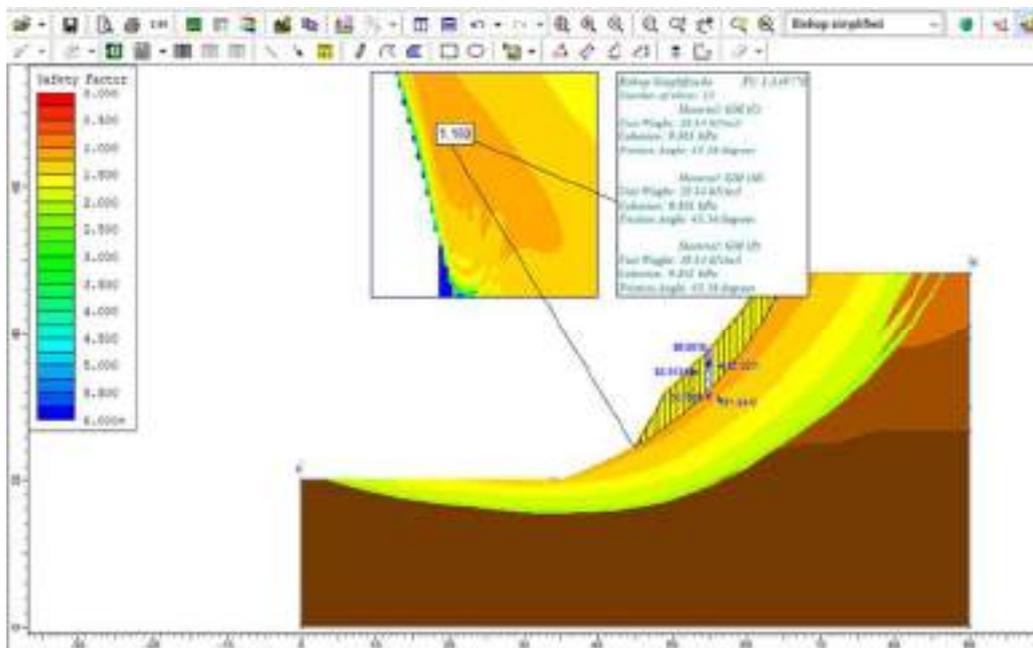
- Método Ordinario de Fellenius



*Figura 69: Factor de seguridad método Ordinario Fellenius perfil Corte II*

*Fuente: Software Slide*

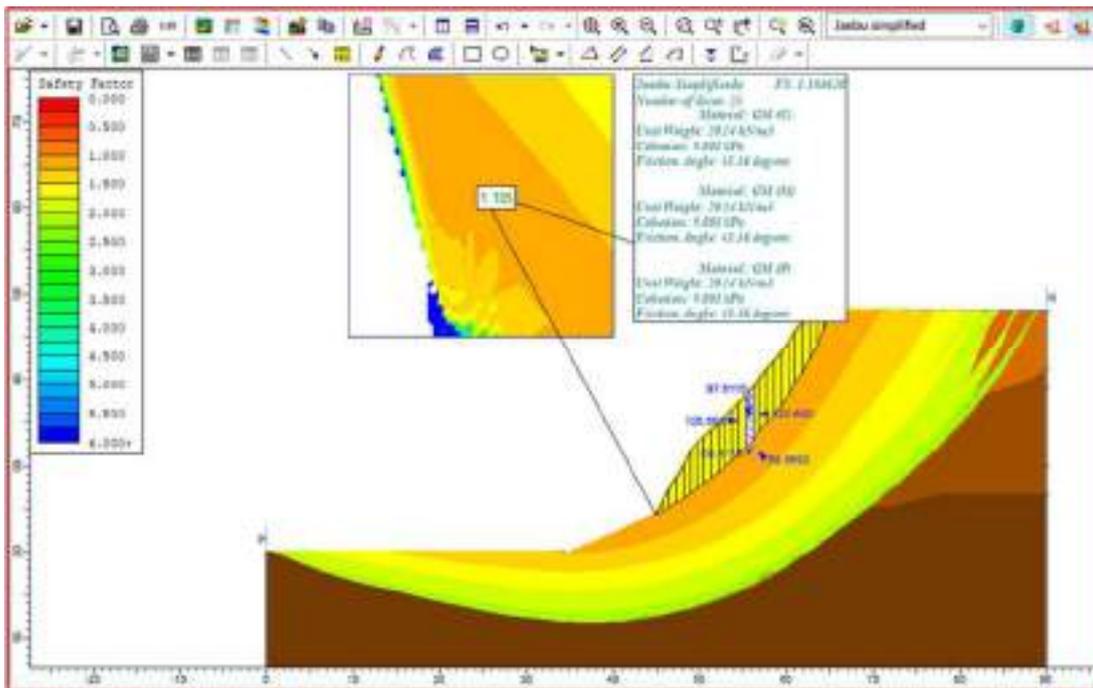
- Método Bishop simplificado



*Figura 70: Factor de seguridad método Bishop simplificado perfil Corte II*

*Fuente: Software Slide*

- Método de Janbú Simplificado

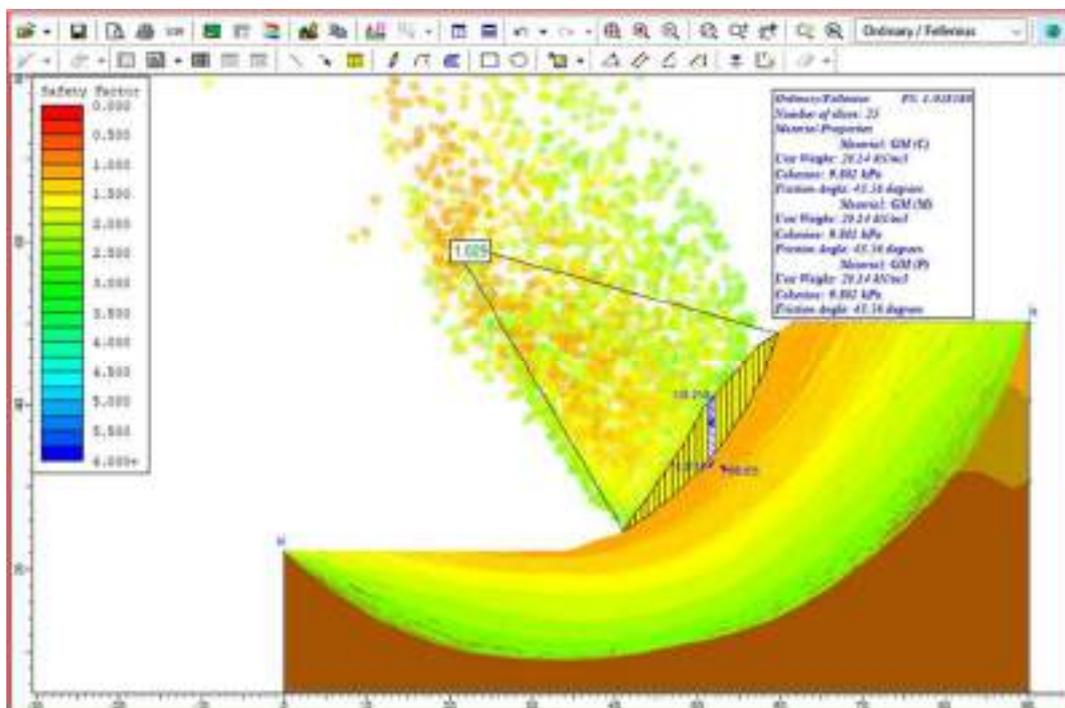


*Figura 71: Factor de seguridad método Janbú Simplificado perfil Corte II*

*Fuente: Software Slide*

### Perfil Corte III

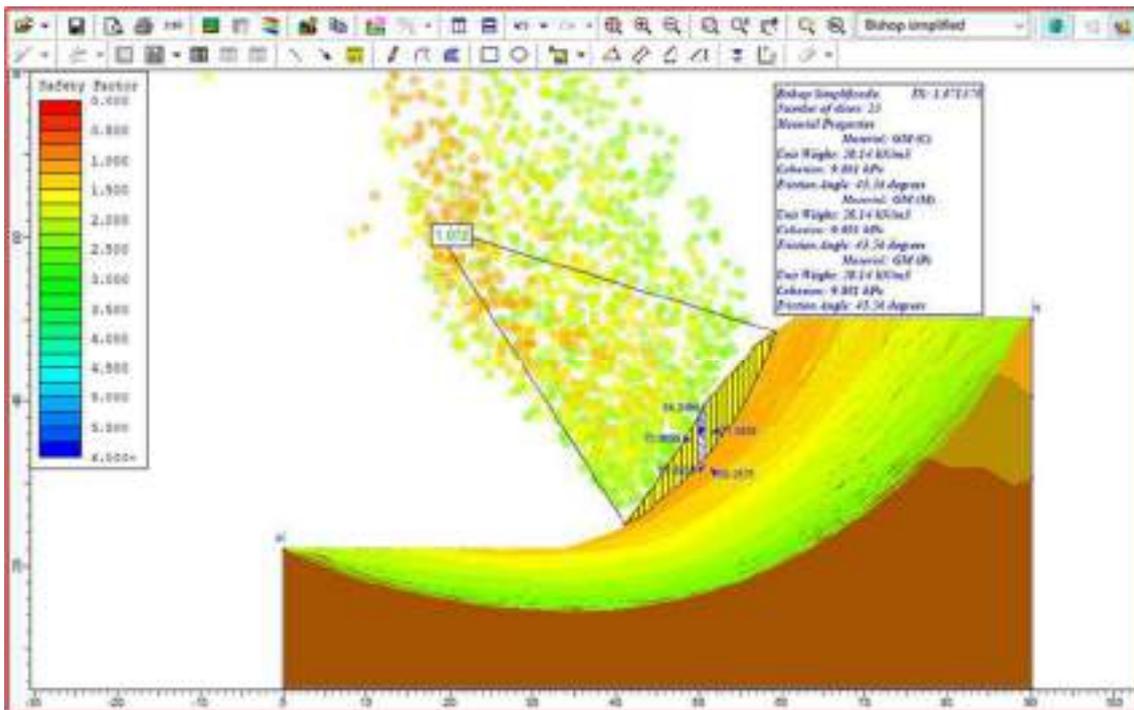
- Método Ordinario de Fellenius



*Figura 72: Factor de seguridad método Ordinario Fellenius perfil Corte III*

*Fuente: Software Slide*

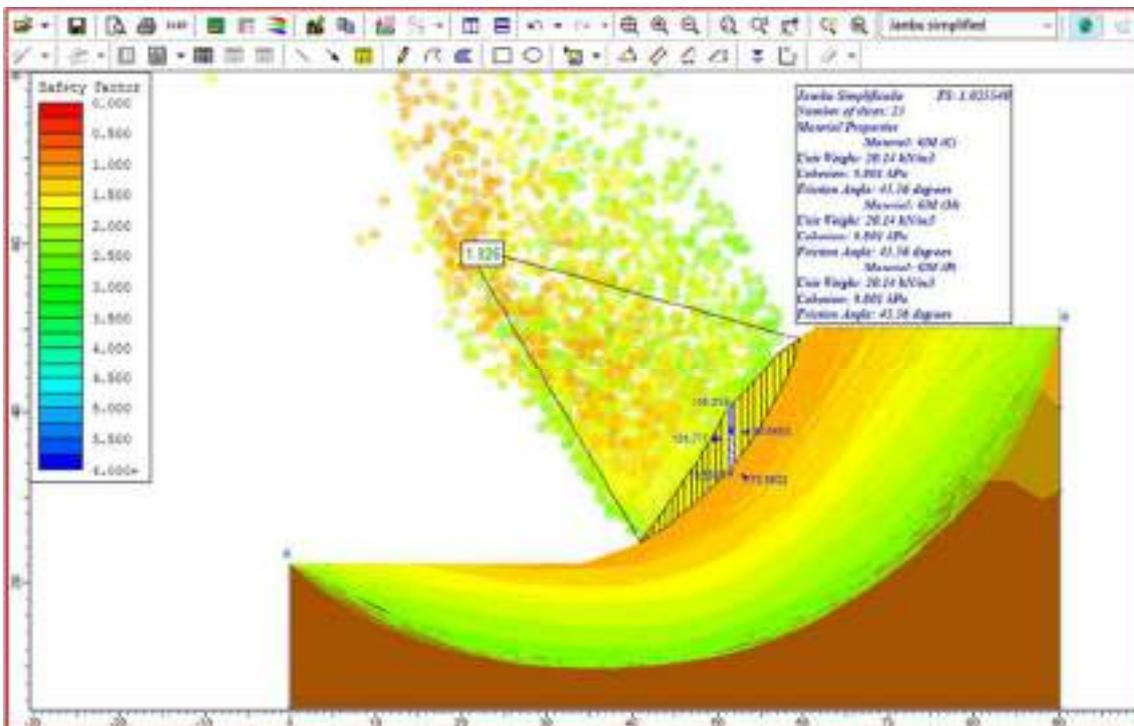
- Método Bishop simplificado



*Figura 73: Factor de seguridad método Bishop simplificado perfil Corte III*

*Fuente: Software Slide*

- Método Janbú Simplificado



*Figura 74: Factor de seguridad método Janbú Simplificado perfil Corte III*

*Fuente: Software Slide*

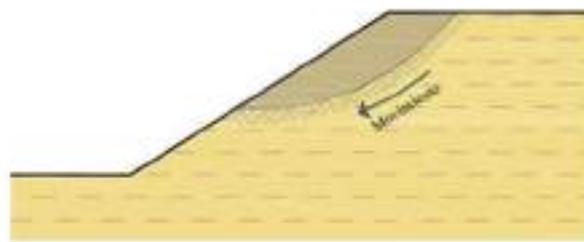


Finalmente, en el modelado, se observó que el software Slide analiza todos los posibles planos de falla existentes en el talud tomando como datos los Estudios de Mecánica de Suelos y la topografía del terreno. De este modo nos permitió obtener el menor factor de seguridad en los 03 cortes que fueron elegidos en función al plano de falla más probable a deslizamiento de las zonas críticas de la quebrada de Ayahuayco.

Empleando los tres métodos (Ordinario de Fellenius, Bishop Simplificado y Jambú Simplificado), se puede observar también que existe una ligera variación en cuanto a los valores del Factor de seguridad obtenidos. Siendo el método simplificado de Janbú el más conservador.

### **b) Tipo de falla del talud**

Cuando la superficie de falla corta al plano inclinado del talud entre el hombro y el pie, sin cortar el pie del talud, se denomina falla local del talud. (Montoya, 2009).



*Figura 75: Representación gráfica de una falla local.*

*Fuente: (Montoya, 2009)*

Como se puede observar las fallas analizadas por el software Slide en el talud de la margen izquierda de la quebrada Ayahuayco, se encuentran en el cuerpo mismo del talud, sin aproximarse a la zona correspondiente al pie del talud., por lo que se concluye que el tipo de falla del talud de la margen Izquierda de la quebrada Ayahuayco es una falla local.

### **c) Diagramas y tablas**

A continuación, se mostrarán tablas con valores obtenidos en base al modelamiento realizado en el software Slide, estos valores fueron obtenidos a partir del resultado de F.S. para cada corte.

- Perfil Corte I
- Perfil Corte II
- Perfil Corte III



Tabla 156

Resultados obtenidos del análisis de factor de seguridad por el Método de Fellenius en el Corte I

Perfil Método		Valores obtenidos de cada dovela en el Software Slide																									
Precondiciones		Factor de seguridad										Fuerzas sobre las dovelas															
Se divide el área de falla en dovelas verticales desde su extremidad las fuerzas accionas (F <sub>a</sub> ) y fuerzas resultantes (F <sub>r</sub> ) para cada dovela con la sumatoria de estas fuerzas se obtiene el factor de seguridad		$FS = \frac{\sum_{i=1}^n (c + \Delta L_i + (W_i \cos \alpha - u_i \Delta L_i) \tan \phi)}{\sum_{i=1}^n W_i \sin \alpha_i}$																									
$FS = \frac{F_a}{F_r}$																											
Número de dovelas	Área de la dovela (m <sup>2</sup> )	Centro de gravedad (m)	Área de la base del corte (m <sup>2</sup> )	Base de la dovela (m)	Fuerza de inercia (kN)	Fuerza de cohesión (kN)	Resistencia a la rotación (kN)	Fuerza accionante (kN)	Fuerza de fricción (kN)	Fuerza normal (kN)	Tensión normal (kN)	Fuerza normal del suelo (kN)	Fuerza de cizalla del suelo (kN)	Fuerza accionante del suelo (kN)	Fuerza normal del suelo (kN)	Fuerza de cizalla del suelo (kN)	Fuerza accionante del suelo (kN)	Fuerza normal del suelo (kN)	Fuerza de cizalla del suelo (kN)	Fuerza accionante del suelo (kN)	Fuerza normal del suelo (kN)	Fuerza de cizalla del suelo (kN)	Fuerza accionante del suelo (kN)	Fuerza normal del suelo (kN)	Fuerza de cizalla del suelo (kN)		
1	28.8300	15.6906	1.1948	12.8107	17.6741	7.7997	15.6906	23.4881	23.1866	28.3161	17.2872	14.1528	14.1528	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	22.1252	22.1252
2	28.8300	15.6906	1.1948	13.3818	52.4613	29.8873	15.6906	18.5743	38.0819	46.8495	31.1452	41.5737	41.5737	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	22.3798	24.2981
3	28.8300	15.6906	1.1948	15.3706	85.9684	36.7229	15.6906	32.4165	51.2474	64.1833	82.7358	66.7213	66.7213	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	22.6725	26.4510
4	28.8300	15.6906	1.1948	17.3770	106.3450	44.6246	15.6906	60.2152	59.5452	74.5454	801.4940	81.0712	81.0712	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	23.0255	28.2011
5	28.8300	15.6906	1.1948	19.1934	123.5830	58.3365	15.6906	66.8271	65.1841	82.4661	815.6930	91.4880	91.4880	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	23.3793	29.5684
6	28.8300	15.6906	1.1948	21.8541	137.8670	55.3328	15.6906	71.8226	70.1888	89.7333	828.6480	100.3240	100.3240	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	23.7952	30.8357
7	28.8300	15.6906	1.1948	22.8979	151.4090	59.5842	15.6906	75.2748	74.3135	96.3858	180.3990	108.2490	108.2490	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	24.2546	32.1030
8	28.8300	15.6906	1.1948	24.7877	164.0930	63.8694	15.6906	78.3680	77.7546	102.3090	150.7940	114.3810	114.3810	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	24.7593	33.3703
9	28.8300	15.6906	1.1948	26.3868	178.8920	65.7688	15.6906	81.4586	80.4181	107.5590	159.8970	119.4830	119.4830	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	25.3111	34.6376
10	28.8300	15.6906	1.1948	28.8589	189.4350	67.2031	15.6906	82.8957	81.8375	111.4310	166.2450	122.8940	122.8940	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	25.9122	35.9050
11	28.8300	15.6906	1.1948	30.6480	197.7280	66.8545	15.6906	81.7451	80.7884	112.0780	166.6610	120.6040	120.6040	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	26.5652	36.9407
12	28.8300	15.6906	1.1948	32.6790	196.3230	64.0774	15.6906	79.3680	78.7498	111.7810	165.2460	116.4120	116.4120	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	27.2731	37.8188
13	28.8300	15.6906	1.1948	34.7874	197.8830	61.3888	15.6906	77.9992	76.2138	110.8370	162.8090	111.7490	111.7490	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	28.0366	38.6981
14	28.8300	15.6906	1.1948	36.8890	198.0780	58.3713	15.6906	74.8619	75.1185	109.2280	158.4200	106.6450	106.6450	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	28.8687	39.5738
15	28.8300	15.6906	1.1948	39.8833	197.0480	54.6976	15.6906	70.3882	69.4897	106.9610	152.9560	99.3714	99.3714	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	29.7654	40.4515
16	28.8300	15.6906	1.1948	41.3476	196.8480	51.1065	15.6906	66.7973	65.9444	104.9540	147.7710	92.8473	92.8473	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	30.7388	41.3430
17	28.8300	15.6906	1.1948	43.6938	196.0220	47.2111	15.6906	62.9017	62.0981	102.6160	141.7320	85.7701	85.7701	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	31.7812	42.4377
18	28.8300	15.6906	1.1948	46.3359	192.2820	42.5356	15.6906	58.2262	57.4829	99.1835	133.2410	77.2759	77.2759	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	32.9288	43.4361
19	28.8300	15.6906	1.2169	48.3770	189.8830	37.3897	15.6906	53.6793	52.4887	96.6511	125.2840	67.9258	67.9258	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	34.1719	44.4370
20	28.8300	15.6906	1.2169	51.4637	181.8120	31.8497	15.6906	47.5483	46.9335	91.6741	113.0220	57.8627	57.8627	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	35.5579	45.4361
21	28.8300	15.6906	1.2169	54.1870	169.4840	25.9913	15.6906	41.6819	41.1511	86.0815	98.6894	47.2238	47.2238	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	37.0858	46.4377
22	28.8300	15.6906	1.2169	57.5398	151.6380	20.0189	15.6906	35.3095	35.2537	79.9312	82.4694	36.3692	36.3692	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	38.7848	47.4036
23	28.8300	15.6906	1.2169	60.9943	133.1130	14.1368	15.6906	29.8474	29.8864	71.9365	64.3483	23.7193	23.7193	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	40.6979	48.3696
24	28.8300	15.6906	1.4311	65.2859	119.9650	1.0657	15.6906	23.3563	23.4533	60.2768	50.1563	14.6533	14.6533	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	42.8927	49.3155
25	28.8300	15.6906	1.4311	70.9316	45.9164	1.8850	15.6906	17.5756	17.5312	46.0895	15.8808	3.4245	3.4245	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	46.0021	50.1422

