



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

“Análisis del flujo de filtraciones para la estabilidad física del deslizamiento -  
cerro Tumbay Orcco - Lucre – Cusco-2018”

**TESIS PARA OBTENER EL TITULO PROFESIONAL DE**

**INGENIERO CIVIL**

**AUTOR**

Alagón Mendoza, Dennis Juan

**ASESOR**

Mg. Ing. Arriola Moscoso Cecilia

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN**

Diseño de Obras Hidráulicas y Saneamiento

**LIMA-PERÚ**

**2018**



**ACTA DE APROBACIÓN DE LA TESIS**

Código : F06-PP-PR-02.02  
Versión : 09  
Fecha : 23-03-2018  
Página : 1 de 2

El **Jurado** encargado de evaluar la tesis presentada por don (ña)

..... Demoris Juan Flagon Mendoza .....

cuyo título es:

"..... Análisis del flujo de filtraciones por la estabilidad  
físico del deslizamiento Berce Tumbay - Orico - Lucce  
Burco - 2018 ....."

Reunido en la fecha, escuchó la sustentación y la resolución de preguntas por el estudiante, otorgándole el calificativo de:

..... 16 ..... (número) ..... Dieciseis ..... (letras).

Lugar y fecha..... Los Olivos 15-12-18 .....

  
.....  
**PRÉSIDENTE**  
Dr. Ing. Abel A. Nuñez P.  
Grado y nombre

  
.....  
**SECRETARIO**  
Luis Vargas Cacerolana  
Grado y nombre

  
.....  
**VOCAL**  
Ms. Ing. Cecilia Berriola Moscoso  
Grado y nombre

**NOTA:** En el caso de que haya nuevas observaciones en el informe, el estudiante debe levantar las observaciones para dar el pase a Resolución.

Elaboró	Dirección de Investigación	Revisó	Responsable de SGC	Aprobó	Vicerrectorado de Investigación
---------	----------------------------	--------	--------------------	--------	---------------------------------

## **DEDICATORIA**

A Dios, mis padres, familiares, amigos y compañeros por su apoyo y comprensión incondicional a lo largo de mi carrera profesional y en la elaboración de este trabajo de investigación.

## **AGRADECIMIENTOS**

A mis padres y familiares quienes me apoyan y aconsejan cada día para ser una mejor persona y salir adelante en mi carrera profesional.

A nuestra prestigiosa Universidad Cesar Vallejo por brindarme las herramientas y conocimientos necesarios en la formación de mi carrera profesional.

A mis docentes y asesores por su paciencia, enseñanza y conocimientos transmitidos hacia mi persona, los cuales me ayudaron a realizar este trabajo de investigación.



## **DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD**

Yo, Dennis Juan Alagón Mendoza, identificado con DNI N° 73017419, a efecto de cumplir con las disposiciones vigentes consideradas en el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad César Vallejo, Facultad de Ingeniería, Escuela de Ingeniería Civil, declaro bajo juramento que toda la documentación que acompaño es veraz y auténtica.

Asimismo, declaro también bajo juramento que todos los datos e información que se presenta en la presente tesis son auténticos y veraces.

En tal sentido asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas de la Universidad César Vallejo.

Lima, 15 de Diciembre del 2018

.....

Dennis Juan Alagón Mendoza

DNI: 73017419

## **PRESENTACIÓN**

Señores miembros del Jurado:

En cumplimiento del Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad César Vallejo presento ante ustedes la Tesis titulada: “Análisis del flujo de filtraciones para la estabilidad física del deslizamiento - cerro Tumbay Orcco - Lucre - Cusco”, la misma que someto a vuestra consideración y espero que cumpla con los requisitos de aprobación para obtener el título Profesional de Ingeniero Civil.

**Dennis Juan Alagón Mendoza.**

## ÍNDICE

DEDICATORIA .....	iii
AGRADECIMIENTOS .....	iv
DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD .....	v
PRESENTACIÓN .....	vi
RESUMEN.....	xiv
<b>I. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>16</b>
<b>1.1. Realidad Problemática.....</b>	<b>17</b>
<b>1.2. Trabajos previos.....</b>	<b>19</b>
<b>1.2.1. Antecedentes internacionales .....</b>	<b>19</b>
<b>1.2.2. Antecedentes nacionales .....</b>	<b>21</b>
<b>1.3. Teorías relacionadas al tema .....</b>	<b>23</b>
<b>1.3.1. Flujo de filtraciones.....</b>	<b>23</b>
<b>1.3.1.1. Factores .....</b>	<b>23</b>
<b>1.3.1.1.1. Precipitación pluvial .....</b>	<b>23</b>
<b>1.3.1.1.2. Escorrentía.....</b>	<b>30</b>
<b>1.3.1.1.3. Infiltración .....</b>	<b>32</b>
<b>1.3.2. Estabilidad física del deslizamiento .....</b>	<b>37</b>
<b>1.3.2.1. Factor de seguridad.....</b>	<b>37</b>
<b>1.3.2.2. Parámetro geométrico.....</b>	<b>44</b>
<b>1.3.2.3. Parámetro geomecánico.....</b>	<b>44</b>
<b>1.3.2.3.1. Suelo .....</b>	<b>44</b>
<b>1.3.2.3.2. Mecánica de suelos .....</b>	<b>44</b>
<b>1.3.2.3.3. Suelo saturado .....</b>	<b>45</b>
<b>1.3.2.3.4. Suelo no saturado .....</b>	<b>46</b>
<b>1.3.2.4. Parámetro geológico.....</b>	<b>46</b>
<b>1.3.2.4.1. Estratigrafía .....</b>	<b>46</b>
<b>1.3.2.4.2. Características del movimiento en masa .....</b>	<b>46</b>
<b>1.3.2.4.3. Geodinámica .....</b>	<b>48</b>
<b>1.4. Formulación del problema .....</b>	<b>49</b>
<b>1.4.1. Problema general.....</b>	<b>49</b>
<b>1.4.2. Problemas específicos.....</b>	<b>49</b>
<b>1.5. Justificación de la investigación .....</b>	<b>49</b>
<b>1.6. Hipótesis .....</b>	<b>50</b>