Factor de seguridad (FS) = 1.01292  
 FS = 1.01292 > 1.5 (valor mínimo requerido, donde se falla)

Fuente: Elaboración propia



Tabla 157

Resultados obtenidos del análisis de factor de seguridad por el Método Simplificado de Bishop en el Corte I

Perfil Método		Valores obtenidos de cada dovela en el Software Slide																						
Procedimiento		Corte I Método Simplificado de Bishop, (1955)										Fuerzas sobre las dovelas												
Se dividió el área de falla en dovelas verticales donde se obtuvieron las fuerzas actuantes (FA) y fueron resultantes (FR) para cada dovela y con la sumatoria de estas fuerzas se obtiene el factor de seguridad		Factor de seguridad																						
FS = $\frac{F_d}{F_a}$		$FS = \frac{\sum_{i=1}^n (c b_i + W_i \tan \phi)}{\sum_{i=1}^n W_i \sec \alpha_i}$																						
		donde $W_{i(corr)} = \frac{W_i \cos \alpha_i}{FS}$																						
Número de dovelas	Ángulo del terreno (grados)	Colisión de dovelas (ft)	Ángulo de rotación (gr)	Ángulo de la base del corte (grados)	Ángulo de la dovela (gr)	Fuerza de fricción (kN)	Fuerza cohesiva (kN)	Resistencia al deslizamiento (kN)	Fallamos instantáneos (kN)	Fuerza cortante (kN)	Fuerza normal (kN)	Fuerza normal efectiva (kN)	Fuerza normal del lado izquierdo (kN)	Fuerza de rotación del lado izquierdo (kN)	Fuerza normal del lado derecho (kN)	Fuerza de rotación del lado derecho (kN)	Ángulo de licuación del lado izquierdo (grados)	Fuerza normal del lado derecho (kN)	Fuerza de rotación del lado derecho (kN)	Ángulo de licuación del lado derecho (grados)	Méodo	Coordenada Y (m)	Coordenada Y - Seguridad (m)	
1	28.83	15.6996	1.3192	16.2170	20.4673	5.3222	15.6996	21.8128	19.9738	27.4546	11.2809	9.6680	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	22.6165	0.0000	22.6165	0.0000	1.1087	22.4212	22.4112	
2	28.83	15.6996	1.3192	17.4216	61.9926	15.2142	15.6996	35.2952	32.9632	48.3825	49.1417	33.4531	32.4531	22.6105	0.0000	22.6105	0.0000	-51.6679	0.0000	51.6679	0.0000	1.1127	22.8974	24.8894
3	28.83	15.6996	1.3192	19.4460	95.4369	21.3689	15.6996	46.8595	44.5497	62.3115	79.2180	56.6258	56.6258	31.6679	0.0000	51.6679	0.0000	84.0523	0.0000	84.0523	0.0000	1.1171	23.2528	27.1975
4	28.83	15.6996	1.3192	21.8277	134.8790	27.2824	15.6996	52.9759	50.3517	75.1821	85.7261	67.7923	67.7923	84.0523	0.0000	84.0523	0.0000	116.1250	0.0000	116.1250	0.0000	1.1213	23.6994	28.8394
5	28.83	15.6996	1.3192	22.6214	132.6870	32.6469	15.6996	58.3355	55.6388	79.2175	110.7376	77.4767	77.4767	116.1250	0.0000	116.1250	0.0000	146.9678	0.0000	146.9678	0.0000	1.1247	24.2054	30.3587
6	28.83	15.6996	1.3192	24.2440	148.6040	47.5283	15.6996	63.2189	60.0908	88.9488	124.9180	86.2465	86.2465	146.9678	0.0000	146.9678	0.0000	174.6290	0.0000	174.6290	0.0000	1.1268	24.7592	31.6690
7	28.83	15.6996	1.3192	25.8845	165.5980	54.9361	15.6996	67.6207	64.2744	94.2438	130.2396	94.3439	94.3439	174.6290	0.0000	174.6290	0.0000	199.9158	0.0000	199.9158	0.0000	1.1281	25.3493	33.0683
8	28.83	15.6996	1.3192	27.5481	184.6500	65.8462	15.6996	71.5268	67.9669	101.1740	150.9610	101.4580	101.4580	199.9158	0.0000	199.9158	0.0000	218.8858	0.0000	218.8858	0.0000	1.1284	25.9895	34.4676
9	28.83	15.6996	1.3192	29.3174	193.0260	78.7438	15.6996	74.4344	70.7511	108.9610	161.3450	106.7226	106.7226	218.8858	0.0000	218.8858	0.0000	233.4010	0.0000	233.4010	0.0000	1.1281	26.6736	35.8669
10	28.83	15.6996	1.3192	30.9550	197.9070	90.3668	15.6996	74.5975	71.0962	109.2690	165.1880	107.3826	107.3826	233.4010	0.0000	233.4010	0.0000	242.7110	0.0000	242.7110	0.0000	1.1266	27.4386	37.0857
11	28.83	15.6996	1.3192	32.7042	200.9750	98.8253	15.6996	74.5265	70.8288	111.0420	167.3470	106.8710	106.8710	242.7110	0.0000	242.7110	0.0000	245.1090	0.0000	245.1090	0.0000	1.1241	28.2877	37.9748
12	28.83	15.6996	1.3192	34.4883	202.8620	98.1189	15.6996	73.8889	70.1566	112.2870	168.8910	105.8860	105.8860	245.1090	0.0000	245.1090	0.0000	241.9560	0.0000	241.9560	0.0000	1.1205	29.0544	38.9439
13	28.83	15.6996	1.3192	36.3116	203.5010	96.6743	15.6996	72.8653	69.0695	113.0760	169.4570	103.5880	103.5880	241.9560	0.0000	241.9560	0.0000	232.7110	0.0000	232.7110	0.0000	1.1156	29.9606	39.9320
14	28.83	15.6996	1.3192	38.1786	204.6210	95.6397	15.6996	71.3393	67.8984	113.7840	169.6380	101.6810	101.6810	232.7110	0.0000	232.7110	0.0000	217.2850	0.0000	217.2850	0.0000	1.1094	30.9391	40.8821
15	28.83	15.6996	1.3192	40.0948	205.6780	94.7388	15.6996	70.4214	66.9847	115.5150	171.6280	99.5224	99.5224	217.2850	0.0000	217.2850	0.0000	195.1000	0.0000	195.1000	0.0000	1.1019	31.9674	41.9941
16	28.83	15.6996	1.3192	42.0667	204.7460	92.8994	15.6996	68.8986	65.7918	116.6250	171.1050	96.2860	96.2860	195.1000	0.0000	195.1000	0.0000	166.5800	0.0000	166.5800	0.0000	1.0929	33.0781	43.1481
17	28.83	15.6996	1.2407	44.0994	189.9090	90.6963	15.6996	66.3868	63.1818	108.9100	158.9620	92.1018	92.1018	166.5800	0.0000	166.5800	0.0000	134.3560	0.0000	134.3560	0.0000	1.0825	34.2687	44.2329
18	28.83	15.6996	1.2407	46.0175	185.8370	87.9504	15.6996	63.6410	60.4918	108.0770	155.6400	87.1133	87.1133	134.3560	0.0000	134.3560	0.0000	97.4057	0.0000	97.4057	0.0000	1.0709	35.4685	45.2688
19	28.83	15.6996	1.2407	48.0692	179.5470	84.5637	15.6996	60.2543	57.2727	106.3390	150.3200	80.9996	80.9996	97.4057	0.0000	97.4057	0.0000	56.6223	0.0000	56.6223	0.0000	1.0574	36.7341	46.2895
20	28.83	15.6996	1.2407	50.2665	178.0820	80.5142	15.6996	56.2048	53.4238	103.3640	142.6940	73.6057	73.6057	56.6223	0.0000	56.6223	0.0000	13.2870	0.0000	13.2870	0.0000	1.0420	38.1354	47.2735
21	28.83	15.6996	1.2407	52.4445	158.0850	75.8851	15.6996	51.5757	49.0233	98.7885	132.7040	65.1041	65.1041	33.2630	0.0000	33.2630	0.0000	-31.1251	0.0000	31.1151	0.0000	1.0342	39.6210	48.2383
22	28.83	15.6996	1.2407	54.8050	146.4200	70.6417	15.6996	46.2063	44.0149	94.7446	119.7370	55.8200	55.8200	-31.1251	0.0000	-31.1251	0.0000	-74.1618	0.0000	74.7618	0.0000	1.0028	41.2386	49.2422
23	28.83	15.6996	1.3399	57.4365	126.6130	71.5296	15.6996	37.3209	35.5829	88.0490	97.3625	39.1819	39.1819	-74.1618	0.0000	-74.1618	0.0000	-108.8970	0.0000	108.9970	0.0000	0.9793	42.9076	50.1472
24	28.83	15.6996	1.3399	60.3428	80.4057	5.7019	15.6996	25.7925	24.1264	65.3590	47.7290	17.6259	17.6259	-108.8970	0.0000	-108.8970	0.0000	-118.1350	0.0000	118.1350	0.0000	0.9494	45.0911	50.1472
25	28.83	15.6996	1.3399	63.5628	27.9444	-2.4424	15.6996	15.2482	12.5928	32.8396	-17.3542	-4.4372	-4.4372	-118.1350	0.0000	-118.1350	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.9131	47.4473	50.1472
Factor de seguridad (FS) =		1.05286																						
FS = 1.05286		= 1.5		Tabla en Excel 2.000000, donde a=60m																				

Fuente: Elaboración propia



Tabla 158

Resultados obtenidos del análisis de factor de seguridad por el Método de Janbú Simplificado en el Corte I

Perfil Método		Corte I Método de Janbú Simplificado																						
<p>Precondición</p> <p>Se divide el área de falla en dovelas verticales donde se obtienen las fuerzas armadas (FA) y fuerzas resultantes (FR) para cada dovela y con la suma de estas fuerzas se obtiene el factor de seguridad</p> $FS = \frac{F_R}{F_A}$		<p>Factor de seguridad</p> $F.S. = \frac{f_c \sum [c \cdot b + (W - u \cdot b) \tan \phi]}{\sum W \cdot \text{zona}}$										<p>Fuerzas sobre las dovelas</p>												
Número de dovelas	Ángulo de fricción base (grados)	Cóndulo de base (m)	Ángulo de inclinación (grados)	Peso de la dovela (kN)	Fuerza de fricción (kN)	Fuerza cohesiva (kN)	Resultado de la suma de fuerzas (kN)	Fuerza armada (kN)	Fuerza resultante (kN)	Fuerza normal (kN)	Fuerza tangencial (kN)	Fuerza normal del lado izquierdo (kN)	Fuerza normal del lado derecho (kN)	Fuerza resultante del lado izquierdo (kN)	Fuerza resultante del lado derecho (kN)	Ángulo de fricción del lado izquierdo (grados)	Fuerza normal del lado izquierdo (kN)	Fuerza normal del lado derecho (kN)	Fuerza resultante del lado izquierdo (kN)	Ángulo de fricción del lado derecho (grados)	Método	Coordenada Y - (Mts) (m)	Coordenada Y - Superior (m)	
1.000	28.85	15.6906	1.1948	12.4197	17.8741	5.6479	15.8986	21.2945	21.2951	25.9531	12.5251	28.2535	18.1535	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	22.2841	0.0000	22.8241	0.0000	1.0927	22.1252	22.1152
2.000	28.85	15.6906	1.1948	13.7820	52.8613	19.5979	15.8986	35.2957	35.0517	43.1211	43.6903	35.4401	27.4401	22.8341	0.0000	22.8341	0.0000	24.5511	0.0000	24.5511	0.0000	1.1024	22.3794	24.2381
3.000	28.85	15.6906	1.1948	15.5766	85.9488	32.2278	15.8986	47.9184	47.7188	58.1885	72.6201	58.5495	58.5495	74.5511	0.0000	54.5511	0.0000	62.5310	0.0000	62.5310	0.0000	1.1111	22.6725	26.4310
4.000	28.85	15.6906	1.1948	17.9370	126.3850	39.4899	15.8986	61.3893	64.0487	68.7922	88.8137	73.7928	73.7928	92.3110	0.0000	82.3110	0.0000	83.1828	0.0000	83.1828	0.0000	1.1187	23.0085	28.3811
5.000	28.85	15.6906	1.1948	19.1934	122.5030	44.8362	15.8986	60.5288	60.2758	78.2561	103.0360	81.4592	81.4592	131.4230	0.0000	131.4230	0.0000	169.9620	0.0000	169.9620	0.0000	1.1254	23.3795	29.4884
6.000	28.85	15.6906	1.1948	21.4341	131.8670	49.6739	15.8986	65.3855	65.0893	83.5281	115.5310	96.2517	96.2517	169.8820	0.0000	169.8820	0.0000	216.4970	0.0000	216.4970	0.0000	1.1305	23.7992	30.8337
7.000	28.85	15.6906	1.1948	22.8070	152.4090	54.0844	15.8986	69.3000	69.0887	98.0232	127.2640	98.1214	98.1214	206.4970	0.0000	206.4970	0.0000	240.2580	0.0000	240.2580	0.0000	1.1354	24.2546	32.1810
8.000	28.85	15.6906	1.1948	24.7877	164.0970	57.8311	15.8986	73.5217	73.2142	96.3577	138.2700	105.6640	105.6640	240.2580	0.0000	240.2580	0.0000	270.1510	0.0000	270.1510	0.0000	1.1386	24.7583	33.3763
9.000	28.85	15.6906	1.1948	26.5688	178.8920	61.3388	15.8986	76.8293	76.4078	102.5700	148.8480	111.8730	111.8730	270.1510	0.0000	270.1510	0.0000	288.1610	0.0000	288.1610	0.0000	1.1407	24.3111	34.6376
10.000	28.85	15.6906	1.1948	28.6589	189.4550	63.4667	15.6906	79.1573	78.8262	107.3310	156.9970	115.3020	115.3020	295.1610	0.0000	295.1610	0.0000	314.4430	0.0000	314.4430	0.0000	1.1415	25.9122	35.9050
11.000	28.85	15.6906	1.1948	30.6480	193.7200	63.4379	15.6906	79.1285	78.7976	109.4340	160.0590	115.2500	115.2500	314.4430	0.0000	314.4430	0.0000	327.3940	0.0000	327.3940	0.0000	1.1409	26.5652	36.9407
12.000	28.85	15.6906	1.1948	32.6790	196.3220	62.7484	15.6906	78.4390	78.1109	110.8780	161.8190	113.9980	113.9980	327.3940	0.0000	327.3940	0.0000	333.7420	0.0000	333.7420	0.0000	1.1389	27.2731	37.8184
13.000	28.85	15.6906	1.1948	34.7574	197.8030	61.6033	15.6906	77.2939	76.9706	111.9370	162.7590	111.9170	111.9170	333.7420	0.0000	333.7420	0.0000	333.3030	0.0000	333.3030	0.0000	1.1354	28.0396	38.6961
14.000	28.85	15.6906	1.1948	36.8896	198.0760	59.9878	15.6906	75.6784	75.3619	112.5820	162.8070	108.9820	108.9820	333.3030	0.0000	333.3030	0.0000	325.9940	0.0000	325.9940	0.0000	1.1302	28.8687	39.5738
15.000	28.85	15.6906	1.1948	39.0833	197.0490	57.8861	15.6906	73.5767	73.2690	112.7780	161.8720	105.1640	105.1640	325.9940	0.0000	325.9940	0.0000	311.8520	0.0000	311.8520	0.0000	1.1233	29.7654	40.4515
16.000	28.85	15.6906	1.1948	41.3476	196.8400	55.9712	15.6906	71.6618	71.3621	113.5760	161.8370	101.6850	101.6850	311.8520	0.0000	311.8520	0.0000	290.5600	0.0000	290.5600	0.0000	1.1144	30.7358	41.3430
17.000	28.85	15.6906	1.1948	43.6938	196.0220	53.7747	15.6906	69.4653	69.1748	114.3090	161.4370	97.6947	97.6947	290.5600	0.0000	290.5600	0.0000	262.0360	0.0000	262.0360	0.0000	1.1033	31.7872	42.4377
18.000	28.85	15.6906	1.1948	46.1359	192.2820	50.6113	15.6906	66.3019	66.0246	113.8410	158.5380	91.9474	91.9474	262.0360	0.0000	262.0360	0.0000	226.9500	0.0000	226.9500	0.0000	1.0898	32.9288	43.4381
19.000	28.85	15.6906	1.2169	48.7170	189.8870	46.7467	15.6906	62.3762	62.1762	114.6790	156.6410	84.9267	84.9267	226.9500	0.0000	226.9500	0.0000	185.2210	0.0000	185.2210	0.0000	1.0734	34.1719	44.4279
20.000	28.85	15.6906	1.2169	51.4837	188.1420	42.1287	15.6906	57.8913	57.5587	112.4360	150.4140	76.5042	76.5042	185.2210	0.0000	185.2210	0.0000	138.6710	0.0000	138.6710	0.0000	1.0536	35.5579	45.4161
21.000	28.85	15.6906	1.2169	54.5870	188.3840	36.4258	15.6906	52.7204	52.0028	102.8770	132.6540	66.5652	66.5652	138.6710	0.0000	138.6710	0.0000	89.4640	0.0000	89.4640	0.0000	1.0298	37.0898	46.4377
22.000	28.85	15.6906	1.2169	57.9394	183.6380	29.9767	15.6906	45.6875	45.4782	103.1090	123.4780	54.4690	54.4690	89.4640	0.0000	89.4640	0.0000	40.8516	0.0000	40.8516	0.0000	1.0012	38.7948	47.4816
23.000	28.85	15.6906	1.2169	60.8945	133.1150	23.3974	15.6906	38.8880	37.9287	95.1879	102.1180	40.6901	40.6901	40.8516	0.0000	40.8516	0.0000	-2.3286	0.0000	2.1086	0.0000	0.9663	40.6970	48.2696
24.000	28.85	15.6906	1.4311	65.2859	124.9650	12.4811	15.6906	28.3577	28.0398	95.9771	77.5265	22.6495	22.6495	-2.1086	0.0000	2.1086	0.0000	-32.2383	0.0000	32.2383	0.0000	0.9181	42.8927	49.2355
25.000	28.85	15.6906	1.4311	70.3336	45.9164	-2.8254	15.6906	12.8651	12.8113	98.1189	-22.4853	-4.1332	-4.1332	-32.2383	0.0000	32.2383	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.8485	48.0021	50.1422

Fuente: Elaboración propia



Tabla 159

Resultados obtenidos del análisis de factor de seguridad por el Método de Fellenius en el Corte II

Perfil Metodo		Valores obtenidos de cada dovela en el Software Slide																						
Procedimiento Se divide el area de falla en dovelas verticales donde se obtienen las fuerzas actuantes (FA) y fuerzas resultantes (FR) para cada dovela y con la sumatoria de estas fuerzas se obtiene el factor de seguridad		Factor de seguridad										Fuerzas sobre las dovelas												
$FS = \frac{F_A}{F_R}$		$FS = \frac{\sum_{i=1}^n [c \Delta L_{ci} + (W_i \cos \alpha - u_i \Delta L_{ci}) \tan \phi]}{\sum_{i=1}^n W_i \sin \alpha_i}$																						
Número de dovela	Ángulo del frente base (grados)	Profundidad de base (M)	Área de retención (m²)	Ángulo de la base del corte (grados)	Peso de la dovela (kN)	Fuerza de fricción (kN)	Fuerza cohesiva (kN)	Resistencia a la tensión (kN)	Indicador corriente (kPa)	Fuerza cortante base (kN)	Tensión normal base (kN)	Tensión normal dovela (kPa)	Fuerza normal del lado izquierdo (kN)	Fuerza de corte del lado izquierdo (kN)	Fuerza resultante del lado izquierdo (kN)	Ángulo de la fuerza del lado izquierdo (grados)	Fuerza normal del lado derecho (kN)	Fuerza de corte del lado derecho (kN)	Fuerza resultante del lado derecho (kN)	Ángulo de la fuerza del lado derecho (grados)	Método	Coordenada Y - Abajo (m)	Coordenada Y - Arriba (m)	
1	43.56	9.8810	0.8003	24.7634	8.0208	7.3242	9.8810	17.1352	15.4427	14.0978	7.0511	7.7019	7.7019	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	24.3567	24.3507
2	43.56	9.8810	0.8003	28.9938	12.8799	21.2850	9.8810	21.0860	28.8319	25.9018	20.6819	22.1827	22.8827	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	28.7900	25.7853
3	43.56	9.8810	0.8003	31.2388	19.2383	34.8857	9.8810	43.8867	39.5750	37.0414	33.5489	35.8436	35.8436	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	35.2519	27.2198
4	43.56	9.8810	0.8003	31.5024	52.5314	44.2997	9.8810	54.2807	48.8757	46.3778	44.2034	46.6895	46.6895	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	25.7373	26.5988
5	43.56	9.8810	0.8003	33.7920	60.1123	56.3335	9.8810	66.5315	60.8977	57.7655	57.1257	59.6594	59.6594	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	26.2473	26.9652
6	43.56	9.8810	0.8003	35.0820	81.3777	65.1524	9.8810	74.9544	67.9904	66.0994	67.8027	68.5136	68.5136	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	26.7826	27.6107
7	43.56	9.8810	0.8003	36.4041	85.2973	65.8200	9.8810	75.4719	68.8390	67.6516	68.6435	69.0366	69.0366	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	27.3446	32.5453
8	43.56	9.8810	0.8003	37.7481	87.9022	65.8069	9.8810	75.1879	67.7288	68.5476	69.5051	68.6749	68.6749	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	27.9317	33.3173
9	43.56	9.8810	0.8003	39.1170	89.8139	64.2457	9.8810	74.0467	66.7719	68.8726	69.6844	67.4590	67.4590	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	28.5542	34.0754
10	43.56	9.8810	0.8003	40.5151	91.8871	63.1103	9.8810	72.9115	64.7482	69.2084	69.8279	66.3653	66.3653	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	29.2051	34.8284
11	43.56	9.8810	0.8003	41.9388	93.7878	61.0670	9.8810	71.4680	64.4463	69.3338	69.7649	64.8473	64.8473	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	29.8889	35.6278
12	43.56	9.8810	0.8003	43.3973	95.1284	59.6809	9.8810	69.4819	62.6256	69.0074	69.1211	62.7888	62.7888	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	30.6079	36.4771
13	43.56	9.8810	0.8003	44.8917	96.5526	57.5834	9.8810	67.5844	60.7641	68.6402	68.4019	60.5532	60.5532	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	31.3646	37.3114
14	43.56	9.8810	0.8003	46.4261	97.6113	55.1898	9.8810	64.9108	58.5336	67.9978	67.2825	57.9819	57.9819	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	32.1619	38.1363
15	43.56	9.8810	0.8221	48.0273	103.5918	52.5612	9.8810	62.3627	56.2188	69.1256	67.8414	55.2724	55.2724	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	33.0000	39.0812
16	43.56	9.8810	0.8221	49.7021	103.5646	50.1130	9.8810	59.9140	54.0277	68.6719	66.9811	52.6974	52.6974	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	33.9169	40.1272
17	43.56	9.8810	0.8221	51.4369	103.3546	46.4607	9.8810	56.7917	50.7347	66.9019	64.4791	48.8568	48.8568	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	34.8663	41.1663
18	43.56	9.8810	0.8221	53.2405	101.5340	42.0867	9.8810	51.8677	46.7719	64.2478	60.7646	44.7361	44.7361	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	35.9174	42.1224
19	43.56	9.8810	0.8221	55.1287	100.2809	38.1563	9.8810	47.9073	43.2606	62.1080	57.6595	40.0718	40.0718	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	37.0179	43.0783
20	43.56	9.8810	0.8221	57.1096	101.6120	34.6786	9.8810	44.4796	40.1097	60.7049	55.1020	36.4671	36.4671	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	38.1974	44.3310
21	43.56	9.8810	0.8221	59.1896	99.9030	30.2893	9.8810	40.8993	36.5150	59.0210	51.1190	31.8563	31.8503	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	39.4681	45.6651
22	43.56	9.8810	0.8221	61.4157	85.4144	22.8183	9.8810	32.4193	29.2342	50.2298	40.8066	23.7848	23.7848	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	40.8466	46.5365
23	43.56	9.8810	0.8221	63.8147	65.8227	14.8269	9.8810	24.6279	22.2083	41.5726	29.0460	15.3935	15.3935	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	42.3514	46.9634
24	43.56	9.8810	0.8221	66.4485	43.1143	7.9680	9.8810	17.7690	16.8233	32.9550	17.3328	8.3789	8.3789	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	44.0271	47.3704
25	43.56	9.8810	0.8221	69.2823	16.9835	2.2955	9.8810	12.0865	10.9081	25.4654	1.6353	2.4129	2.4129	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	45.9124	47.7772
<b>Factor de seguridad (FS) =</b>		<b>1.1885</b>																						
<b>FS =</b>		<b>1.1885 &gt; 1.5</b>																						
		Tubo en EQUILIBRIO, sinde a falla																						

Fuente: Elaboración propia



Tabla 160

Resultados obtenidos del análisis de factor de seguridad por el Método de Simplificado de Bishop en el Corte II

Perfil Método		Valores obtenidos de cada dovela en el Software Slide Corte II Método Simplificado de Bishop (1955)																				
<p><b>Procedimiento</b> Se divide el área de falla en dovelas verticales donde se obtienen las fuerzas actantes (FA) y fuerzas resultantes (FR) para cada dovela y con la sumatoria de estas fuerzas se obtiene el factor de seguridad</p> $FS = \frac{F_A}{F_R}$		<p><b>Factor de seguridad</b></p> $FS = \frac{\sum_{i=1}^n (cb_i + W_i \tan \phi)}{\sum_{i=1}^n W_i \sec \alpha_i}$ <p>donde: <math>W_{(act)} = \cos \alpha + \frac{\tan \phi \sec \alpha_i}{FS}</math></p>										<p><b>Fuerzas sobre las dovelas</b></p>										
Número de dovelas	Ángulo de inclinación base (grados)	Coseno de la base (D)	Ángulo de inclinación (D)	Ángulo de la base del corte (grados)	Peso de la dovela (kN)	Fuerza de fricción (D)	Fuerza cohesiva (D)	Resultado de la sumatoria (D)	Fuerza centrífuga (D)	Fuerza centrífuga base (kN)	Fuerza normal base (kN)	Tensión normal efectiva (kPa)	Fuerza normal del lado superior (kN)	Fuerza normal del lado inferior (kN)	Fuerza resultante del lado superior (kN)	Ángulo de fricción del lado superior (grados)	Fuerza normal del lado inferior (kN)	Fuerza resultante del lado inferior (kN)	Ángulo de fricción del lado inferior (grados)	Módulo	Coordenada Y - Absoluta	Coordenada Y - Relativa (m)
1	43.56	0.801	0.7944	31.6093	7.4660	2.6151	9.8010	12.4161	10.7587	10.0810	2.3674	2.7499	2.7499	0.0000	0.0000	7.2091	0.0000	7.2091	0.0000	1.2843	24.5173	24.5173
2	43.56	0.801	0.7944	32.7484	22.2485	12.9962	9.8010	25.7972	20.6974	19.5470	13.9013	13.7180	14.7180	7.2091	0.0000	16.0887	0.0000	16.0887	0.0000	1.2873	25.0078	25.9114
3	43.56	0.801	0.7944	33.8161	36.4527	24.6166	9.8010	34.4176	29.9443	28.6217	28.7510	25.8861	25.8861	16.0987	0.0000	35.0887	0.0000	35.0341	0.0000	1.2908	25.5188	27.3654
4	43.56	0.801	0.7944	34.8974	48.8152	35.5108	9.8010	45.3118	37.6700	36.4858	34.1311	35.2391	35.2391	26.0341	0.0000	36.0341	0.0000	36.3571	0.0000	1.2922	26.0509	28.7156
5	43.56	0.801	0.7944	35.9931	64.6959	44.7541	9.8010	54.5551	47.4487	46.5871	46.2075	47.0621	47.0621	36.3571	0.0000	38.8006	0.0000	46.8000	0.0000	1.2939	26.6050	30.1354
6	43.56	0.801	0.7944	37.1047	79.6740	52.0139	9.8010	61.8149	45.7628	53.9509	54.4807	54.0963	54.0963	46.3000	0.0000	48.3000	0.0000	56.5554	0.0000	1.2957	27.1870	31.7391
7	43.56	0.801	0.7944	38.2319	78.2089	52.8813	9.8010	62.6823	54.5173	55.1337	56.2374	55.6086	55.6086	56.5354	0.0000	56.5354	0.0000	64.9328	0.0000	1.2961	27.7879	32.6010
8	43.56	0.801	0.7944	39.3774	86.1349	55.2351	9.8010	63.0261	54.8242	56.3615	57.5528	56.9916	56.9916	64.9328	0.0000	64.9328	0.0000	71.8771	0.0000	1.2964	28.4668	33.3673
9	43.56	0.801	0.7944	40.5420	81.4820	53.1312	9.8010	62.9322	54.7346	57.2170	58.4053	55.8714	55.8714	71.8771	0.0000	71.8771	0.0000	77.2852	0.0000	1.2962	29.0608	34.1186
10	43.56	0.801	0.7944	41.7272	83.0624	53.1302	9.8010	62.9312	54.7337	58.2593	59.4691	55.8703	55.8703	77.2852	0.0000	77.2852	0.0000	81.0747	0.0000	1.2954	29.7403	34.8795
11	43.56	0.801	0.7944	42.9347	84.4952	52.9678	9.8010	62.7688	54.5925	59.2354	60.4365	55.6995	55.6995	81.0747	0.0000	81.0747	0.0000	83.1668	0.0000	1.2941	30.4487	35.6928
12	43.56	0.801	0.7944	44.1664	85.4574	52.4305	9.8010	62.2315	54.1252	59.9409	61.0587	55.1345	55.1345	83.1668	0.0000	83.1668	0.0000	83.5134	0.0000	1.2921	31.1878	36.5062
13	43.56	0.801	0.7944	45.4244	86.6018	51.9576	9.8010	61.7586	53.7139	60.7966	61.8416	54.6372	54.6372	83.5134	0.0000	83.5134	0.0000	82.0251	0.0000	1.2895	31.9594	37.3363
14	43.56	0.801	0.8472	46.7550	93.2821	51.1987	9.8010	60.9997	53.0538	65.6055	66.5766	53.8391	53.8391	82.0251	0.0000	82.0251	0.0000	78.3636	0.0000	1.2861	32.7657	38.2147
15	43.56	0.801	0.8472	48.1632	94.7667	50.6574	9.8010	60.4584	52.5830	66.7887	67.6611	53.2699	53.2699	78.3636	0.0000	78.3636	0.0000	72.3899	0.0000	1.2817	33.6664	39.1514
16	43.56	0.801	0.8472	49.6113	96.7955	50.3329	9.8010	60.1339	52.3008	68.3823	69.2033	52.9287	52.9287	72.3899	0.0000	72.3899	0.0000	63.8787	0.0000	1.2764	34.6128	40.2423
17	43.56	0.801	0.8472	51.1038	96.5376	48.6196	9.8010	58.4206	50.8107	68.5562	68.9830	51.1270	51.1270	63.8787	0.0000	63.8787	0.0000	53.1295	0.0000	1.2700	35.6086	41.2989
18	43.56	0.801	0.8472	52.6462	94.9574	46.1307	9.8010	55.9317	48.6460	67.9264	67.7361	48.5097	48.5097	53.1295	0.0000	53.1295	0.0000	40.3957	0.0000	1.2625	36.6587	42.2840
19	43.56	0.801	0.8472	54.2452	95.7180	44.8349	9.8010	54.6359	47.5190	68.8983	68.3592	47.1472	47.1472	40.3957	0.0000	40.3957	0.0000	25.0788	0.0000	1.2538	37.7687	43.3080
20	43.56	0.801	0.8472	55.9089	97.4745	43.9237	9.8010	53.7247	46.7265	70.0208	69.8144	46.1890	46.1890	25.0780	0.0000	25.0780	0.0000	6.7492	0.0000	1.2437	38.9443	44.6252
21	43.56	0.801	0.8472	57.6475	94.6130	40.5815	9.8010	50.3825	43.8186	69.3748	67.5617	42.6744	42.6744	6.7492	0.0000	6.7492	0.0000	13.2938	0.0000	1.2321	40.1971	45.9425
22	43.56	0.801	0.8472	59.4739	79.0328	31.2805	9.8010	41.0615	35.7128	59.5676	54.8204	32.8727	32.8727	-13.2938	0.0000	13.2938	0.0000	-30.3443	0.0000	1.2185	41.5345	46.6751
23	43.56	0.801	0.8472	61.4053	68.6789	21.1320	9.8010	30.9930	26.9258	47.7138	39.4477	22.2850	22.2850	-50.3443	0.0000	30.3443	0.0000	-42.2095	0.0000	1.2050	42.9713	47.0945
24	43.56	0.801	0.8472	63.4653	48.0918	10.8619	9.8010	20.6629	17.9713	34.0813	21.6612	11.4221	11.4221	-82.2095	0.0000	42.2095	0.0000	-46.3927	0.0000	1.1849	44.5255	47.5128
25	43.56	0.801	0.8472	65.6868	15.4497	-0.1966	9.8010	9.6994	3.3513	17.1896	-0.4255	-0.2068	-0.2068	-86.3927	0.0000	46.3927	0.0000	0.0000	0.0000	1.1636	46.2322	47.9332
Factor de seguridad (FS) =		1.14977																				
FS = 1.14977 < 1.5		Tensión en el corte II, corte a falla																				

Fuente: Elaboración propia



Tabla 161

Resultados obtenidos del análisis de factor de seguridad por el Método de Janbú Simplificado en el Corte II