1.6.1.	<b>Hipótesis general</b> .....	50
1.6.2.	<b>Hipótesis específicas</b> .....	50
1.7.	<b>Objetivos</b> .....	50
1.7.1.	<b>Objetivo general</b> .....	50
1.7.2.	<b>Objetivos específicos</b> .....	51
II.	<b>MÉTODO</b> .....	52
2.1.	<b>Diseño, método, tipo y nivel de investigación</b> .....	53
2.1.1.	<b>Diseño de investigación</b> .....	53
2.1.2.	<b>Método de investigación</b> .....	53
2.1.3.	<b>Tipo de investigación</b> .....	53
2.1.4.	<b>Nivel de estudio</b> .....	53
2.2.	<b>Variables y Operacionalización</b> .....	54
2.2.1.	<b>Variables</b> .....	54
2.2.2.	<b>Operacionalización</b> .....	55
2.3.	<b>Población, muestra y muestreo</b> .....	56
2.3.1.	<b>Población</b> .....	56
2.3.2.	<b>Muestra</b> .....	56
2.3.3.	<b>Muestreo</b> .....	56
2.4.	<b>Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad</b> .....	56
2.4.1.	<b>Técnica</b> .....	56
2.4.2.	<b>Instrumentos</b> .....	57
2.4.3.	<b>Validez</b> .....	58
2.4.4.	<b>Confiabilidad</b> .....	58
2.5.	<b>Métodos de análisis de datos</b> .....	59
2.6.	<b>Aspectos éticos</b> .....	59
III.	<b>RESULTADOS</b> .....	60
3.1.	<b>Descripción de la zona de estudio</b> .....	61
3.2.	<b>Resultados preliminares</b> .....	62
3.2.1.	<b>Aspectos físicos y geológicos</b> .....	62
3.2.2.	<b>Topografía</b> .....	63
3.2.3.	<b>Geotecnia</b> .....	65
3.3.	<b>Determinación de la intensidad de la precipitación pluvial en la estabilidad física del deslizamiento.</b> .....	70
3.3.1.	<b>Hidrología</b> .....	70

3.4.	<b>Evaluación de la escorrentía para verificar la estabilidad física del deslizamiento.</b>	
	84	
3.4.2.	<b>Escorrentía</b> .....	85
3.5.1.	<b>Infiltración</b> .....	89
3.6.	<b>Análisis del efecto del flujo de filtraciones en la estabilidad física del deslizamiento cerro Tumbay Orcco - Lucre - Cusco.</b> .....	91
IV.	<b>DISCUSIONES</b> .....	118
V.	<b>CONCLUSIONES</b> .....	123
VI.	<b>RECOMENDACIONES</b> .....	125
VII.	<b>REFERENCIAS</b> .....	127
VIII.	<b>ANEXOS</b> .....	133
8.1.	<b>Matriz de consistencia</b> .....	134
8.2.	<b>Ficha de validación por juicio de expertos</b> .....	135
8.3.	<b>Resultados de estudio de suelos</b> .....	142
8.3.1.	<b>Análisis granulométrico</b> .....	142
8.3.2.	<b>Resultados de limite liquido e índice de plasticidad</b> .....	144
8.3.3.	<b>Densidad de suelo In-situ</b> .....	145
8.4.	<b>Resultados de estudio de suelos</b> .....	146
8.5.	<b>Estratigrafía</b> .....	148
8.6.	<b>Ficha de recolección de Datos</b> .....	149
8.7.	<b>Datos de precipitación</b> .....	152
8.8.	<b>Análisis estadístico</b> .....	157
8.9.	<b>Curva de doble masa</b> .....	161
8.10.	<b>Mapas de Geología Regional y local</b> .....	163
8.11.	<b>Galería de fotos</b> .....	170
8.12.	<b>Planos</b> .....	177
8.13.	<b>Autorización de la versión final del trabajo de investigación</b> .....	179
8.14.	<b>Acta de originalidad</b> .....	180
8.15.	<b>Autorización de publicación de tesis</b> .....	181
8.16.	<b>turnitin</b> .....	182

## INDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Ejemplo de curva intensidad - duración - frecuencia para lluvia máxima.....	27
<b>Figura 2.</b> Experimento de Darcy. ....	36
<b>Figura 3.</b> Modelo conceptual hidrogeológico.....	37
<b>Figura 4.</b> Separación en tamaños del material de la ladera. ....	45
<b>Figura 5.</b> Tipos de rotura. ....	47
<b>Figura 6.</b> Mapa de zonificación sísmica.....	48
<b>Figura 7.</b> Ubicación del cerro Tumbay Orcco, en el distrito de Lucre.....	61
<b>Figura 8.</b> Levantamiento topográfico de la zona de estudio.....	64
<b>Figura 9.</b> Sección transversal del evento 2 de la zona de estudios.....	64
<b>Figura 10.</b> Calicatas realizadas en campo. ....	65
<b>Figura 11.</b> Curva granulométrica. ....	68
<b>Figura 12.</b> Ensayo de corte directo. ....	69
<b>Figura 13.</b> Análisis de consistencia de la estación Caicay. ....	72
<b>Figura 14.</b> Análisis de consistencia de la estación Kayra. ....	72
<b>Figura 15.</b> Análisis de consistencia de la estación Ccatca. ....	73
<b>Figura 16.</b> Análisis de consistencia de la estación Pisac. ....	73
<b>Figura 17.</b> Curva doble masa. ....	74
<b>Figura 18.</b> Distribución Log Normal para la estación meteorológica Kayra. ....	77
<b>Figura 19.</b> Distribución Gumbel para la estación meteorológica Kayra. ....	78
<b>Figura 20.</b> Distribución Log Pearson III para la estación meteorológica Kayra. ....	78
<b>Figura 21.</b> Curva intensidad-duración-frecuencia para zona de estudio. ....	83
<b>Figura 22.</b> Factor de seguridad por Morgenstern – Price (1.732), condición estática evento 1 en cabecera.....	91
<b>Figura 23.</b> Factor de Seguridad por Morgenstern – Price (1.230) condición Pseudoestatico evento 1 cabecera.....	92
<b>Figura 24.</b> Factor de Seguridad por Morgenstern – Price (1.014), condición estática evento 1 cuerpo. ....	93
<b>Figura 25.</b> Factor de Seguridad por Morgenstern – Price (0.797), condición Pseudoestatico evento 1 cuerpo. ....	94
<b>Figura 26.</b> Factor de Seguridad por Morgenstern – Price (0.789), condición estática evento 1 Global. ....	96
<b>Figura 27.</b> Factor de Seguridad por Morgenstern – Price (0.641), condición Pseudoestático evento 1 Global.....	97
<b>Figura 28.</b> Factor de Seguridad por Morgenstern – Price (1.414), condición estática evento 2 Cabecera. ....	100
<b>Figura 29.</b> Factor de Seguridad por Morgenstern – Price (1.052), condición Pseudoestático evento 2 Cabecera. ....	101
<b>Figura 30.</b> Factor de Seguridad por Morgenstern – Price (1.016), condición estática evento 2 Cuerpo.....	102
<b>Figura 31.</b> Factor de Seguridad por Morgenstern – Price (0.807), condición Pseudoestático evento 2 cuerpo.....	103
<b>Figura 32.</b> Factor de Seguridad por Morgenstern – Price (1.021), condición Pseudoestático evento 2 pie.....	104

<b>Figura 33.</b> Factor de Seguridad por Morgenstern – Price (1.062), condición estática evento 2 global.....	105
<b>Figura 34.</b> Factor de Seguridad por Morgenstern – Price (0.842), condición Pseudoestático evento 2 global.....	106
<b>Figura 35.</b> Factor de Seguridad por Morgenstern – Price (0.786), condición estática con infiltración evento 1 global.....	109
<b>Figura 36.</b> Factor de Seguridad por Morgenstern – Price (0.639), condición Pseudoestático con infiltración, evento 1 global.....	110
<b>Figura 37.</b> Factor de Seguridad por Morgenstern – Price (0.571), condición estática con infiltración evento 2 global.....	110
<b>Figura 38.</b> Factor de Seguridad por Morgenstern – Price (0.420), condición Pseudoestático con infiltración más sismo, evento 2 global.....	111
<b>Figura 39.</b> Factor de Seguridad por Morgenstern – Price (1.297), condición Pseudoestático con infiltración, evento 1 global, aplicando métodos de estabilidad.....	112
<b>Figura 40.</b> Factor de Seguridad por Morgenstern – Price (1.834), condición estática con infiltración, evento 1 global, aplicando métodos de estabilidad.....	112
<b>Figura 41.</b> Factor de Seguridad por Morgenstern – Price (1.997), condición estática con infiltración, evento 2 global, aplicando métodos de estabilidad.....	113
<b>Figura 42.</b> Factor de Seguridad por Morgenstern – Price (1.383), condición Pseudoestático con infiltración, evento 2 global, aplicando métodos de estabilidad.....	113
<b>Figura 43.</b> Modelo hidrogeológico conceptual del flujo de filtraciones, geometría y estratos, evento 1.....	117
<b>Figura 44.</b> Modelo hidrogeológico conceptual del flujo de filtraciones, geometría y estratos, evento 2.....	117
<b>Figura 45.</b> Geología local del Cerro Tumbay Orcco.....	163
<b>Figura 46.</b> Carta geológica regional.....	163
<b>Figura 47.</b> Carta geológica regional.....	164
<b>Figura 48.</b> Carta geológica regional, descripción de formaciones.....	165
<b>Figura 49.</b> Perfil estratigráfico de la formación Soncco y Kayra.....	166
<b>Figura 50.</b> Perfil estratigráfico inferido del evento 1 y 2.....	167
<b>Figura 51.</b> SUPERFICIE DE LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO (ÁREA).....	169
<b>Figura 52.</b> LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO (PUNTOS).....	169
<b>Figura 53.</b> UBICACIÓN DE CALICATAS (1, 2,3).....	170
<b>Figura 54.</b> Imagen de deslizamiento (cerro Tumbay Orcco), fuente:.....	170
<b>Figura 55.</b> Imagen de deslizamiento cerro Tumbay Orcco, fuente:.....	171
<b>Figura 56.</b> Imagen de deslizamiento cerro Tumbay Orcco.....	171
<b>Figura 57.</b> Imagen de deslizamiento cerro Tumbay Orcco.....	172
<b>Figura 58.</b> Imagen satelital de ubicación cerro Tumbay Orcco.....	172
<b>Figura 59.</b> Imagen calicata 3.....	173
<b>Figura 60.</b> Imagen calicata 2.....	173
<b>Figura 61.</b> Imagen de levantamiento topográfico.....	174
<b>Figura 62.</b> Imagen de inspección de zona deslizada.....	174
<b>Figura 63.</b> Inspeccion in-situ.....	175
<b>Figura 64.</b> Ensayo de corte directo, laboratorio de mecánica de suelos de la UCV.....	175
<b>Figura 65.</b> Ensayo de tamizado y granulometría, laboratorio de mecánica de suelos de la UCV..	176

## INDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Tipos de lluvia.....	24
<b>Tabla 2.</b> <i>Valores recomendados de riesgo admisible de obras de drenaje</i> .....	28
<b>Tabla 3.</b> <i>Valores de periodo de retorno T (Años)</i> .....	28
<b>Tabla 4.</b> Fórmulas para calcular el tiempo de concentración .....	31
<b>Tabla 5.</b> Coeficientes de escorrentía para el método racional .....	32
<b>Tabla 6.</b> Valores de permeabilidad para diferentes suelos .....	34
<b>Tabla 7.</b> Coeficientes para infiltración .....	35
<b>Tabla 8.</b> Factores de seguridad .....	38
<b>Tabla 9.</b> Suelos de acuerdo a la amplificación sísmica .....	38
<b>Tabla 10.</b> Suelos de acuerdo a la amplificación .....	39
<b>Tabla 11.</b> Tipos de análisis según equilibrio límite .....	40
<b>Tabla 12.</b> Características de los principales métodos de análisis de estabilidad de taludes .....	41
<b>Tabla 13.</b> Aceleración, velocidad y desplazamiento para diferentes periodos de retorno.....	48
<b>Tabla 14.</b> Valores para análisis sísmico .....	49
<b>Tabla 15.</b> <i>Operacionalización de la variable independiente</i> .....	55
<b>Tabla 16.</b> Técnicas e instrumentos de recolección de datos .....	57
<b>Tabla 17.</b> Rangos y magnitudes de confiabilidad.....	58
<b>Tabla 18.</b> Índice de Validez por juicio de expertos .....	58
<b>Tabla 19.</b> Ubicación geográfica de la zona de estudio .....	61
<b>Tabla 20.</b> Población y viviendas a nivel distrital.....	62
<b>Tabla 21.</b> Puntos y coordenadas de control UTM .....	63
<b>Tabla 22.</b> Pendientes de evento 1 y 2 .....	65
<b>Tabla 23.</b> Características de las calicatas .....	66
<b>Tabla 24.</b> Estratos observados en campo.....	67
<b>Tabla 25.</b> Contenido de humedad.....	69
<b>Tabla 26.</b> Ubicación de las estaciones meteorológicas .....	71
<b>Tabla 27.</b> Resultados de análisis de consistencia mediante el ajuste lineal.....	71
<b>Tabla 28.</b> Elección del tiempo de retorno.....	75
<b>Tabla 29.</b> Precipitación máxima de 24 horas anual.....	76
<b>Tabla 30.</b> Elección de método de ajuste y precipitación máxima .....	79
<b>Tabla 31.</b> Precipitación máxima para diferentes periodos de retorno .....	80
<b>Tabla 32.</b> Precipitación de diseño con duración en minutos .....	81
<b>Tabla 33.</b> Intensidad con duración en horas .....	82
<b>Tabla 34.</b> Estimación de tiempo de concentración evento 1 .....	84
<b>Tabla 35.</b> Estimación de tiempo de concentración evento 2 .....	85
<b>Tabla 36.</b> Elección del coeficiente de escorrentía .....	85
<b>Tabla 37.</b> Coeficiente de rugosidad de Manning.....	87
<b>Tabla 38.</b> Velocidad máxima permisible de escorrentía .....	88
<b>Tabla 39.</b> Tiempo de infiltración.....	90
<b>Tabla 40.</b> Resultados SLIDE para evento 1, en condición estática y pseudoestatica.....	98
<b>Tabla 41.</b> <i>Resultados SLIDE para evento 2, en condición estática y pseudoestatica</i> .....	107
<b>Tabla 42.</b> Resultados SLIDE para evento 1 y 2, en condición estática y pseudoestatica con infiltración.....	111