Perfil Metodo		Corte II Método de Janbú Simplificado																						
<p>Procedimiento</p> <p>Se divide el área de falla en dovelas verticales (donde se obtienen las fuerzas actuantes (FA) y fuerzas resultantes (FR) para cada dovela) con la sumatoria de estas fuerzas se obtiene el factor de seguridad</p> $FS = \frac{F_R}{F_A}$		<p>Factor de seguridad</p> $F.S. = \frac{f_0 \sum [C' b + (W - u b) \tan \phi']}{\sum W \tan \alpha}$										<p>Fuerzas sobre las dovelas</p>												
Número de dovela	Ángulo de inclinación base (grados)	Calcular de peso (kN)	Ancho de dovela (m)	Ángulo de la base del corte (grados)	Peso de la dovela (kN)	Fuerza de fricción (kN)	Fuerza cohesiva (kN)	Resistencia a la rotación (kN)	Esfuerzo normal (kN)	Fuerza normal (kN)	Fuerza normal base (kN)	Tensión normal (kN)	Tensión normal efectiva (kN)	Fuerza normal del lado izquierdo (kN)	Fuerza normal del lado derecho (kN)	Fuerza resultante del lado izquierdo (kN)	Ángulo de fuerza del lado izquierdo (grados)	Fuerza normal del lado derecho (kN)	Fuerza resultante del lado derecho (kN)	Ángulo de fuerza del lado derecho (grados)	Malla	Coordenada Y - slice (m)	Coordenada Y - Superficie (m)	
1	43.36	9.8010	0.8003	28.7834	8.0268	3.1254	9.8010	13.1294	11.8859	10.8597	1.1952	5.5000	5.5000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	7.9718	0.0000	7.9718	0.0000	1.2408	24.5507	24.3507
2	43.36	9.8010	0.8003	28.9632	23.8598	15.7055	9.8010	25.5865	23.0907	21.3361	19.2605	16.5155	16.5155	7.0718	0.0000	7.0718	0.0000	18.8165	0.0000	18.8165	0.0000	1.2463	24.7980	25.7952
3	43.36	9.8010	0.8003	31.2388	39.2381	27.2726	9.8010	37.0758	33.5623	31.4137	28.8431	26.0791	26.0791	18.5108	0.0000	18.5108	0.0000	31.7487	0.0000	31.7487	0.0000	1.3014	25.2459	27.2198
4	43.36	9.8010	0.8003	32.5434	52.8314	34.8440	9.8010	46.6490	42.3289	40.0999	36.7890	34.7491	34.7491	31.7487	0.0000	31.7487	0.0000	45.7760	0.0000	45.7760	0.0000	1.3498	26.7575	28.5988
5	43.36	9.8010	0.8003	35.7630	69.1223	48.5582	9.8010	58.3772	52.5120	50.8497	49.1429	31.0393	31.0393	45.7760	0.0000	45.7760	0.0000	60.7023	0.0000	60.7023	0.0000	1.3897	28.2472	29.9952
6	43.36	9.8010	0.8003	37.0680	81.8777	56.9987	9.8010	70.7475	64.2378	62.0924	58.7823	39.8844	39.8844	60.7023	0.0000	60.7023	0.0000	75.5964	0.0000	75.5964	0.0000	1.4194	28.7826	31.0107
7	43.36	9.8010	0.8003	36.4041	85.2873	58.1949	9.8010	67.9958	61.5558	61.2954	60.8477	61.1992	61.1992	61.1992	0.0000	61.1992	0.0000	88.5223	0.0000	88.5223	0.0000	1.3156	27.3446	32.5453
8	43.36	9.8010	0.8003	37.7481	87.9022	58.7653	9.8010	68.5663	62.0723	62.8227	62.5430	61.7960	61.7960	88.5223	0.0000	88.5223	0.0000	99.8947	0.0000	99.8947	0.0000	1.3176	27.9347	33.3173
9	43.36	9.8010	0.8003	39.1170	89.8159	58.7512	9.8010	68.5522	62.0595	64.0120	63.7248	61.7811	61.7811	99.8947	0.0000	99.8947	0.0000	109.3410	0.0000	109.3410	0.0000	1.3189	28.5543	34.0754
10	43.36	9.8010	0.8003	40.5131	91.8871	58.7652	9.8010	68.5662	62.0722	65.3389	65.0480	61.7959	61.7959	109.3410	0.0000	109.3410	0.0000	116.7450	0.0000	116.7450	0.0000	1.3194	29.2051	34.8384
11	43.36	9.8010	0.8003	41.9388	93.7878	58.5747	9.8010	68.3757	61.8997	66.5938	66.2666	61.5956	61.5956	116.7450	0.0000	116.7450	0.0000	121.9790	0.0000	121.9790	0.0000	1.3191	29.8889	35.6578
12	43.36	9.8010	0.8003	43.3973	95.1285	57.9253	9.8010	67.7263	61.3119	67.5274	67.0877	60.9126	60.9126	121.9790	0.0000	121.9790	0.0000	124.9390	0.0000	124.9390	0.0000	1.3179	30.6079	36.4771
13	43.36	9.8010	0.8003	44.8917	96.5526	57.2464	9.8010	67.0474	60.6973	68.5647	68.0015	60.1987	60.1987	124.9390	0.0000	124.9390	0.0000	125.5060	0.0000	125.5060	0.0000	1.3159	31.3646	37.3114
14	43.36	9.8010	0.8003	46.4261	97.6115	56.2456	9.8010	66.0466	59.7912	69.4179	68.6692	59.1463	59.1463	125.5060	0.0000	125.5060	0.0000	123.5920	0.0000	123.5920	0.0000	1.3128	32.1619	38.1963
15	43.36	9.8010	0.8221	48.0273	101.5910	55.2654	9.8010	65.0664	58.9039	72.4052	71.4361	58.1155	58.1155	123.5920	0.0000	123.5920	0.0000	118.8910	0.0000	118.8910	0.0000	1.3086	33.0030	39.0812
16	43.36	9.8010	0.8221	49.7021	103.5640	54.5202	9.8010	64.3212	58.2293	74.0123	72.8718	57.3320	57.3320	118.8910	0.0000	118.8910	0.0000	111.1680	0.0000	111.1680	0.0000	1.3032	33.9169	40.1273
17	43.36	9.8010	0.8221	51.4369	103.3550	52.4053	9.8010	62.2063	56.3147	74.2640	72.6727	55.1079	55.1079	111.1680	0.0000	111.1680	0.0000	100.6250	0.0000	100.6250	0.0000	1.2963	34.8863	41.1665
18	43.36	9.8010	0.8221	53.2405	101.5350	49.3285	9.8010	59.1295	53.5293	73.5300	71.2543	51.8725	51.8725	100.6250	0.0000	100.6250	0.0000	87.5319	0.0000	87.5319	0.0000	1.2880	35.9174	42.1224
19	43.36	9.8010	0.8221	55.1272	100.7900	46.7552	9.8010	56.5362	51.1818	71.9828	70.6547	48.1454	48.1454	87.5319	0.0000	87.5319	0.0000	71.6306	0.0000	71.6306	0.0000	1.2779	37.0170	43.0783
20	43.36	9.8010	0.8221	57.1086	101.6120	44.8430	9.8010	54.6444	48.4694	74.8706	73.7302	47.1566	47.1566	71.6306	0.0000	71.6306	0.0000	52.3623	0.0000	52.3623	0.0000	1.2658	38.1974	44.0110
21	43.36	9.8010	0.8221	59.1886	99.8836	42.4653	9.8010	51.2863	46.4108	74.4882	69.9930	43.6038	43.6038	52.3623	0.0000	52.3623	0.0000	30.3985	0.0000	30.3985	0.0000	1.2514	39.4651	45.0091
22	43.36	9.8010	0.8221	61.4177	85.4144	33.3017	9.8010	42.1627	38.1151	65.4888	58.3656	33.9676	33.9676	30.3985	0.0000	30.3985	0.0000	10.4759	0.0000	10.4759	0.0000	1.2342	40.8466	46.5565
23	43.36	9.8010	0.8221	63.8147	65.8227	21.4489	9.8010	31.2499	28.2902	52.7027	42.0987	22.5591	22.5591	10.4759	0.0000	10.4759	0.0000	-5.5824	0.0000	-5.5824	0.0000	1.2100	42.3594	46.9654
24	43.36	9.8010	0.8221	66.4485	43.1543	10.2662	9.8010	20.0872	18.1696	37.3653	22.2035	10.7957	10.7957	-5.5824	0.0000	-5.5824	0.0000	-9.4051	0.0000	-9.4051	0.0000	1.1866	46.0271	47.3704
25	43.36	9.8010	0.8221	69.3823	10.9637	-1.1887	9.8010	8.6125	7.7966	18.2019	-2.9182	-1.2700	-1.2700	-9.4051	0.0000	-9.4051	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	1.1577	45.9124	47.7172
Factor de seguridad (FS) =		1.10462																						
FS =		1.10462	=																					
		1.5	Factor de seguridad > 1.5, siendo a falla																					

Fuente: Elaboración propia



Tabla 162

Resultados obtenidos del análisis de factor de seguridad por el Método de Fellenius en el Corte III

Perfil Metodo		Valores obtenidos de cada dovela en el Software Slide																						
Procedimiento		Factor de seguridad										Fuerzas sobre las dovelas												
Se divide el área de falla en dovelas verticales donde se obtienen las fuerzas actuantes (FA) y fuerzas resistentes (FR) para cada dovela y con la sumatoria de estas fuerzas se obtiene el factor de seguridad		$FS = \frac{\sum_{i=1}^n [c \Delta L_{oi} + (W_{oi} \cos \alpha - u_{oi} \Delta L_{oi}) \tan \phi]}{\sum_{i=1}^n W_{oi} \sin \alpha_i}$																						
$FS = \frac{F_R}{F_A}$																								
Número de dovelas	Ángulo de inclinación base (grados)	Coordenada de base (X)	Ángulo de dovela (grados)	Ángulo de la base del corte (grados)	Ángulo de la rebanada (grados)	Fuerza de flotación (kN)	Fuerza de cohesión (kN)	Resistencia a la tracción (kN)	Esfuerzo sobretensión (kN)	Fuerza de fricción base (kN)	Fuerza normal base (kN)	Tensión normal base (kPa)	Tensión normal elevación (kPa)	Fuerza normal del lado izquierdo (kN)	Fuerza de agua del lado izquierdo (kN)	Fuerza normal del lado izquierdo (kN)	Ángulo de fuerza del lado izquierdo (grados)	Fuerza normal del lado derecho (kN)	Fuerza de agua del lado derecho (kN)	Fuerza normal del lado derecho (kN)	Ángulo de fuerza del lado derecho (grados)	Ábata	Coordenada Y- (Anillo (m))	Coordenada Y- Superficie (m)
1	43.580	9.8010	0.7286	30.9170	4.2802	4.1176	9.8010	13.9188	33.5318	11.4918	3.8772	4.3299	4.3299	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	24.7183	24.7183
2	43.580	9.8010	0.7286	32.1192	12.7841	11.8944	9.8010	21.8554	21.0926	18.1446	10.7597	12.5078	12.5078	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	25.1547	25.7589
3	43.580	9.8010	0.7286	33.3374	20.9872	18.9557	9.8010	28.7567	27.9577	24.3812	17.2632	18.9333	18.9333	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	25.6120	26.7594
4	43.580	9.8010	0.7286	34.5729	28.5821	25.2955	9.8010	35.0645	34.1104	30.1898	23.5346	26.9979	26.9979	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	26.0913	27.7299
5	43.580	9.8010	0.7286	35.8270	36.0142	30.9012	9.8010	40.7822	39.5713	35.5587	28.1999	32.4949	32.4949	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	26.5914	28.8005
6	43.580	9.8010	0.7286	37.1013	43.3860	35.9562	9.8010	45.7572	44.4858	40.6374	34.5396	37.8105	37.8105	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	27.1194	29.8210
7	43.580	9.8010	0.7286	38.3974	51.2193	41.0785	9.8010	50.8195	49.4658	45.9850	40.1573	45.1969	45.1969	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	27.6704	30.8943
8	43.580	9.8010	0.7286	39.7173	58.9837	45.4901	9.8010	55.2811	53.7848	50.9152	48.3091	47.8361	47.8361	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	28.2478	32.0079
9	43.580	9.8010	0.7286	41.0628	66.1474	49.0830	9.8010	58.8848	57.2479	55.3181	49.8744	51.6143	51.6143	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	28.8531	33.1216
10	43.580	9.8010	0.7286	42.4366	72.9444	51.8586	9.8010	61.6396	59.9463	59.1787	53.8347	54.5331	54.5331	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	29.4878	34.2352
11	43.580	9.8010	0.7286	43.8412	79.2849	53.8213	9.8010	63.6225	61.8547	62.4816	57.1708	56.5971	56.5971	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	30.1539	35.3489
12	43.580	9.8010	0.7286	45.2796	86.3659	55.8133	9.8010	65.6145	63.7913	66.0511	60.7711	58.6920	58.6920	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	30.8516	36.4625
13	43.580	9.8010	0.7286	46.7556	93.3431	58.4116	9.8010	68.2126	66.3171	70.5243	65.3207	61.4241	61.4241	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	31.5894	37.7889
14	43.580	9.8010	0.7625	48.3097	107.7060	59.4189	9.8010	69.2190	67.2957	77.1438	71.6354	62.4824	62.4824	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	32.3640	39.1597
15	43.580	9.8010	0.7625	49.9493	108.2190	55.8797	9.8010	65.6807	63.8557	75.6719	69.0340	58.7615	58.7615	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	33.2201	40.3016
16	43.580	9.8010	0.7625	51.6469	106.7150	51.2411	9.8010	61.8421	59.3460	72.9208	66.2172	53.8837	53.8837	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	34.1273	41.1391
17	43.580	9.8010	0.7625	53.4107	104.2900	46.2107	9.8010	56.0117	54.4554	69.6826	62.1642	48.5939	48.5939	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	35.0910	41.9766
18	43.580	9.8010	0.7625	55.2511	100.8210	40.8488	9.8010	50.6498	49.2425	65.8778	57.4870	42.9555	42.9555	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	36.1181	42.8141
19	43.580	9.8010	0.7625	57.1814	96.1444	35.2277	9.8010	45.0287	43.7775	61.5923	52.1193	37.0445	37.0445	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	37.2174	43.6515
20	43.580	9.8010	0.7625	59.2186	91.0439	29.7365	9.8010	39.5175	38.4389	57.2745	46.5929	31.2701	31.2701	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	38.3997	44.4890
21	43.580	9.8010	0.7625	61.3862	85.5381	24.4713	9.8010	34.2723	33.3200	53.0539	40.9740	25.7533	25.7533	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	39.6798	45.4587
22	43.580	9.8010	0.7634	63.7184	76.7113	18.7357	9.8010	28.5267	27.7438	47.8107	33.9464	19.7019	19.7019	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	41.0776	46.4310
23	43.580	9.8010	0.7634	66.2840	60.2109	12.1565	9.8010	21.9575	21.3474	40.4852	28.2457	12.7834	12.7834	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	42.6214	47.1384
24	43.580	9.8010	0.7634	69.1055	39.8405	6.3141	9.8010	16.1151	15.6673	33.5311	14.2103	6.6397	6.6397	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	44.3365	47.6599
25	43.580	9.8010	0.7634	72.5920	14.5160	1.6337	9.8010	11.4347	11.1170	28.0392	4.3351	1.7180	1.7180	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	46.3589	48.2214
Factor de seguridad (FS) =		1.0288																						
FS = 1.0288 < 1.5		Falló en F2(23.40030), siendo a falla																						

Fuente: Elaboración propia



Tabla 163

Resultados obtenidos del análisis de factor de seguridad por el Método Simplificado de Bishop en el Corte III

Perfil Metodo		Corte III Método Simplificado de Bishop (1955)																				
<p>Procedimiento</p> <p>Se divide el área de falla en dovelas verticales donde se obtendrá las fuerzas actuantes (FA) y fuerzas resultantes (FR) para cada dovela y con la sumatoria de estas fuerzas se obtiene el factor de seguridad</p> $FS = \frac{F_A}{F_R}$		<p>Factor de seguridad</p> $FS_s = \frac{\sum_{i=1}^n (c b_i + W_i \tan \phi)}{\sum_{i=1}^n W_i \sec \alpha_i}$ <p>donde</p> $m_{(corri)} = \cos \alpha_i + \frac{\tan \delta \sec \alpha_i}{FS_s}$									<p>Fuerzas sobre las dovelas</p>											
Número de dovelas	Ángulo de la dovela base (grados)	Coeficiente de fricción (kPa)	Ángulo de fricción (grados)	Peso de la dovela (kN)	Fuerza de fricción (kPa)	Fuerza cohesiva (kPa)	Resistencia al deslizamiento (kPa)	Esfuerzo cortante (kPa)	Fuerza cohesiva (kPa)	Fuerza normal base (kN)	Tensión normal base (kPa)	Tensión normal efectiva (kPa)	Fuerza normal del lado izquierdo (kN)	Fuerza de corte del lado izquierdo (kN)	Fuerza resultante del lado izquierdo (kN)	Ángulo de fuerza del lado izquierdo (grados)	Fuerza normal del lado derecho (kN)	Fuerza de corte del lado derecho (kN)	Ángulo de fuerza del lado derecho (grados)	N=40	Coordenada Y - Alto (m)	Coordenada Y - Base (m)
1	43.56	9.8010	0.7330	32.9980	-4.0784	-0.2306	9.8010	-9.5004	9.9498	7.8126	-6.1034	-9.2215	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.6600	0.0000	6.6600	1.3212	24.9504	24.9504
2	43.56	9.8010	0.7330	24.0679	12.8765	6.1198	9.8010	15.9208	14.8575	13.1463	5.6987	6.4354	8.6698	0.0000	0.0000	0.0000	14.3541	0.0000	14.3541	1.2252	25.4236	25.9771
3	43.56	9.8010	0.7330	35.2542	19.7501	11.9733	9.8010	21.7348	20.3205	18.2094	11.3048	12.5913	14.3541	0.0000	0.0000	0.0000	22.7154	0.0000	22.7154	1.3285	25.9202	27.0688
4	43.56	9.8010	0.7330	36.4882	27.8651	17.3498	9.8010	27.1508	25.5374	23.0906	16.6267	18.2445	22.7154	0.0000	0.0000	0.0000	31.3948	0.0000	31.3948	1.3315	26.4383	28.0705
5	43.56	9.8010	0.7330	37.6811	34.9656	22.2434	9.8010	32.8464	29.9960	27.0372	21.6649	23.3927	31.3948	0.0000	0.0000	0.0000	40.0380	0.0000	40.0380	1.3335	26.9799	29.0372
6	43.56	9.8010	0.7330	38.9246	41.1442	27.0128	9.8010	36.8138	34.3550	32.5677	26.7628	26.4060	40.0380	0.0000	0.0000	0.0000	48.4081	0.0000	48.4081	1.3352	27.5460	30.0329
7	43.56	9.8010	0.7330	40.1903	48.7225	31.9299	9.8010	41.7409	38.9520	37.3756	32.2270	31.5872	48.4081	0.0000	0.0000	0.0000	56.1442	0.0000	56.1442	1.3362	28.1380	31.1179
8	43.56	9.8010	0.7330	41.4892	56.8082	36.9492	9.8010	46.1502	43.6678	42.1356	39.2968	38.2239	56.1442	0.0000	0.0000	0.0000	62.9215	0.0000	62.9215	1.3368	28.7571	32.2869
9	43.56	9.8010	0.7330	42.7961	62.6549	40.2168	9.8010	50.0178	46.6771	46.6258	42.2444	42.2909	62.9215	0.0000	0.0000	0.0000	68.4120	0.0000	68.4120	1.3363	29.4052	33.4286
10	43.56	9.8010	0.7330	44.1408	68.9346	43.5331	9.8010	53.3341	49.7719	50.8358	46.7567	45.7782	68.4120	0.0000	0.0000	0.0000	72.3074	0.0000	72.3074	1.3353	30.0838	34.5490
11	43.56	9.8010	0.7330	45.5168	74.7425	46.3057	9.8010	56.1067	52.3593	54.7707	50.9363	48.6938	72.3074	0.0000	0.0000	0.0000	74.3198	0.0000	74.3198	1.3335	30.7951	35.6694
12	43.56	9.8010	0.7330	46.9274	82.3274	50.0421	9.8010	59.8431	55.8462	59.9386	56.4791	52.6229	74.3198	0.0000	0.0000	0.0000	73.9698	0.0000	73.9698	1.3308	31.5414	36.8209
13	43.56	9.8010	0.6805	48.3229	84.0494	53.9462	9.8010	63.7472	59.4895	60.8835	58.0576	56.7283	73.9698	0.0000	0.0000	0.0000	71.0638	0.0000	71.0638	1.3273	32.3255	38.0000
14	43.56	9.8010	0.6805	49.7044	89.1744	55.8974	9.8010	65.6984	61.3104	64.5130	61.8506	58.7802	71.0638	0.0000	0.0000	0.0000	65.5851	0.0000	65.5851	1.3232	33.0899	39.4804
15	43.56	9.8010	0.6805	51.1265	88.5089	53.7583	9.8010	63.5593	59.3142	64.3146	61.2965	56.5307	65.5851	0.0000	0.0000	0.0000	58.2019	0.0000	58.2019	1.3181	33.8924	40.3987
16	43.56	9.8010	0.6805	52.5938	86.8694	50.9445	9.8010	60.7455	56.6883	63.5054	60.0141	53.5718	58.2019	0.0000	0.0000	0.0000	49.0822	0.0000	49.0822	1.3120	34.7366	41.1461
17	43.56	9.8010	0.6805	54.1120	84.5697	47.6996	9.8010	57.5006	53.6601	62.2932	58.2295	50.1596	49.0822	0.0000	0.0000	0.0000	38.3998	0.0000	38.3998	1.3047	35.6265	41.8935
18	43.56	9.8010	0.6805	55.6882	81.5348	44.0093	9.8010	53.8103	50.2163	60.6229	55.8696	46.2790	38.3998	0.0000	0.0000	0.0000	26.4035	0.0000	26.4035	1.2962	36.5670	42.6409
19	43.56	9.8010	0.6805	57.3308	77.8724	39.8579	9.8010	49.8589	46.3422	58.4339	52.8405	41.9134	26.4035	0.0000	0.0000	0.0000	13.4385	0.0000	13.4385	1.2864	37.5641	43.3883
20	43.56	9.8010	0.6805	59.0597	73.8700	35.3202	9.8010	45.1212	42.1076	55.7182	49.1477	37.1418	13.4385	0.0000	0.0000	0.0000	-0.0749	0.0000	-0.0749	1.2749	38.6254	44.1327
21	43.56	9.8010	0.6805	60.8616	68.6145	30.9895	9.8010	40.7905	38.0861	53.2906	45.5441	32.5877	-0.0749	0.0000	0.0000	0.0000	-13.9674	0.0000	-13.9674	1.2616	39.7602	44.9386
22	43.56	9.8010	0.7883	62.9453	72.5493	25.7647	9.8010	35.8657	33.1903	57.5159	46.9528	27.0934	-13.9674	0.0000	0.0000	0.0000	-29.6376	0.0000	-29.6376	1.2447	40.9809	45.8152
23	43.56	9.8010	0.7883	65.3872	58.1595	17.7481	9.8010	27.5491	25.7991	48.6924	35.2828	18.6034	-29.6376	0.0000	0.0000	0.0000	-41.4547	0.0000	-41.4547	1.2231	42.3243	46.8115
24	43.56	9.8010	0.7883	68.0172	38.5965	7.8294	9.8010	17.6304	16.4529	34.6482	17.3373	8.2332	-41.4547	0.0000	0.0000	0.0000	-44.5708	0.0000	-44.5708	1.1987	44.2426	47.5706
25	43.56	9.8010	0.7883	71.0332	13.7675	-2.4249	9.8010	7.3761	6.8834	16.6940	-6.1843	-2.5580	-44.5708	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	1.1677	46.1053	47.9268
Factor de seguridad (FS) =		1.035																				
FS =		1.035 < 1.5 Total en EQUILIBRIO, frente a falla																				