<b>Tabla 43.</b> Resultados SLIDE para evento 1 y 2 con método de estabilidad, en condición estática y pseudoestática mas infiltración. ....	114
<b>Tabla 44.</b> Factor de seguridad del evento 1 para precipitación de 10 y 100 años .....	115
<b>Tabla 45.</b> Factor de seguridad para 2,10 y 100 años de retorno con infiltración en una hora.....	116
<b>Tabla 46.</b> Valores típicos del peso específico y porosidad de rocas.....	168

## RESUMEN

El objetivo de este estudio es analizar la influencia del flujo de filtraciones para la estabilidad física del deslizamiento del cerro Tumbay Orcco del Distrito de Lucre-Cusco, y de esta forma tener un mejor alcance sobre la zona, generando un estudio sobre gestión de riesgos que describa de mejor manera este fenómeno, así mismo generar un estudio del estado actual de la ladera, como la base para futuros estudios relacionados a la zona y tema.

La tesis se realizó siguiendo el método científico, tipo aplicada con nivel descriptivo y diseño no experimental de sección transversal, tomando como población los deslizamientos del distrito de Lucre tanto actuales como anteriores y la muestra que fue la elección del investigador, en este caso representada por el deslizamiento del cerro Tumbay Orcco, específicamente el evento 1 y 2.

El análisis es mediante las teorías relacionadas a estabilidad, hidrología, infiltración, precipitaciones y añadir una solución que se ajuste a los eventos analizados, todo esto mediante el uso del software Slide v6.0, así mismo este genera el modelo hidrogeológico de la zona.

Los resultados arrojados para un periodo de retorno de 100 años se espera una precipitación máxima de 26.16 mm/hr, generando una infiltración de 13,08 mm/hr y escorrentía de 13,08 mm/hr, arrojando un factor de seguridad en condición Pseudoestático de 0.645 siendo el más crítico y generando el deslizamiento. Así mismo la velocidad de escorrentía genera un valor de 1.09 m/s, la cual genera erosión hídrica, especialmente en los pies de los eventos, generando cárcavas.

Se concluye que efectivamente la infiltración afecta el deslizamiento, sumado a ello la escorrentía, aplicando banquetas se mejora la geometría y estabilidad del deslizamiento.

Palabra clave: flujo de filtración, escorrentía, precipitación, estabilidad, banquetas

## ABSTRACT

The objective of this study is to analyze the influence of the flow of leaks for the physical stability of the Tumbay Orcco hill of the District of Lucre-Cusco, and in this way have a better reach on the area, generating the first hydrogeological model that describes better way this phenomenon, likewise generate a study of the current state of the slope, as the basis for future studies related to the area and subject.

The thesis was carried out following the scientific method, type applied with descriptive level and non-experimental design of cross section, taking as a population the landslides of the lucre district both current and previous and the sample that was the choice of the researcher, in this case represented by the Tumbay Orcco hill slide, specifically events 1 and 2.

The analysis is through theories related to stability, hydrology, infiltration, precipitation and add a solution that fits the events analyzed, all this through the use of Slide v6.0 software, likewise this generates the hydrogeological model of the area

It was taken into account that the main problem affecting the landslide is precipitation, which is why we worked with the methodology described by the Ministry of Transport and Communications manual, which describes a series in hydrology, hydraulics and drainage of works. of protocols to obtain data that verify the conditions of the precipitation in the established zone.

The results obtained for a return period of 100 years expected a maximum precipitation of 26.16 mm / hr, generating an infiltration of 13.08 mm / hr and runoff of 13.08 mm / hr, yielding a safety factor in Pseudo-Static condition of 0.645 being the most critical and generating the slip. Likewise, the speed of runoff generates a value of 1.09 m / s, which generates water erosion, especially at the feet of events, generating gullies. It is concluded that the infiltration effectively affects the landslide, in addition to the runoff, applying sidewalks improves the geometry and stability of the landslide.

Keyword words: filtration flow, runoff, precipitation, stability, sidewalks

## **I. INTRODUCCIÓN**

## 1.1. Realidad Problemática

En la actualidad la causa de movimientos de laderas y deslizamientos tiene varios factores como la geología, geometría, hidrogeología y geotecnia (Vallejo, 2002, p. 443). Así mismo indica que los factores desencadenantes son las cargas sísmicas, lluvias, variación de la geometría.

La investigación se centrará en la infiltración y escorrentía que genera la precipitación pluvial, en las temporadas de mayor pluviosidad donde generan estos efectos devastadores como los deslizamientos. En este proceso la precipitación se infiltra en los estratos de cada zona, generando redes de flujo y presión de poros, esto genera fisuras y grietas. Así mismo se genera escorrentía superficial la cual al ser máxima genera erosión hídrica, generando cárcavas y posteriormente deslizamientos.

A nivel internacional, tal como manifiesta Suarez (2014), al respecto:

los agentes que desencadenan los deslizamientos en Colombia, se presentan en mayor preponderancia, al ser un país en un ambiente tropical, marcado por las tres cordilleras andinas. Estas son susceptibles a sufrir deslizamiento por la condición de sus agentes condicionantes como la topografía, meteorización y agentes detonantes como la sismicidad y lluvias intensas. (p.1)

En Colombia el efecto de las precipitaciones provocado por el fenómeno de la niña fueron devastadores, los daños superaron los 11,2 billones de pesos, donde se tuvo que rehabilitar vías y servicios debido a los movimientos de masas, uno de los más representativos fue la suspensión de los servicios del gasoducto mariquita-Cali, que dejó al país sin gas, así mismo generó una explosión dejando 33 personas muerta y 665 damnificados. (Giraldo & Tejada, 2016, p.2)

La diversidad Geológica y geográfica de nuestro país, sumados a fenómenos de precipitaciones de mayor pluviosidad como en el caso del norte (fenómeno del niño) y en la región sur del Perú (fenómeno de la niña), esto manifiesta la gran problemática de inestabilidad de taludes, desencadenando pérdidas en materia de vidas humanas, económicas y alteración de la población y ambiente.