Fuente: Elaboración propia



Tabla 164

Resultados obtenidos del análisis de factor de seguridad por el Método de Janbú en el Corte III

Perfil Método		Corte III Método de Janbú Simplificado																						
Procedimiento		Factor de seguridad									Fuerzas sobre las dovelas													
Se divide el área de falla en dovelas verticales donde se sitúan las fuerzas actuantes (FA) y fuerzas resultantes (FR) para cada dovela con la sumatoria de estas fuerzas se obtiene el factor de seguridad		$F.S. = \frac{f_c \Sigma [(c' b + (W - u) \tan \alpha) \frac{1}{\cos \alpha \sin \alpha}]}{\Sigma W \tan \alpha}$																						
$FS = \frac{F_R}{F_A}$																								
Numero de dovelas	Angulo de inclinación (grados)	Coeficiente de fricción (kN)	Área de dovela (m²)	Angulo de la base del corte (grados)	Fuerza de cohesión (kN)	Fuerza de fricción (kN)	Fuerza cohesión (kN)	Resistencia a la compresión (MPa)	Esfuerzo cortante (kN)	Fuerza normal (kN)	Fuerza normal efectiva (kN)	Tensión normal (kN/m²)	Tensión normal efectiva (kN/m²)	Fuerza normal del lado superior (kN)	Fuerza de corte del lado superior (kN)	Fuerza resultante del lado superior (kN)	Ángulo de fuerza del lado superior (grados)	Fuerza normal del lado inferior (kN)	Fuerza de corte del lado inferior (kN)	Fuerza resultante del lado inferior (kN)	Ángulo de fuerza del lado inferior (grados)	Malla	Coeficiente T-Ang (m)	Coeficiente Y-Seguridad (m)
1	43.56	9.8010	0.7286	30.9170	4.2862	0.0975	9.8010	9.8995	9.6520	8.1069	0.9871	0.1026	0.1026	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	6.9973	0.0000	6.9973	0.0000	1.3343	24.7183	24.7183
2	43.56	9.8010	0.7286	32.1192	12.7841	0.8749	9.8010	10.0739	16.2006	13.8880	9.2199	2.2294	2.2294	0.9873	0.0000	0.9873	0.0000	15.3273	0.0000	15.3273	0.0000	1.3409	23.1347	23.1347
3	43.56	9.8010	0.7286	33.3174	20.8872	13.1556	9.8010	12.9566	22.3849	19.5213	12.0644	15.8341	15.8341	15.5275	0.0000	15.5275	0.0000	25.2060	0.0000	25.2060	0.0000	1.3450	25.6120	25.6120
4	43.56	9.8010	0.7286	34.5719	28.5821	18.9401	9.8010	18.7411	28.0753	24.7976	17.6230	19.9168	19.9168	25.2660	0.0000	25.2660	0.0000	35.6237	0.0000	35.6237	0.0000	1.3496	26.0913	27.7594
5	43.56	9.8010	0.7286	35.8270	36.0142	24.2274	9.8010	24.0285	35.1811	29.8165	22.8936	25.4770	25.4770	35.6237	0.0000	35.6237	0.0000	46.3975	0.0000	46.3975	0.0000	1.3536	26.5974	28.8905
6	43.56	9.8010	0.7286	37.1013	43.3860	29.1829	9.8010	28.9849	38.0140	34.7255	28.0341	30.6890	30.6890	46.2975	0.0000	46.2975	0.0000	57.1819	0.0000	57.1819	0.0000	1.3569	27.1194	29.8210
7	43.56	9.8010	0.7286	38.3974	51.2393	34.3985	9.8010	44.1995	43.0888	40.0000	33.6272	36.1723	36.1723	57.1819	0.0000	57.1819	0.0000	67.9955	0.0000	67.9955	0.0000	1.3597	27.6764	30.8843
8	43.56	9.8010	0.7286	39.7173	58.9637	39.1649	9.8010	48.9659	47.7465	45.2242	39.0091	41.1847	41.1847	67.9955	0.0000	67.9955	0.0000	77.5546	0.0000	77.5546	0.0000	1.3617	28.2478	32.0479
9	43.56	9.8010	0.7286	41.0628	66.1474	43.3779	9.8010	53.1789	51.8545	50.1066	44.0773	45.6149	45.6149	77.5546	0.0000	77.5546	0.0000	86.3797	0.0000	86.3797	0.0000	1.3631	28.8531	33.1216
10	43.56	9.8010	0.7286	42.4366	72.9444	47.0294	9.8010	56.8304	55.4151	54.7054	48.8215	49.4548	49.4548	86.3797	0.0000	86.3797	0.0000	93.8093	0.0000	93.8093	0.0000	1.3637	29.4878	34.2352
11	43.56	9.8010	0.7286	43.8412	79.2649	50.1096	9.8010	59.9106	58.4186	59.0107	53.2280	52.6939	52.6939	93.8093	0.0000	93.8093	0.0000	99.5015	0.0000	99.5015	0.0000	1.3635	30.1539	35.3489
12	43.56	9.8010	0.7286	45.2796	86.3659	53.4771	9.8010	63.2781	61.7022	63.8880	58.2272	56.2351	56.2351	99.5015	0.0000	99.5015	0.0000	103.0820	0.0000	103.0820	0.0000	1.3625	30.8536	36.4625
13	43.56	9.8010	0.7286	46.7556	95.3431	57.7988	9.8010	67.5998	65.9163	70.0979	64.6353	60.7796	60.7796	103.0820	0.0000	103.0820	0.0000	104.0230	0.0000	104.0230	0.0000	1.3606	31.5894	37.7889
14	43.56	9.8010	0.7625	48.3097	107.7060	60.8089	9.8010	70.6099	68.8514	78.9375	73.3123	63.9450	63.9450	104.0230	0.0000	104.0230	0.0000	101.7770	0.0000	101.7770	0.0000	1.3575	32.3640	39.1597
15	43.56	9.8010	0.7625	49.9493	108.2190	59.0319	9.8010	68.8329	67.1187	79.5387	73.5632	62.0763	62.0763	101.7770	0.0000	101.7770	0.0000	96.6453	0.0000	96.6453	0.0000	1.3533	33.2201	40.3016
16	43.56	9.8010	0.7625	51.6469	106.7150	55.9880	9.8010	65.7890	64.1506	78.8341	72.3515	58.8754	58.8754	96.6453	0.0000	96.6453	0.0000	88.8231	0.0000	88.8231	0.0000	1.3477	34.1273	41.1391
17	43.56	9.8010	0.7625	53.4107	104.2890	52.3857	9.8010	62.1867	60.6380	77.5718	70.4711	55.0874	55.0874	88.8231	0.0000	88.8231	0.0000	78.4773	0.0000	78.4773	0.0000	1.3406	35.0910	41.9766
18	43.56	9.8010	0.7625	55.2511	100.8230	48.2030	9.8010	58.0040	56.5595	75.6667	67.8130	50.6889	50.6889	78.4773	0.0000	78.4773	0.0000	65.8858	0.0000	65.8858	0.0000	1.3319	36.1181	42.8141
19	43.56	9.8010	0.7625	57.1814	96.1444	43.4143	9.8010	53.2153	51.8900	73.0061	64.2314	45.6533	45.6533	65.8858	0.0000	65.8858	0.0000	51.4733	0.0000	51.4733	0.0000	1.3212	37.2174	43.6515
20	43.56	9.8010	0.7625	59.2186	91.0439	38.4429	9.8010	48.2429	47.0424	70.0939	60.2345	40.4255	40.4255	51.4733	0.0000	51.4733	0.0000	35.9949	0.0000	35.9949	0.0000	1.3084	38.2997	44.4890
21	43.56	9.8010	0.7625	61.3862	85.5581	33.3516	9.8010	43.1526	42.0779	66.9987	55.8430	35.0717	35.0717	35.9949	0.0000	35.9949	0.0000	18.6573	0.0000	18.6573	0.0000	1.2929	39.6798	45.4587
22	43.56	9.8010	0.7634	63.7184	76.7313	26.8132	9.8010	36.6142	35.7024	61.5814	48.6103	28.1960	28.1960	18.6973	0.0000	18.6973	0.0000	2.3251	0.0000	2.3251	0.0000	1.2742	41.0776	46.4430
23	43.56	9.8010	0.7634	66.2616	60.2309	17.4871	9.8010	27.2881	26.6085	50.4629	34.8746	18.3890	18.3890	2.3251	0.0000	2.3251	0.0000	-9.2880	0.0000	9.2880	0.0000	1.2513	42.6214	47.1384
24	43.56	9.8010	0.7634	69.1055	39.8405	7.5328	9.8010	17.3258	16.9921	36.1738	16.9531	7.9213	7.9213	-9.2880	0.0000	9.2880	0.0000	-12.2339	0.0000	12.2339	0.0000	1.2229	44.2595	47.6799
25	43.56	9.8010	0.7634	72.9826	14.3166	-2.7510	9.8010	7.6930	6.8744	17.3385	-3.7965	-2.8929	-2.8929	-12.2339	0.0000	12.2339	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	1.1864	46.3539	48.2214
Factor de seguridad (FS) =		1.02554																						
FS =		1.02554																						

Fuente: Elaboración propia



**d) Análisis de la prueba**

Puede apreciarse que los 3 valores de factor de seguridad obtenidos por cada método para los 3 perfiles longitudinales de cada Corte de la quebrada Ayahuayco menores que 1.5 pero mayores que 1 por lo que el talud se encontraría estable relativamente, cabe indicar que los 3 cortes que se realizaron en la topografía del terreno fueron elegidos en función a las zonas críticas de toda la longitud de la quebrada (corte inicial, central y final), ya que nos permitirá calcular el menor valor de FS.

Tabla 165

Resumen de valores de Factor de seguridad de los métodos aplicados

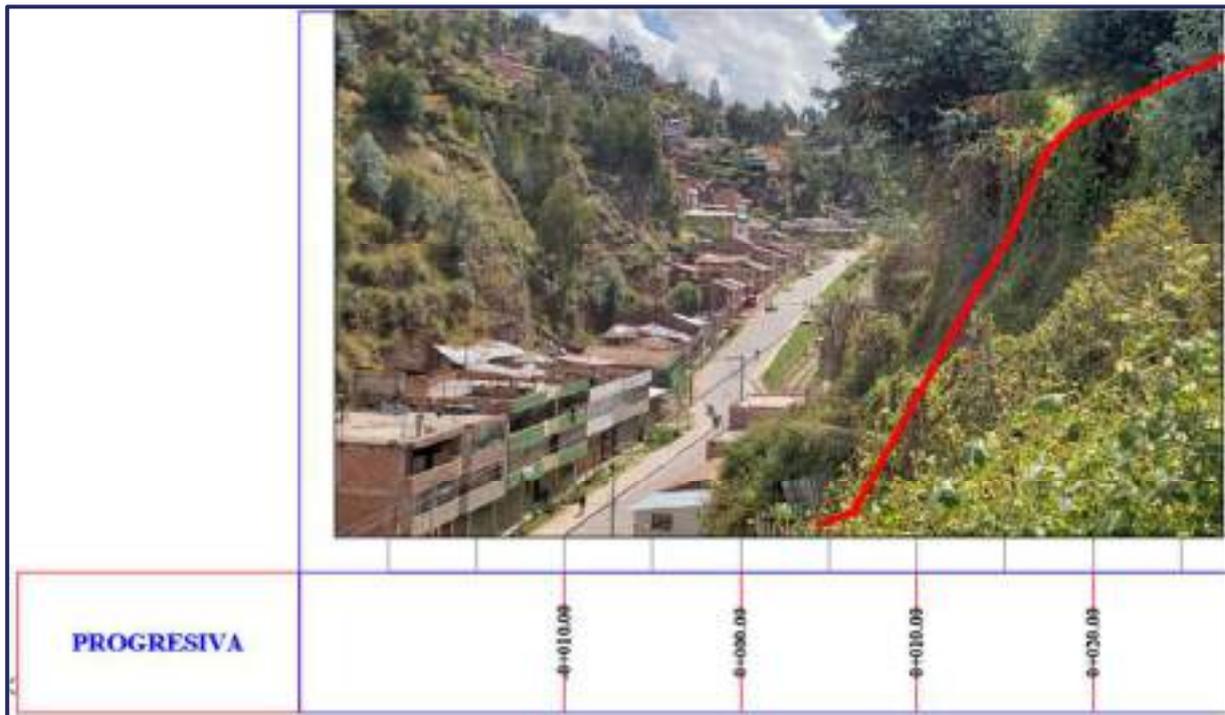
	Método		
	Ordinario de Fellenius	Simplificado de Bishop	Janbu Simplificado
Perfil Corte I	1.013	1.052	1.009
Perfil Corte II	1.109	1.15	1.105
Perfil Corte III	1.029	1.072	1.026

*Fuente: Elaboración propia*

## Capítulo IV: Resultados

### 4.1 De la topografía del terreno

Al momento de realizar el levantamiento topográfico del talud de la quebrada de la margen izquierda de la Quebrada Ayahuayco, se pudo ver que el talud posee una topografía accidentada con presencia de vegetación y pendientes pronunciadas. Para poder determinar el plano de falla se realizaron 03 cortes y así obtener los perfiles longitudinales de las pendientes más críticas del talud.



**Figura 76: Perfil longitudinal quebrada Ayahuayco**

**Fuente: Elaboración propia**

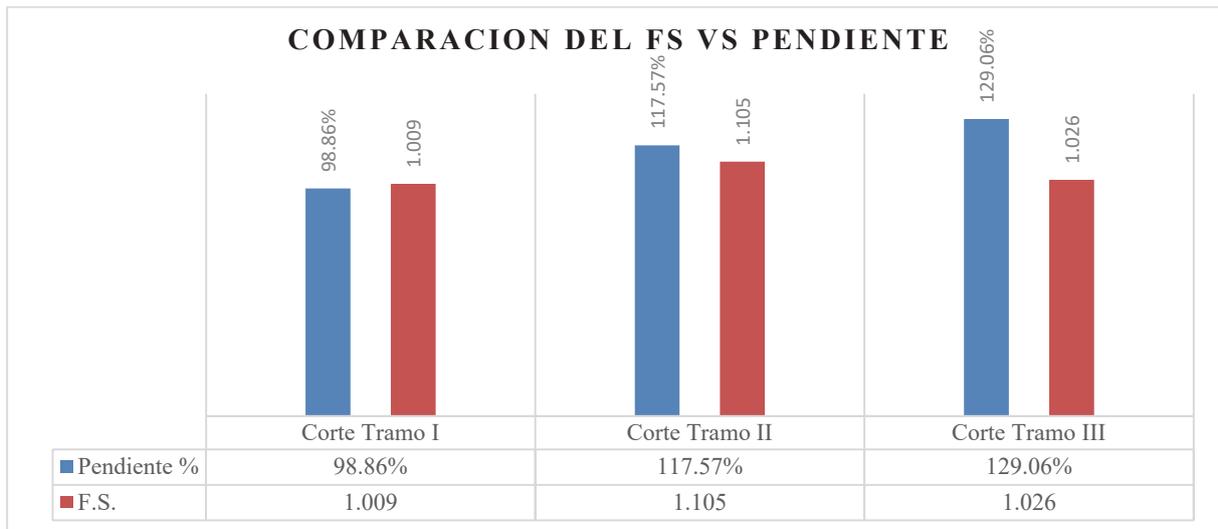
Podemos decir que el factor de seguridad se incrementa cuando la topografía del terreno en relación a la inclinación de talud (pendientes) disminuyen es decir el factor de seguridad es inversamente proporcional a esta, en la Tabla 166 se aprecian los valores.

Tabla 166

Valores de las pendientes más críticas del talud en estudio

Descripción del corte realizado	Pendiente
Perfil Corte I	92.86%
Perfil Corte II	117.57%
Perfil Corte III	129.06%

**Fuente: Elaboración propia**



**Figura 77: Comparación del factor de seguridad vs pendiente**

**Fuente: Elaboración propia**

#### 4.2 De los estudios de infiltración

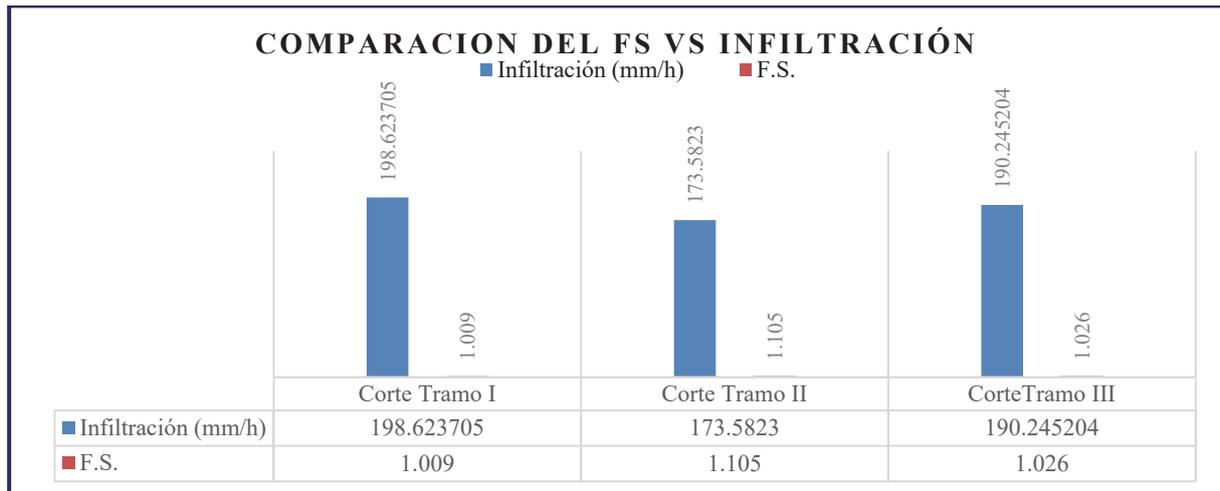
Al momento de realizar los ensayos de infiltración del talud de la margen izquierda de la Quebrada Ayahuayco, se halló la velocidad de infiltración de agua en mm/hr. Podemos observar en la Tabla 167 que en los cortes II y III que presentan uniformidad en el material, el valor de factor de seguridad disminuye a medida que la infiltración del agua aumenta podemos decir que es inversamente proporcional.