En el Perú, la ubicación de la población y de los recursos en zonas de alto riesgo se viene incrementando debido al acelerado crecimiento de las urbanizaciones, fenómeno que también se manifiesta en la provincia del Cusco y sus distritos, que aumenta la exposición de las personas, viviendas y equipamiento urbano, a desastres naturales o provocados por el hombre. El tres de enero de 2013, en el distrito de San Jerónimo, ocurrió un deslizamiento en la Asociación de Vivienda Altiya Canas, el mismo que afectó significativamente a las viviendas de la zona

ocasionando el colapso de cuatro de ellas, hecho que puso en alerta a sus pobladores y a las autoridades del distrito. (Corporación Allin Puriy, 2014. p.9)

La Región que últimamente presento este problema es el Cusco, esto se ve causado por dos condiciones de la geodinámica, la interna y externa. En la primera tenemos la estratigrafía, acuíferos, zona saturada, filtraciones y el flujo de las mismas. La geodinámica externa está representada por las cargas y fenómenos en la superficie, tales como la esorrentía, las cargas sísmicas, precipitaciones intensas y la degradación de plantas de la zona.

La investigación que se plantea es la de analizar el flujo de filtraciones debido a las precipitaciones, sobre todo en donde existe mayor pluviosidad y la que genera efectos devastadores en laderas. Ya que es muy escaso el análisis e investigación que se le hace en la región cusco para este tipo de problemas de inestabilidad, enfocados a la filtración y el análisis de las mismas, para lo cual se usara datos de las estaciones más cercanas (estación Kayra, datos de Senamhi) ya que, en temporadas de máximas precipitaciones, como es el caso del fenómeno de la niña donde es común ver deslizamientos en la zona sur del Perú.

La investigación, se desarrolla en el del distrito de lucre, región Cusco, como la zona más crítica y propensa a ocurrir un riesgo, ya que en estos últimos 5 años presento pequeños deslizamientos, generando el malestar e incertidumbre en la población.

Este deslizamiento actualmente presenta grietas, cárcavas y quebradas, las cuales están poniendo en riesgo la población del distrito de lucre, sobre todo a los vecinos de la urbanización santa rosa de lucre. Esta investigación busca mejorar y realizar una gestión de riesgo al acceso principal del distrito de lucre, salvaguardando la vida de los pobladores y sus tierras agrícolas.

Los meses de mayor precipitación, especialmente son desde diciembre a marzo, generan varias cárcavas, algunos tipos de flujo de lodos y detritos, y en conjunto estos están generando el deslizamiento, el último registro se encuentra en el 2010, donde las personas tuvieron que huir ante un eventual riesgo.

En estos últimos años este deslizamiento se ha visto afectado y con mayor riesgo, tanto así que ya se emitió un comunicado de urgencia por parte del INGEMMET, el cual se pronunció sobre el peligro que representa este deslizamiento y su recomendación, la cual es de estar alertas y de buscar zonas de escape.

Así mismo se busca implementar un control y mecanismo de gestión de riesgos, teniendo como antecedente lo ocurrido en 2010 en el distrito de lucre, donde un huayco afecto considerablemente a la población del distrito de lucre, pudiendo haberse evitado pérdidas económicas con una gestión de riesgos adecuada

Finalmente, este estudio permite analizar el flujo de filtraciones para verificar el mecanismo y dinámica del deslizamiento, y así mismo es fuente de apoyo para posteriores estudios, como el INGEMMET e investigadores que se relacionen al tema.

## **1.2. Trabajos previos**

### **1.2.1. Antecedentes internacionales**

(Giraldo & Tejada, 2016). Análisis de estabilidad de taludes bajo condiciones de infiltración por lluvia. Trabajo de grado para optar el título de Ingeniero Civil. Pontificia Universidad Javeriana Cali. Santiago de Cali 2016. 108p. el **primer objetivo fue**, realizar un estudio que verifique la relación de la precipitación-infiltración, como la causa principal de deslizamientos y movimientos de masa el mes de noviembre de 1897, en la zona del barrio Brisa de Mayo en Colombia. **La metodología utilizada** es no experimental, en la cual se dedujo y obtuvo el resultado que el deslizamiento se produjo por la relación lluvia-infiltración. **Concluyendo así**, la permeabilidad del suelo del Barrio de Bisas de Mayo es susceptible de infiltración mayor y presenta una conductividad hidráulica mayor. **el resultado** que se presentó da la primera aproximación de hechos reales por la tensión y presión de poros en la zona. **Se recomienda**, hacer el análisis con Pluviógrafos para mejorar los datos históricos y así mismo se tenga en cuenta las intensidades en 24 horas de precipitación.

Esta tesis **contribuye** con la recopilación bibliográfica y teórica de la variable flujo de filtraciones, así mismo con la modelización del flujo y verificación de estabilidad de laderas por el programa Slide v 6.0, aplicando todos los criterios de flujo.

(Ares, 2014). Lluvia, escurrimiento y producción de sedimentos en una microcuenca agrícola del sistema de Tandilia. Tesis Doctoral. Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, Universidad Nacional de la Plata. La Plata. 2014. 138p. **El objetivo general** fue estudiar el procedimiento de erosión hídrica de una microcuenca del Arroyo azul, mediante una evaluación de precipitación - escurrimiento - flujo de sedimentos, así mismo la de aplicar un

modelo empírico que describe el proceso. **La metodología utilizada** fue la de recopilación documental, de campo y estaciones climatológicas. **El resultado principal.** Se pudo obtener una correlación entre la precipitación-escorrentía y su afección a los sedimentos aproximados. **Se concluyó** que, el sistema MUSLE, coincide con aquellos parámetros de umbrales estimados de precipitación y cálculo de sedimentos.

Esta tesis **aporta** la verificación y metodología de uso de datos referente a otros países para ver de cuanto se aproxima a la realidad peruana.

(Álamo, 2014). Comportamiento de la infiltración bajo distintas condiciones del suelo en la cuenca del arroyo Loma Ancha. Tesis para obtener el título de Ingeniero Civil. Instituto Politécnico Nacional. México D.F. 2014. 90p. **El objetivo principal** fue obtener resultados de infiltración con su respectiva duración mediante información climatológica, así como la morfología del Arroyo La Loma Ancha. **La metodología utilizada** fue la de recopilación documental, de campo y estaciones climatológicas. Se obtuvo **como resultado**, que en un tiempo base calculado, la infiltración produce una máxima saturación del estrato, generando a partir de este momento que el escurrimiento se vuelva superficial, provocando posibles desbordes al río anexo. **Se concluyó** que, en base a cálculos más relevantes, los diferentes estratos analizados poseen porcentajes de infiltración variables.

Esta tesis **aporta** con conocer de mejor forma los temas de filtración, por medio de datos pluviométricos, además de calcular las precipitaciones máximas de diseño y de cómo esta influye en los estratos de análisis.

(Flores, 2016). Diseño de zanjas de infiltración para eventos extremos de precipitación. Aplicación a la región central de Chile. Tesis para obtener el título de Doctor en Hidráulica Ambiental. Universidad de Córdoba. Córdoba. 2015. 272p. **El objetivo principal** es de adecuar una técnica de micro captación, llamada la zanja de infiltración la cual ayuda a mejorar el cultivo en zonas con menos recursos hídricos. **La metodología** utilizada fue la de reunir parámetros hidrogeológicos, luego se procede a procesar mediante software para así generar la sección que se adecue a la infiltración. **Los resultados** arrojados fueron obtener una relación de la curva IDF, para zonas que no conllevan registro alguno de estaciones pluviográficas, así mismo la de conservación de los suelos. **Se concluyó** que, el análisis de inestabilidad aumenta su factor de seguridad, mitigando cualquier deslizamiento o falla de laderas.



Esta tesis **ayuda** con el análisis de estabilidad de laderas, mediante el criterio de la obtención de la curva IDF, así mismo la bibliografía para las teorías relacionadas.

(Orduz, 2012). Deslizamientos superficiales inducidos por infiltración. Trabajo Final de Maestría presentado como requisito parcial para optar al título de Magíster en Ingeniería – Geotecnia. Universidad nacional de Colombia. Bogotá D.C. 2012. 216p. La infiltración, así como el umbral de precipitación es fundamental para modelar la respuesta del suelo. En la tesis desarrolla **una metodología** de modelación de estratos y zonificación en 2D y 3D, con este modelo de ladera infinita y el equilibrio limite. **El objetivo principal** es verificar cuanto influye la infiltración en los desprendimientos superficiales. Se obtuvo **como resultado** la influencia es altamente en cuanto a la reacción del suelo y su permeabilidad. **Se concluyó** que se evidencia una respuesta hídrica está influenciada por las altas precipitaciones, así como los estratos.

Esta tesis **contribuye** con la teoría relacionada a: infiltración, conductividad hidráulica, ley de Darcy, parámetros hidrogeológicos.

### 1.2.2. Antecedentes nacionales

(Rojas, 2017). análisis de precipitación y gasto de diseño para sistemas de drenaje pluvial urbano en las regiones de Huancavelica, Junín y Ayacucho. Tesis para optar el título de Ingeniera Civil. Pontificia Universidad Católica del Perú. Lima. 2017. 87p. **Tuvo como objetivos** calcular precipitaciones y caudales de diseño aplicando métodos que señala la propuesta de la Norma Técnica OS.060 del año 2014. Aplico **la metodología** cuantitativa, tomando registros pluviograficos del Senamhi, posterior a ello aplico las fórmulas para hallar los gastos de diseño, aplicando el método racional e hidrograma unitario. **Sus resultados** fueron curvas intensidad-duración-frecuencia, así como de los caudales de diseño. **Se concluyó** que para construir las curvas IDF, se seleccionó las estaciones donde existen datos con precipitaciones máximas aplicando la norma IILA Senamhi 1983.