Tabla 167

Valores de las pendientes más críticas del talud en estudio

Cortes	Coefficiente de Infiltración	Factor de Seguridad
Corte I	198.623705 mm/hr	1.009
Corte II	173.582300 mm/hr	1.105
Corte III	190.245204 mm/hr	1.026

**Fuente: Elaboración propia**



**Figura 78: Comparación del factor de seguridad vs Infiltración**

**Fuente: Elaboración propia**

#### 4.3 Respecto a los estudios de Mecánica de Suelos

En el lugar de estudio se realizaron 9 prospecciones de las cuales se encontró una variedad de estratos que por medio del Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS) se denominó a cada tipo estrato de suelo que detallaremos a continuación.

Tabla 168

*Clasificación de suelos (SUCS)*

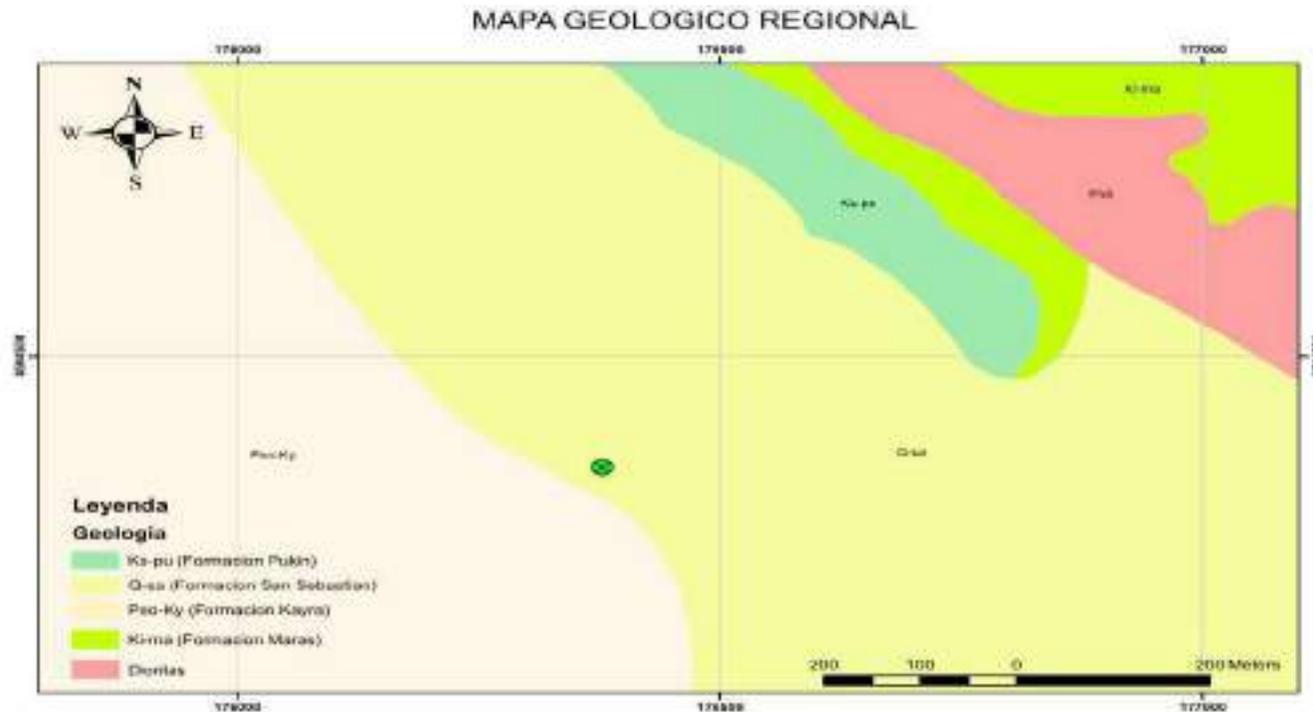
	Estrato	Tipo de Suelo
Perfil Corte I	Estrato 1: Corona del Talud	ML
	Estrato 2: Punto medio del Talud	ML
	Estrato 3: Pie del Talud	ML
Perfil Corte II	Estrato 1: Corona del Talud	GM
	Estrato 2: Punto medio del Talud	GM
	Estrato 3: Pie del Talud	GM
Perfil Corte III	Estrato 1: Corona del Talud	GM
	Estrato 2: Punto medio del Talud	GM
	Estrato 3: Pie del Talud	GM

**Fuente: Elaboración propia**

De cada tipo de suelo se obtuvieron valores (Cohesión, peso específico y Ángulo de fricción) obtenidos en laboratorio donde se tomaron los valores mínimos cuando se trata del mismo tipo de suelo y el promedio cuando son suelos no homogéneos para posteriormente compararlos con el factor de seguridad



Considerando que el talud tiene una altura aproximada de 23 metros, y las prospecciones realizadas por la dificultad en la accesibilidad en la zona del talud no fueron bastante profundas, se procedió a simplificar la estratigrafía del talud de la margen izquierda de la quebrada Ayahuayco en 3 estratos, tomando como base el Mapa Geológico Regional del Cusco, obtenido de la hoja 28 – S, del Cuadrángulo de Geología del Cusco.



**Figura 79: Mapa Geológico Regional**

**Fuente: (Carlotto, 2011)**

Donde se evidencia que la Quebrada Ayahuayco pertenece a la formación Geológica de Pukín, la cual se caracteriza por presentar los tipos de suelo limos orgánicos y Gravas Limosas. Corroborando los resultados obtenidos en laboratorio.

### Perfil Estratigráfico del Corte I – Prospección N° 02

Tabla 169

*Detalle del Perfil Estratigráfico de la Prospección N° 02 en el Corte I*

Tesis: Influencia de la Topografía, Estudios de infiltración y Propiedades mecánicas del suelo en la evaluación del factor de seguridad del talud de la margen izquierda de la quebrada Ayahuayco, Cusco – 2022			Registro de excavación	
			Excavación Corte I: C-2 Nivel freático: no se encontró Tamaño excavación.: 1.2 x 1.2 x1.25 m Registrado por: los tesistas	
Profundidad (m)	Espesor (m)	Clasificación		Descripción y clasificación del material
		Símbolo	Grafico	
0.00 – 0.10	0.10	O		Capa Orgánica, con presencia de vegetación
0.10 – 1.00	0.90	ML		Tierra color marrón con presencia de limos de baja plasticidad
1.00 – 1.25	0.25	ML		Tierra color marrón con presencia de limos con cobertura de residuos orgánicos.

**Fuente: Elaboración propia**

### Perfil Estratigráfico del Corte II – Prospección N° 04

Tabla 170

*Detalle del Perfil Estratigráfico de la Prospección N° 04 en el Corte II*

Tesis: Influencia de la Topografía, Estudios de infiltración y Propiedades mecánicas del suelo en la evaluación del factor de seguridad del talud de la margen izquierda de la quebrada Ayahuayco, Cusco – 2022			Registro de excavación	
			Excavación corte II: C-4 Nivel freático: no se encontró Tamaño excavación.: 1.2 x 1.2 x1.4 m Registrado por: los tesistas	
Profundidad (m)	Espesor (m)	Clasificación		Descripción y clasificación del material
		Símbolo	Grafico	
0.00 – 0.15	0.15	O		Capa Orgánica, con presencia de vegetación.
0.15 – 1.20	1.05	GM		Tierra color marrón con presencia de grava cubierta en su mayoría por limo y residuos orgánicos.
1.20 – 1.60	0.40	GM		Tierra color marrón clara con presencia de grava gruesa cubierta de limos de baja plasticidad.

**Fuente: Elaboración propia**



**Perfil Estratigráfico del Corte III – Prospección N° 08**

Tabla 171

*Detalle del Perfil Estratigráfico de la Prospección N° 08 en el Corte III*

Tesis: Influencia de la Topografía, Estudios de infiltración y Propiedades mecánicas del suelo en la evaluación del factor de seguridad del talud de la margen izquierda de la quebrada Ayahuayco, Cusco – 2022		Registro de excavación		
		Excavación corte II: C-8 Nivel freático: no se encontró Tamaño excavación.: 1.2 x 1.2 x1.4 m Registrado por: los tesistas		
Profundidad (m)	Espesor (m)	Clasificación		Descripción y clasificación del material
		Símbolo	Grafico	
0.00 – 0.10	0.10	O		Capa Orgánica, con presencia de vegetación.
0.10 – 1.00	0.90	GM		Tierra color marrón con presencia de grava cubierta en su mayoría por limo y residuos orgánicos.
1.00 – 1.20	0.20	GM		Tierra color marrón clara con presencia de grava gruesa cubierta de limos de baja plasticidad.

**Fuente: Elaboración propia**

**Valores de las propiedades mecánicas del suelo**

Tabla 172

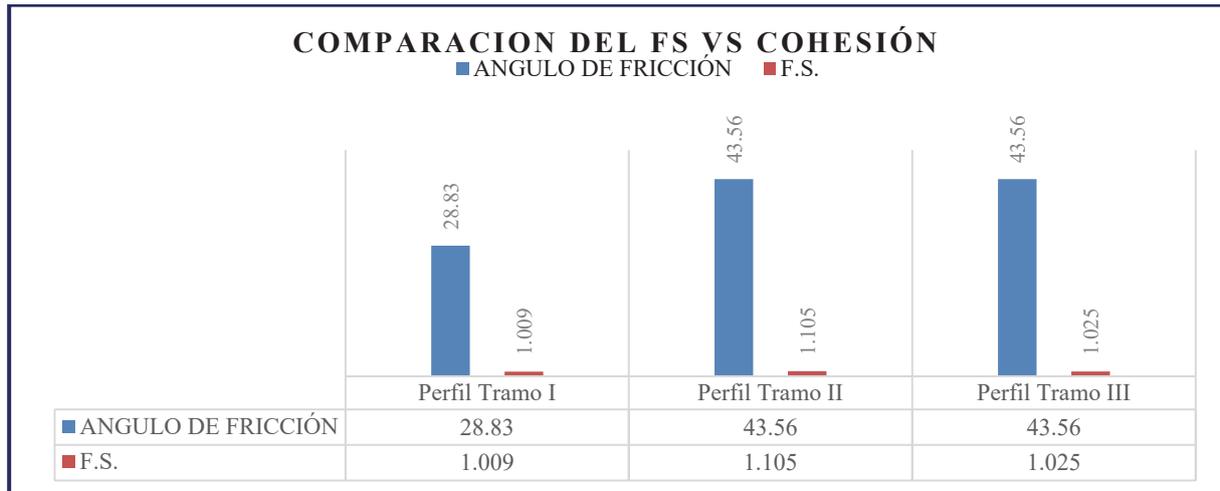
*Valores de Cohesión, Peso Específico, Ángulo de Fricción y Valores de Factor de Seguridad*

Corte	Tipo de suelo	F.S.	Cohesión (Kn/m <sup>2</sup> )	Ángulo de fricción (grados)	Peso específico (Kn/m <sup>3</sup> )
Perfil Corte I	ML	1.009	15.6096	28.83	15.50
Perfil Corte II	GM	1.105	9.801	43.56	20.14
Perfil Corte III	GM	1.025	9.801	43.56	20.14

**Fuente: Elaboración propia**



**a. Comparación del Factor de Seguridad vs la Cohesión**

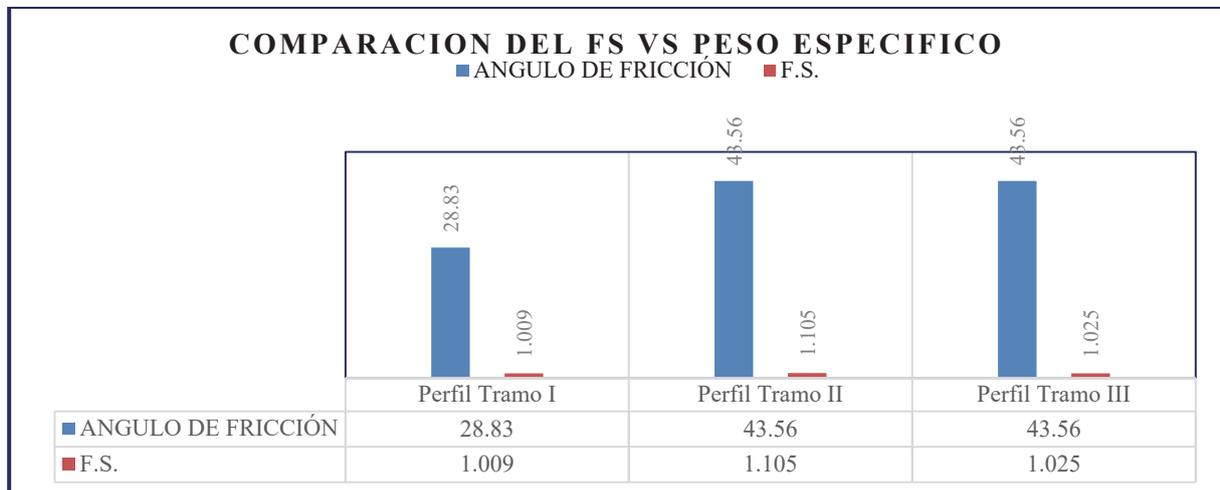


**Figura 80: Comparación del factor de seguridad vs cohesión**

**Fuente: Elaboración propia**

Se puede observar en el grafico anterior que el factor aumenta a medida que la cohesión se incrementa por ende podemos decir que directamente proporcionales.

**b. Comparación del Factor de Seguridad con Peso Especifico**



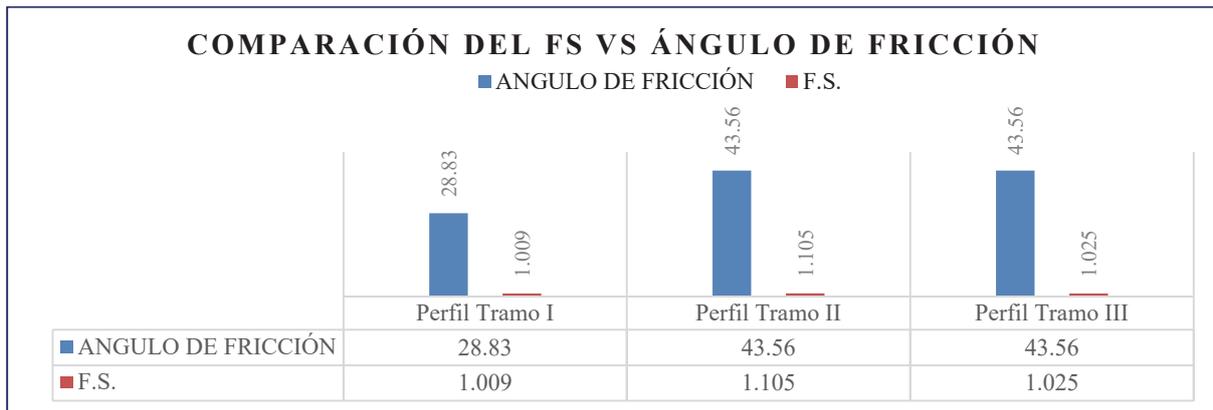
**Figura 81: Comparación del factor de seguridad vs Peso Especifico**

**Fuente: Elaboración propia**

Se puede apreciar en el grafico que existe una ligera variación en cuanto al factor de seguridad, podemos decir que no se pudo saber con exactitud si el peso específico afecta en el incremento o disminución del FS en los perfiles de los Cortes realizados.



**c. Comparación del Factor de Seguridad con el Ángulo de fricción**



**Figura 82: Comparación del factor de seguridad vs Ángulo de Fricción**

**Fuente: Elaboración propia**

Se puede apreciar en el gráfico, analizando el perfil del Corte I y el perfil del Corte III, que a medida que se incrementa el ángulo de Fricción el Factor de seguridad se incrementa, por ende, son directamente proporcionales.

**4.4 Respecto al Factor de Seguridad**

De los valores de Factor de Seguridad que fueron calculados para cada perfil a partir de 3 métodos (Ordinario de Fellenius, Bishop Simplificado y Janbú Simplificado), se utilizó el factor más crítico que corresponde al menor valor, estos valores son:

Tabla 173

*Datos para perfiles y el FS elegido*

Descripción	Perfil		
	Corte I	Corte II	Corte III
Factor de Seguridad Obtenido	1.009 (Método de Janbú S.)	1.105 (Método de Janbú S.)	1.025 (Método de Janbú S.)
Altura del Talud (m)	22.2838	28.0781	26.7733
Longitud del talud (m)	25.4402	27.3646	22.8473
Cota Base (m)	3,467.23	3471.98	3,482.70
Cota copa (m)	3489.51	3500.08	3509.47

**Fuente: Elaboración propia**

En el cálculo de los valores de Factor de seguridad obtenidos se puede observar que en los tres perfiles de cada Corte son Menores a 1.5, y según las (NTP, 2012) CE.020 Estabilización de suelos y Taludes, nos indica que el factor de seguridad mínimo del talud deberá ser de 1.5 para solicitaciones estáticas por ende el talud que se encuentra en la quebrada de Ayahuayco margen izquierdo del rio es INESTABLE.



## Propuesta de estabilización para el talud de la margen Izquierda de la Quebrada Ayahuayco

Para la estabilización del talud de la quebrada Ayahuayco, se consideró el modelamiento de un muro de contención y el uso de anclajes (Grouted tieback) que contiene las siguientes solicitaciones de capacidad como capacidad de la placa = 150 kN, capacidad de tracción 150 kN, separada 6m de distancia cada uno, longitud de 10m y con un total de 7 para el corte II y 6 anclajes para el corte III, que serán necesarios para incrementar el factor de seguridad en los cortes donde se realizó el estudio

Se escogió esta alternativa de estabilización ya que es la más acorde con la situación actual del talud de la quebrada de la margen izquierda de Ayahuayco, debido a que no se puede modificar el talud para hacer estabilización por banquetas, porque tanto en la parte inferior y superior se encuentran viviendas. Estos anclajes trabajan a tracción lo que hace que el factor de estabilidad aumente.

**Soporte Anclaje N1**

Name:  Support Colour:

Support Type:  Force Application:  Active (Method A)  Passive (Method B)

Used for: Grouted Tiebacks, Ground Anchors

Capacity and Spacing

Out-of-plane spacing:  m

Tensile Capacity:  kN

Plate Capacity:  kN

Shear Capacity:  kN

Compression Capacity:  kN

Bond Length

Percent of length:  %

Length:  m

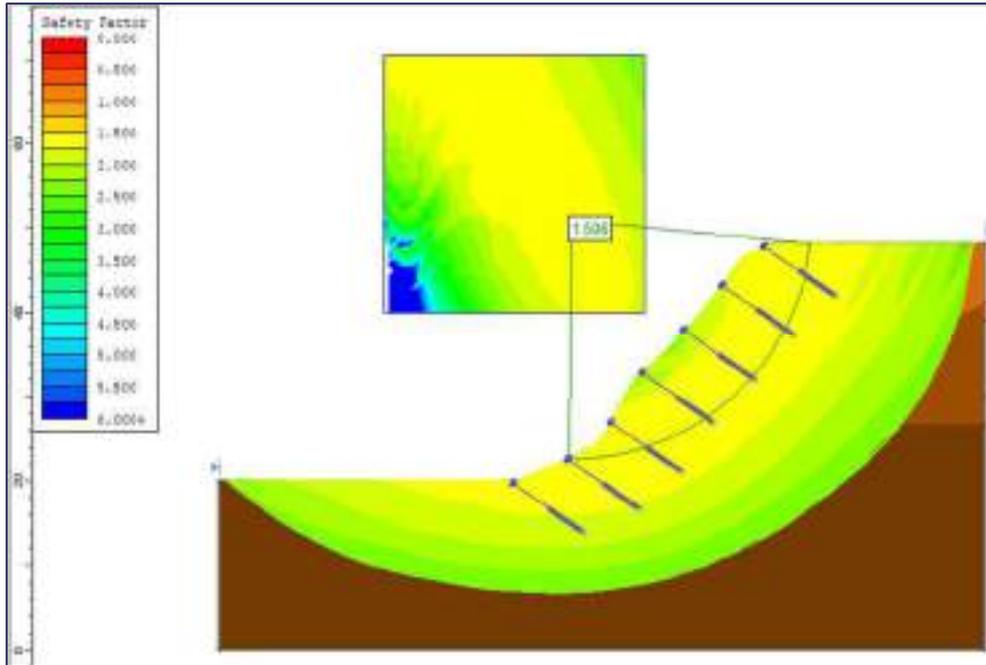
Pullout Strength

Bond Strength:  kN/m

Material Dependent

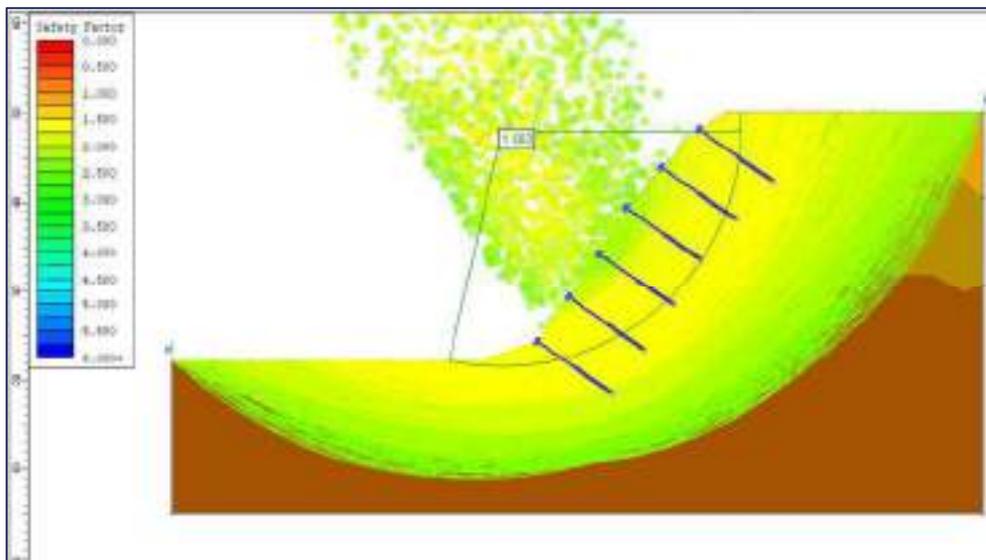
*Figura 81: Características del anclaje para la estabilización del talud*

*Fuente: Elaboración propia*



*Figura 82: Estabilización con anclajes Perfil Corte II*

*Fuente: Elaboración propia*



*Figura 83: Estabilización con anclajes Perfil Corte III*

*Fuente: Elaboración propia*



## Capítulo V: Discusiones

### a) Contraste de resultados con referentes del marco teórico

#### **¿De qué manera incide la configuración de topografía en el cálculo factor de seguridad del talud de la margen izquierda de la quebrada Ayahuayco?**

En base a las investigaciones que tomamos como antecedentes se pudo apreciar que la topografía en la quebrada presentó pendientes entre 39% a 47% y como resultado se obtuvo valores de FS de 1.28 a 1.41 y en comparación a nuestros resultados de FS de 1.009 a 1.105 obtenidos en la quebrada de Ayahuayco, su superficie presenta anomalías y en cuanto a su topográfica se aprecia pendientes que oscilan entre 98% a 126%, podemos decir que en efecto la configuración topográfica incide en el cálculo del factor de seguridad de la margen izquierda de la quebrada de Ayahuayco.

#### **¿Por qué se optó por estudiar el factor de seguridad FS en 3 Cortes del talud de la margen izquierda de la quebrada Ayahuayco?**

Se halló los 3 cortes que son los más representativos de todo el talud, con la menor pendiente, una con pendiente intermedia y una con máxima pendiente, para determinar la relación que existe entre las características mencionadas.

#### **¿Qué inconvenientes se encontraron en la quebrada de Ayahuayco para la determinación de Factor de Seguridad?**

Como principal inconveniente que encontramos fue el difícil acceso en un inicio de algunas zonas para la toma de muestras del suelo y el levantamiento topográfico, ya que al ser un talud con pendientes pronunciadas fue necesario conversar con los vecinos y así de esa manera acceder por medio de sus viviendas a los puntos establecidos para la toma de datos de manera precisa y así obtener un valor de Factor de seguridad con un margen de error mínimo.

#### **¿Por qué solo se consideraron los métodos Ordinario de Fellenius, Bishop Simplificado y Jambú Simplificado para el cálculo de Factor de Seguridad?**

Se consideraron estos métodos, ya que analizan el equilibrio límite de una masa de roturas circulares mediante métodos inexactos aproximados, al cual pertenecen estos métodos.



b) Interpretación de los resultados encontrados en la investigación.

**¿Cuál es el factor de seguridad más crítico de los 3 perfiles analizados con el que fallaría el talud de la margen izquierda de la quebrada Ayahuayco?**

Según el modelamiento realizado y valores obtenidos de factor de seguridad de los 3 tramos analizados se aprecia que el corte I presenta el menor valor de factor de seguridad (FS = 1.009 Metodo Jambu Simplificado) este valor indica que el talud está en equilibrio, pero tiende a la falla lo que indicaría que está en peligro de deslizamiento en cuanto cualquier fuerza externa modifique ese estado de equilibrio.

c) Comentario de la demostración de la hipótesis

**¿La hipótesis general fue modificada a lo largo de la investigación?**

Durante la elaboración de la tesis, la hipótesis general se mantuvo constante y no hubo variaciones por ende fue posible demostrarla, ya que con los ensayos realizados en campo y procesamiento de datos fue posible obtener el valor de factor de seguridad con los parámetros (Estudio de mecánica de suelos, la topografía e infiltración) que fueron planteados.

**¿La infiltración afecta en los cálculos de la evaluación del factor de seguridad del Talud de la margen izquierda de la Quebrada Ayahuayco?**

Si bien es cierto que la infiltración no intervino en los cálculos al momento de modelar el talud, se pudo observar que existe una relación indirecta entre los valores de coeficiente de infiltración y factor de seguridad perteneciente a los respectivos cortes analizados en la investigación.

d) Aporte de la investigación

**¿Qué aporte brinda la investigación a la Ingeniería Civil?**

Esta tesis de investigación tiene un aporte muy importante para la ingeniería en el estudio de estabilización de taludes ya que por medio de parámetros como la configuración del suelo que será obtenido con la topografía, propiedades mecánicas y físicas del talud (Angulo de fricción  $\phi$ , cohesión C y peso específico que conforma el talud) se determinará el FS mediante el modelado con el software Slide, así poder calcular el factor de seguridad crítico y por medio de la norma CE.020 *Estabilización de suelos y taludes* y determinar si el talud en estudio es estable. En el caso de que arroje un valor de seguridad en donde indique que el talud es



Inestable, se plantearía diferentes métodos de estabilización para salvaguardar la salud y seguridad de las poblaciones aledañas e infraestructura construida. Cabe recalcar que en la provincia del Cusco y en muchos otros lugares se aprecia cadenas montañosas, valles y quebradas con diferentes características de suelo y topografía y si es que se quiere realizar una obra como autopistas o construir viviendas cerca de laderas es de suma importancia calcular el FS.

- e) Incorporación de temas nuevos que se han presentado durante el proceso de la investigación que no estaba considerando dentro de los objetivos de la investigación.

**¿Qué otros factores que no fueron analizados se podrían considerar al momento de determinar el factor de seguridad?**

Se puede considerar que el clima es una característica que hace que el factor de seguridad se vea afectado debido al cambio de temperatura. También se debe considerar efectos externos que podrían alterar el factor de seguridad como las vibraciones que pueden ser producidas por actividades humanas o por eventos naturales como los sismos que podrían llegar a ocurrir. La vegetación presente en toda la superficie del talud.



## Glosario

**Talud.** Se denomina talud a la superficie inclinada que se puede apreciar en la naturaleza, constituida de tierra. Se puede distinguir un talud natural, cuando este se forma sin la necesidad de intervención humana, o un talud artificial, que se produce por el corte realizado por un ser humano con algún fin.

**Estabilidad.** No existe alteración del estado de reposo de un cuerpo.

**Estabilidad de talud.** Un talud se encuentra estable cuando las fuerzas internas que se producen dentro de el, se encuentran en equilibrio y su después de realizar los estudios pertinentes se logra determinar que su factor de seguridad es mayor a 1.5.

**Estabilización de un talud.** Aplicación de diferentes procedimientos para poder mejorar el factor de seguridad de un talud, alterando su topografía o colocando puntales de acero, creando muros de contención, etc.

**Topografía.** Es una ciencia que se encarga de determinar las posiciones relativas sobre la superficie de la tierra, por medio de ciertos procedimientos. Existen diferentes sistemas de medición, el mas utilizado en el Sistema UTM, con el cual podemos conocer las coordenadas Norte, Este, y Altitud de un determinado punto. Por medio de los levantamientos topográficos conocemos las coordenadas de una determinada zona y así poder representar en un plano las curvas de nivel de una determinada zona y generar perfiles.

**Pendiente.** Relación que existe entre la distancia horizontal y la distancia vertical, se puede medir en porcentaje o grados, teniendo como resultado la inclinación que presenta un determinado talud.

**Granulometría.** Ensayo de laboratorio que se utiliza para realizar la gradación de una muestra de suelo por medio de un juego de tamices, y así generar una curva granulométrica que brindara los datos del coeficiente de uniformidad y coeficiente de curvatura.



**Clasificación de suelos.** Tomando en cuenta las características granulométricas y los límites de consistencia de un suelo, se puede determinar el tipo de suelo que presenta una determinada zona, teniéndose como sistemas de clasificación, el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS), y el Sistema AASHTO.

**Humedad del suelo.** Cantidad de agua que presenta naturalmente una muestra de suelo extraída de una determinada zona, se expresa en porcentaje.

**Límite líquido.** Es el máximo contenido de agua que puede llegar a tener un suelo para pasar de un estado plástico hacia un estado líquido.

**Límite Plástico.** Es el máximo contenido de humedad que puede tener un suelo antes de llegar a un estado semisólido. Si el contenido de humedad del suelo continúa aumentando al superar el límite plástico, la cohesión del suelo se destruye.

**Índice de Plasticidad.** Es contenido de humedad en el que el suelo en estudio se comporta como un material plástico, se determina por la sustracción del límite líquido y límite plástico del suelo.

**Velocidad de Infiltración.** Velocidad que determina que tan rápido el agua atraviesa los espacios vacíos del suelo.

**Densidad del suelo.** Relación que existe entre el peso de una determinada masa de suelo y el volumen que ocupe dicha masa de suelo.

**Esfuerzo cortante.** Esfuerzo de corte que puede llegar a soportar el suelo, esfuerzo que es aplicado horizontalmente.

**Resistencia al corte.** Máximo esfuerzo que es capaz de soportar un suelo hasta antes de la falla ocasionada por un esfuerzo cortante.



**Ángulo de Fricción interna.** Parámetro necesario para la determinación del factor de seguridad de un talud, se encarga de medir que relación existe entre el esfuerzo normal y esfuerzo cortante.

**Cohesión.** Parámetro que se encarga de medir la adherencia que existe entre las partículas que componen el suelo, se expresa en unidades de fuerza sobre unidades de área.

**Deslizamiento.** Se denomina deslizamiento al movimiento de una masa de tierra, que se ocasiona por la falla superficial de un talud por diversos factores, como, por ejemplo, sobrecarga del talud, acción sísmica, saturación excesiva del talud, etc.

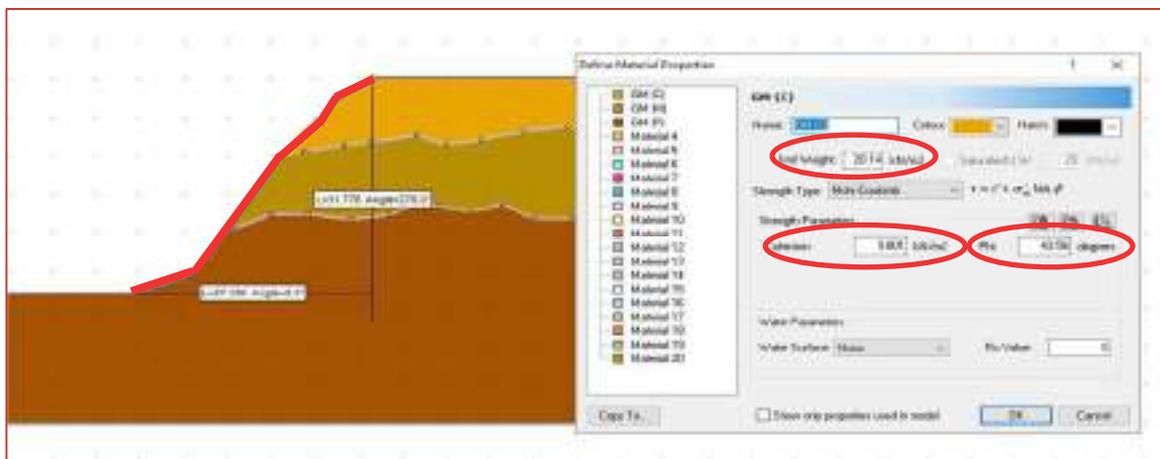
**Factor de Seguridad.** Parámetro que se encarga de medir la estabilidad del talud, tomando en cuenta las fuerzas que pueden llegar a desestabilizar el talud, así como las propiedades del suelo y la topografía que presente el talud. Los valores de factor de seguridad iguales a 1 indican que el talud tiende a una fallar, valores menores a 1.5 indican que es inestable, igual a 1.5 el talud está en equilibrio, y mayores a 1.5 indican que el talud es estable.



## Conclusiones

### Conclusión N° 01

Se logro demostrar la hipótesis general que dice “La topografía, estudios de infiltración y propiedades mecánicas del suelo influyen directamente en la evaluación del factor de seguridad del talud de la margen izquierda de la quebrada Ayahuayco” debido a que las variaciones de cada parámetro en los 3 diferentes cortes (Corte I, Corte II y Corte III) da como resultado factores de seguridad consecutivamente (1.009, 1.105 y 1.025) que varían en incremento o disminución de cada parámetro y esto se evidencia con el modelamiento en el software Slide de cada corte por los 3 métodos que se aplicaron en la investigación..



**Figura 84: Modelamiento Software Slide**

**Fuente: Elaboración propia**

### Conclusión N° 02

Se logró demostrar la sub - hipótesis 01 que dice “La pendiente del talud es el parámetro de la topografía que influirá en la evaluación del factor de seguridad del Talud de la margen izquierda de la quebrada de Ayahuayco” ya en la quebrada el Corte II y Corte III presentan características iguales en cuanto a sus propiedades mecánicas y físicas pero con diferente conformación de la topografía en cuanto a sus pendientes, Corte II presenta una pendiente de 117.57% y el Corte III con una pendiente de 129.06% y factores de seguridad de 1.105 y 1.026 así se verifica que a partir de los resultados obtenidos de FS que a medida que la pendiente es mayor el factor de seguridad disminuye haciéndolo inestable, lo que se puede apreciar en la Figura 76: Comparación del factor de seguridad vs pendiente.



### **Conclusión N° 03**

No se demostró la sub - hipótesis 02 que dice “La infiltración afecta considerablemente en los cálculos de la evaluación del factor de seguridad del Talud de la margen izquierda de la Quebrada Ayahuayco” debido que, para el cálculo de los valores de factor de seguridad por los 3 métodos mencionados durante la investigación, no es un parámetro requerido en el modelamiento en el software Slide. No obstante, en la Figura 77 “Comparación del factor de seguridad vs Infiltración”, se aprecia que es una propiedad de gran relevancia que puede volver más susceptible a deslizamientos al talud.

### **Conclusión N° 04**

Se verifico con éxito la sub - hipótesis 03 que dice “Las propiedades mecánicas del suelo influyen de manera notable en la evaluación del factor de seguridad del Talud de la margen izquierda de la Quebrada Ayahuayco” ya que para realizar el cálculo del FS mediante el software Slide por los 3 diferentes métodos (Método ordinario de Fellenius, Bishop simplificado y Janbú) fueron necesarios obtener los valores del ángulo de fricción ( $\phi$ ), la cohesión ( $C$ ) y el peso específico del suelo que conforma la quebrada, estas características varían del Corte I con respecto del Corte II y Corte II obteniéndose valores diferentes de factor de seguridad en cuanto a sus propiedades mecánicas y consecuentemente distintos valores de factor de seguridad que se aprecia en la Tabla 169.

Se concluye que a medida que la cohesión y el ángulo de fricción aumentan el factor de seguridad se incrementa por ende estas características son directamente proporcional al FS, lo que no ocurre con el peso específico que a medida que este valor disminuya el FS se incrementará por ende son inversamente proporcionales.

### **Conclusión N° 05**

Se logro demostrar la sub – hipótesis 04 “El Factor de seguridad más crítico del Talud de la margen izquierda de la quebrada Ayahuayco, aplicando los 3 diferentes métodos, tomando en cuenta la influencia de la topografía, estudios de infiltración y propiedades mecánicas del suelo, es el factor de seguridad obtenido por el Método de Janbu Simplificado”, donde se aprecia que al realizar el modelamiento y obtención de los valores de factor de seguridad en el software, los valores mas críticos son los obtenidos por el método de Janbu, lo cual podemos evidenciar en la Tabla 170.



## Recomendaciones

### Recomendación N° 01:

Incorporar una evaluación de estabilidad de taludes considerando solicitaciones sísmicas (sismo horizontal y sismo vertical) el cálculo de factor de seguridad ya que al momento de diseñar estructuras y métodos de estabilización en otros taludes es necesario tener un valor de FS que tenga bastante precisión y menor error.

### Recomendación N°02

Evitar la deforestación de la vegetación presente en el talud, ya que este actúa como un medio estabilizador para que el talud no falle y no corra riesgo la integridad de la población de dicha zonal.

### Recomendación N°03

Coordinar con los dirigentes y autoridades encargadas de salvaguardar el bienestar de los ciudadanos frente a desastres naturales para estabilizar este talud ya que como se puede ver, el factor de seguridad es mucho menor que 1.5 lo cual indicaría que es Inestable y en cualquier momento podría deslizarse ocasionando graves daños humanos y materiales, cabe recalcar que al inicio de la investigación el talud ya presentaba deslizamientos en algunas zonas.

### Recomendación N°04

Evitar el lanzamiento de basura al cuerpo del talud de parte de los pobladores que viven en la parte superior del talud, ya que lo están sobrecargando y generando continuos deslizamientos de tierra y cubrir el talud con plástico en temporadas de lluvia para evitar la infiltración del agua y que esto genere una mayor inestabilidad en el talud.

### Recomendación N°05

Considerar el valor de infiltración en el cálculo de factor de seguridad a futuros programas encargados en el modelamiento y análisis de estabilidad de taludes, ya que como se pudo apreciar si existe relación entre el coeficiente de infiltración y el factor de seguridad.



## Referencias

- Benavente, R., Fernández, C., & Andres, G. (2004). *Estudio del Mapa de Peligros de la Ciudad del Cusco*. Cusco: INDECI.
- Botía, W. (2015). *Manual de Procedimientos de ensayoos de suelos y Memorias de Calculo*. Bogotá: Universidad Militar Nueva Granada.
- Bowles, J. (1981). *Manual de Laboratorio de Suelos en Ingenieria Civil*. México D.F.: McGRAW - HILL.
- Bravo, R., Garcia, N., Morales, V., & Ramirez, A. (2012). *Analisis Granulometrico*. México D.F.: Universidad Nacional Autónoma de México.
- Carlotto, V., Cardenas, J., & Carlier, G. (2011). *Geologia del Cuadrangulo de Cusco*. Cusco: INGEMMET.
- Das, B. (2011). *Fundamentos de Ingeniería en Cimentaciones*. Santa FE: CENGAGE Learning.
- Das, B. (2015). *Fundamentos de Ingeniería Geotécnica*. Santa Fe: Cengage Learning.
- De Matteis, A. (2003). *Geologia y Geotecnia*. Rosario: Universidad Nacional de Rosario.
- Fuentes, J. (2012). *Topografía*. México: Red Tercer Milenio.
- Gámez, W. (2015). *Texto Básico Autoformativo de Topografía General*. Managua: Universidad Nacional Agraria.
- González, C. (2020). *Estudios de Infiltración y determinación de la constante de permeabilidad en los suelos de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Talca*. Curicó: Universidad de Talca.
- Grajales, C., & Ramírez, A. (2018). *Análisis de la Estabilidad de un Talud derivado de Cenizas Volcanicas ubicado en la Via Cerritos la Virginia*. Bogotá: Universidad Libre.
- Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, P. (2014). *Metodología de la Investigación*. México D.F.: McGRAW-HILL.
- López, Y., & López, J. (2016). *Determinación de la resistencia de corte de los suelos de las comarcas: Buena vista, El Castillo N° 1, Garnacha y Calle Campo Deportivo, Municipio de San Juan de Oriente, departamento Masaya*. Managua: Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua.
- Montoya, A. (2009). *Confiabilidad en Estabilidad de Taludes*. Mexico D.F.: Univeridad Nacional Autonoma de Mexico.
- MTC. (1999). *Análisis granulométrico de suelos por tamizado MTC E107*. Lima: Ministerio de Transportes y Comunicaciones.



NTP. (2012). *CE.020 ESTABILIZACION DE SUELOS Y TALUDES*. Lima.

Puga, P. (2012). *Estudio Experimental del Coeficiente de Permeabilidad en Arenas*. Concepción: Universidad Católica de la Santísima Concepción.

Rodriguez, G. (2021). *Levantamiento Topográfico*. Bellavista: Instituto de Educación Superior Tecnológico Público Bellavista.

Suarez, J. (1998). *Deslizamientos y Estabilidad de Taludes en Zonas Tropicales*. Bucaramanga : Instituto de Investigaciones sobre Erosión y Deslizamientos.

Tierra y Tecnologia. (16 de Octubre de 2016). *Slide la mejora aplicacion para taludes*. Obtenido de Tierra y Tecnologia: <https://www.icog.es/TyT/index.php/2016/10/slide-la-mejor-aplicacion-estabilidad-taludes/>



Anexos

Matriz de Consistencia Modificada

**Influencia de la Topografía, Estudios de infiltración y Propiedades mecánicas del suelo en la evaluación del factor de seguridad del talud de la margen izquierda de la quebrada Ayahuayco, Cusco – 2022**

Problema General	Objetivo General	Hipótesis General	Variable	Dimensión o nivel	Indicador	Método	
¿Cuál es la influencia de la topografía, estudios de infiltración y propiedades mecánicas del suelo en la evaluación del factor de seguridad del Talud de la margen izquierda correspondiente a la quebrada Ayahuayco?	Evaluar la influencia de la topografía, estudios de infiltración y propiedades mecánicas del suelo en la evaluación del factor de seguridad del Talud de la margen izquierda de la quebrada Ayahuayco.	La topografía, estudios de infiltración y propiedades mecánicas del suelo influye directamente en la evaluación del factor de seguridad del Talud de la margen izquierda de la Quebrada de Ayahuayco.	Topografía	Cotas	m.s.n.m	Enfoque: Cuantitativo. Diseño: No Experimental. Alcance: Descriptivo – Explicativo.	
				Coordenadas UTM	Zona de proyección, puntos cardinales		
				Pendiente	Inclinación del talud		
			Estudios de Infiltración	Coeficiente de Infiltración	Superficie de Infiltración		Tiempo de Infiltración
					Coeficiente de curvatura y uniformidad		Pasante la malla N° 200
			Análisis Granulométrico	Curva Granulométrica			



Problemas Específicos	Objetivos Específicos	Hipótesis Específicas		Clasificación de los suelos	Granulometría Índice de Plasticidad	
¿De qué manera influye la topografía en la evaluación del factor de seguridad del Talud de la margen izquierda de la Quebrada Ayahuayco?	Determinar la influencia de la topografía en la evaluación del factor de seguridad del Talud de la margen izquierda de la Quebrada Ayahuayco.	La pendiente del talud es el parámetro de la topografía que influirá en la evaluación del factor de seguridad correspondiente al Talud de la margen izquierda de la Quebrada Ayahuayco.	Propiedades Mecánicas del Suelo	Esfuerzo Cortante	Angulo de Fricción Cohesión	Población: Talud de la margen izquierda de la Quebrada Ayahuayco.
¿Cómo afecta la infiltración en la evaluación del factor de seguridad del Talud de la margen izquierda de la quebrada Ayahuayco?	Establecer como afecta la infiltración en la evaluación del factor de seguridad del Talud de la margen izquierda de la quebrada Ayahuayco.	La infiltración afecta considerablemente en los cálculos de la evaluación del factor de seguridad del Talud de la margen izquierda de la Quebrada Ayahuayco.		Peso específico del Suelo Índice de plasticidad Contenido de Humedad	Peso del suelo seco Limite liquido Limite plástico Peso del suelo seco Peso del suelo húmedo	



¿Qué influencia tienen las propiedades mecánicas del suelo en la evaluación del factor de seguridad del Talud de la margen izquierda de la quebrada Ayahuayco?

Calcular la influencia de las propiedades mecánicas del suelo en la evaluación del factor de seguridad del Talud de la margen izquierda de la quebrada Ayahuayco.

Las propiedades mecánicas del suelo influyen de manera notable en la evaluación del factor de seguridad del Talud de la margen izquierda de la quebrada Ayahuayco.

Factor de Seguridad

Topografía	Pendiente del talud
Equilibrio que tiende a falla.	Cohesión
	Ángulo de fricción
Peso específico del suelo	Peso del suelo seco
	Volumen del suelo

¿Cuál es el factor de seguridad más crítico obtenido después de aplicar 3 métodos utilizados en la evaluación del Talud de la margen izquierda de la quebrada Ayahuayco, tomando en cuenta la influencia de la topografía, estudios de infiltración y propiedades mecánicas del suelo?

Verificar el Factor de seguridad más crítico del Talud de la margen izquierda de la quebrada Ayahuayco, al aplicar 3 métodos utilizados en la evaluación del Factor de Seguridad de taludes, topografía, estudios de infiltración y propiedades mecánicas del suelo, es el factor de seguridad obtenido por el Método de Janbu Simplificado.

El Factor de seguridad más crítico del Talud de la margen izquierda de la quebrada Ayahuayco, aplicando los 3 diferentes métodos, tomando en cuenta la influencia de la topografía, estudios de infiltración y propiedades mecánicas del suelo, es el factor de seguridad obtenido por el Método de Janbu Simplificado.

Fuente: Elaboración Propia



Testimonios de Deslizamientos de la Margen Izquierda en la Quebrada Ayahuayco

Tesis de Investigación: "Influencia de la Topografía, Estudios de infiltración y Propiedades mecánicas del suelo en la evaluación del factor de seguridad del talud de la margen izquierda de la quebrada Ayahuayco, Cusco - 2022"

Nombre del Testigo: Baris Quiroa (0-22)

DNI: 80118736

Declaración sobre Acontecimientos en el Talud de la Margen Izquierda de la Quebrada Ayahuayco:

Residencia de 33 años del habitante de la casa de la parte media del talud, en el año 2000 hubo un deslizamiento que inhabilitó la vivienda, quedando solo habitable la mitad de la vivienda.

Se presencia humedad en los terrenos colindantes el terreno se estabilizó y se compactó y ya no se presencia deslizamientos.



FIRMA

CUSCO, 21/05/2022



Testimonios de Deslizamientos de la Margen Izquierda en la Quebrada Ayahuayco

Tesis de Investigación: "Influencia de la Topografía, Estudios de infiltración y Propiedades mecánicas del suelo en la evaluación del factor de seguridad del talud de la margen izquierda de la quebrada Ayahuayco, Cusco - 2022"

Nombre del Testigo: HILDA SEGUNIA CISI (0-9)

DNI:

Declaración sobre Acontecimientos en el Talud de la Margen Izquierda de la Quebrada Ayahuayco:

EN EL AÑO 2012, OCURRIÓ UN DESLIZAMIENTO QUE OCASIONÓ GRANDES DESASTRES, SE CAYÓ UN ÁRBOL QUE SE DIO CUENTA DEBIDO A CONSTANTES LUBIAS CONSTANTEMENTE CABEN FRECUENTES DESLIZAMIENTOS

TINO COMO REALIZAR UN MURO DE CONTENCIÓN PARA EVITAR POSIBLES DESLIZAMIENTOS Y RESGUARDAR SU VIVIENDA

  
FIRMA

CUSCO, 21/05/2022



Testimonios de Deslizamientos de la Margen Izquierda en la Quebrada Ayahuayco

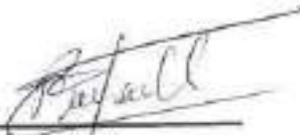
Tesis de Investigación: "Influencia de la Topografía, Estudios de infiltración y Propiedades mecánicas del suelo en la evaluación del factor de seguridad del talud de la margen izquierda de la quebrada Ayahuayco, Cusco - 2022"

Nombre del Testigo: Rosa Flores Alarcay (A-4)

DNI: 44193591

Declaración sobre Acontecimientos en el Talud de la Margen Izquierda de la Quebrada Ayahuayco:

EL AÑO 2010 SE UNO SU ARBO VERDE QUE LO USABAN  
COMO PATIO, POR PREVENCIÓN SE REALIZARON NUEVAS  
CONSTRUCCIONES, DEJANDO UN ESPACIO RESPECTO AL TALUD  
PARA NO CORRER RIESGOS, PERDIENDO PARTE DE SU TERRENO  
PIDIERON GEOTALLAS Y GEOMEMBRAÑAS PARA SU SEGURIDAD  
PERO NO LES HICIERON CASO EN LA MUNICIPALIDAD DEL  
CUSCO, INDECI PROMETIO PLANTAR CORDONAS PARA EVITAR  
EROSIÓN PERO NO LO CUMPLERON

  
FIRMA

CUSCO, 21/05/2022



Testimonios de Deslizamientos de la Margen Izquierda en la Quebrada Ayahuayco

Tesis de Investigación: "Influencia de la Topografía, Estudios de infiltración y Propiedades mecánicas del suelo en la evaluación del factor de seguridad del talud de la margen izquierda de la quebrada Ayahuayco, Cusco – 2022"

Nombre del Testigo: TITO CHALCO (S-B)

DNI: 83945988

Declaración sobre Acontecimientos en el Talud de la Margen Izquierda de la Quebrada Ayahuayco:

EN EL 2010, HUBO UN GRAN DESLIZAMIENTO, AFECTO SU VIVIENDA DE ADOBE, POSTERIORMENTE TUBO QUE REALIZO UNA NUEVA CONSTRUCCION CON MURO DE CONTENCION DESDE LA CIMENTACION PARA RESGUARDARSE.

CON EL PASO DEL TIEMPO CEDE POCO CANTIDAD DE MATERIAL, EN EPOCA DE LUBIA EL TALUD TIENDE A CEDER.

HACE POCOS MESES SE VINO UNA PLANTA DE ANJUA QUE DANO SU JARDIN.

FIRMA

CUSCO, 21/05/2022



Testimonios de Deslizamientos de la Margen Izquierda en la Quebrada Ayahuayco

Tesis de Investigación: "Influencia de la Topografía, Estudios de infiltración y Propiedades mecánicas del suelo en la evaluación del factor de seguridad del talud de la margen izquierda de la quebrada Ayahuayco, Cusco - 2022"

Nombre del Testigo: Soledad Huilca Dño (8-6)

DNI: 74014238

Declaración sobre Acontecimientos en el Talud de la Margen Izquierda de la Quebrada Ayahuayco:

Se presencia deslizamientos de la parte posterior alrededor a la vivienda. Los deslizamientos son frecuentes, después de acumulaciones de cumulos pequeños de tierra en épocas de lluvia. Arbol que sostiene la vivienda para evitar los deslizamientos.

Se siente expuesta a que el talud continúe extendiéndose y llegue a poner en riesgo su vivienda y la integridad de su familia.

  
FIRMA

CUSCO, 21/05/2022



Certificados de Capacitación en el Software Slide

IGP-BBC-1383-10062022

2022

INSTITUTO GEOTÉCNICO DEL PERÚ

**CERTIFICADO**

Otorgado a:

**MAX CARLOS YNQUILTUPA PUMAYALLI**

Por su PARTICIPACIÓN Y APROBACIÓN en:

**CURSO DE ESPECIALIZACIÓN EN:  
"ANÁLISIS ESTABILIDAD Y DISEÑO SÍSMICO  
DE MUROS DE CONTENCIÓN Y TALUDES"**

Realizado en Huancayo, los días 30 de MAYO del 2022  
al 10 de JUNIO del 2022, con una duración de 40 horas académicas.

INSTITUTO GEOTÉCNICO DEL PERÚ  
Bryan Félix Briceño Chahuan  
GERENTE GENERAL

LABORATORIO

ÁREA DE  
GEOTECNIA

DIVISIÓN DE INVESTIGACIÓN  
Y ACTUALIZACIÓN

**CURSO DE ESPECIALIZACIÓN EN:  
"ANÁLISIS ESTABILIDAD Y DISEÑO SÍSMICO  
DE MUROS DE CONTENCIÓN Y TALUDES"**

**CAPÍTULO I:** ANÁLISIS DE ESTABILIDAD DE TALUDES.  
**CAPÍTULO II:** DISEÑO GEOTÉCNICO DE ELEMENTOS DE CONTENCIÓN DE TIERRAS.  
**CAPÍTULO III:** DISEÑO ESTRUCTURAL DE ELEMENTOS DE CONTENCIÓN DE TIERRAS.  
**CAPÍTULO IV:** USO DEL SOFTWARE GEOS® DE LA EMPRESA FINE SOFTWARE S.R.O. PARA DISEÑO DE ELEMENTOS DE CONTENCIÓN LATERAL.  
**CAPÍTULO V:** DISEÑO GEOTÉCNICO Y ESTRUCTURAL MEDIANTE EL USO DEL MÓDULO DE MUROS EN MÉNSULA, MUROS DE SÓTANOS Y PANTALLAS DEL SOFTWARE CVPE®.  
**CAPÍTULO VI:** DISEÑO ESTRUCTURAL DE ELEMENTOS DE CONTENCIÓN LATERAL CON EL SOFTWARE SAP-2000® - SAFE.  
**CAPÍTULO VII:** RECOMENDACIONES, CONTROL DE CALIDAD Y ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS APLICADO A TALUDES Y MUROS DE CONTENCIÓN.



IGP-BBC-1384-10072022

2022

INSTITUTO GEOTECNICO DEL PERÚ

CERTIFICADO

Otorgado a:

**MIJHAIL WALTER SALAS QUISPE**

Por su PARTICIPACIÓN Y APROBACIÓN en:

**CURSO DE ESPECIALIZACIÓN EN:  
"ANÁLISIS ESTABILIDAD Y DISEÑO SÍSMICO  
DE MUROS DE CONTENCIÓN Y TALUDES"**

Realizado en Huancayo, los días 30 de MAYO del 2022  
al 10 de JULIO del 2022, con una duracion de 40 horas academicas.

**CURSO DE ESPECIALIZACIÓN EN:  
"ANÁLISIS ESTABILIDAD Y DISEÑO SÍSMICO  
DE MUROS DE CONTENCIÓN Y TALUDES"**

**CAPÍTULO I:** ANÁLISIS DE ESTABILIDAD DE TALUDES.

**CAPÍTULO II:** DISEÑO GEOTÉCNICO DE ELEMENTOS DE CONTENCIÓN DE TIERRAS.

**CAPÍTULO III:** DISEÑO ESTRUCTURAL DE ELEMENTOS DE CONTENCIÓN DE TIERRAS.

**CAPÍTULO IV:** USO DEL SOFTWARE GEOS® DE LA EMPRESA FINE SOFTWARE S.R.O. PARA DISEÑO DE ELEMENTOS DE CONTENCIÓN LATERAL:

**CAPÍTULO V:** DISEÑO GEOTÉCNICO Y ESTRUCTURAL MEDIANTE EL USO DEL MÓDULO DE MUROS EN MENSULA, MUROS DE SÓTANOS Y PANTALLAS DEL SOFTWARE CYPE®.

**CAPÍTULO VI:** DISEÑO ESTRUCTURAL DE ELEMENTOS DE CONTENCIÓN LATERAL CON EL SOFTWARE SAP-2000® - SAFE.

**CAPÍTULO VII:** RECOMENDACIONES, CONTROL DE CALIDAD Y ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS APLICADO A TALUDES Y MUROS DE CONTENCIÓN.



Bryan Félix Briceno Chihuán  
GERENTE GENERAL



**Plano Topografico de la Ubicación de las Prospecciones realizadas en la Investigación.**