Esta tesis **contribuye** al calcular la curva Intensidad – Duración - Frecuencia, con el análisis de datos de precipitaciones en 24 horas, así mismo verificar la validez de datos.

(Mendoza, 2016). Análisis de estabilidad de talud de estratos de gran altura en la mina Antapaccay. Tesis para optar el título profesional de Ingeniero Civil. Pontificia Universidad Católica del Perú. Lima. 2016. 78p. **El objetivo principal** fue determinar el factor seguridad con inserción de parámetros de diseño y estabilidad de taludes, dando prioridad a la altura e

inclinación del talud. la **metodología aplicada** es de análisis de equilibrio límite en condiciones estáticas y pseudoestáticas, aplicando las fórmulas de Bishop simplificado, Spencer y Morgenstern - Price. Cuantitativa, no experimental, se tuvo **como resultado** principal los datos más óptimos en cuanto a la altura e inclinación y no ocurra deslizamientos elevando el factor de seguridad, todos ellos arrojados por el programa Slide v 6.0. Finalmente **concluyó** al elegir un rango con los parámetros que se adecuen al perfil por los métodos utilizados dando un factor de seguridad mayor a 1.3 para condición estática y mayor a 1 para condición pseudoestática.

Esta tesis **contribuye** con aportar teoría sobre el cálculo del factor seguridad, aplicación de los métodos de Bishop simplificado, Spencer y Morgenstern - Price, así mismo como el uso del software Slide v 6.0.

(Sackschewski, 2017). Soluciones para la estabilidad de taludes de la carretera Canta-Huayllay entre las progresivas del km 102 al km 110. Tesis para optar el título profesional de Ingeniero Geólogo. Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Lima. 2017. 180p. **El objetivo** fue proporcionar soluciones que sean seguras-eficaces-económicas y la viabilidad para así garantizar la estabilidad de las laderas en la pita de Canta-Huayllay en las zonas donde se presenta deslizamientos entre progresivas 102 a 110. Aplicó **la metodología** experimental, teniendo como base la información que se obtuvo en campo, así como antecedentes y ensayos de laboratorio. **Sus resultados** fueron que arrojó un factor de seguridad utilizando el programa Slide v6.0 de al aplicar el método de Spencer, con aceleración sísmica de 0.17g y 0.11g, teniendo en cuenta el criterio de Mohr-Coulomb. **Se concluyó** que el problema de inestabilidad fue producido por construcción de trincheras de excavación, así como las filtraciones de agua entre las laderas.

Esta tesis **contribuye** con la metodología de análisis de estabilidad de taludes, el criterio de uso del programa Slide v6.0, aplicación de Spencer, análisis sísmico y criterios de filtración.

(Tarazona, 2016). Modelamiento hidrogeológico de cuenca río Ica con fines de gestión de riesgo ante inundaciones en la ciudad de Ica. Tesis para recibir el título de Ingeniero Agrícola. Pontificia Universidad Católica del Perú. Lima. 2016. 154p. **El objetivo principal** fue focalizar áreas de posible inundación, para tiempos de retorno diferentes. Esta investigación estudio las incidencias de las lluvias máximas al año durante 24 horas y su generación de gastos máximos, para así identificar zonas vulnerables a inundaciones. Se aplicó **una metodología** cuantitativa, no experimental, aplicando criterios de periodo de

retorno con información pluviométrica. Se obtuvo **como resultado** los gastos máximos luego de una aplicación precipitación-escorrentía. Finalmente **se concluyó** con que la ayuda de información geográfica, hidrográfica y topográfica, se determinó zonas propensas a inundaciones en la zona estudiada.

Esta tesis **contribuye** con el proceso de cálculo de tormenta de diseño, curvas IDF y tiempo de anegamiento, para así tener claro el procedimiento de obtención de datos hidrológicos.

(Mogrovejo, 2016). Modelamiento numérico con software FEFLOW+FMH3 para el estudio de las galerías de drenaje: caso Derrumbe 5-complejo hidroeléctrico del Mantaro. Tesis para obtener el grado de Magíster en Ingeniería Hidráulica. Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Lima. 2016. 293p. **El objetivo principal** fue proponer un modelo hidrogeológico en la zona de estudio, caracterizando las aguas subterráneas y aplicar el modelamiento numérico con FEFLOW+FMH3, para plantear las obras de conducción de sub drenaje, **Metodología** cuantitativa, no experimental. Se obtuvo **como resultado** un modelo conceptual hidrogeológico - geológico - geotécnico, el cual se enfocó bajo dos escenarios, uno numérico y el otro conceptual, así mismo el modelo numérico FEFLOW+FMH3, ajustar mejor el criterio de bondad a geometrías complejas. Finalmente **se concluyó** que los métodos propuestos permitieron una mejor interacción para predecir escenarios de hidrodinámica subterránea local dentro de masas geológicas del derrumbe N° 5, facilitando mejores decisiones para proyectar sistemas de drenaje profundo.

Esta tesis **contribuye** con el modelamiento del modelo conceptual, que con datos de campo ayuda a entender de mejor forma la dinámica interna del flujo de filtraciones.

### **1.3. Teorías relacionadas al tema**

#### **1.3.1. Flujo de filtraciones**

##### **1.3.1.1. Factores**

###### **1.3.1.1.1. Precipitación pluvial**

###### **✓ Definición**

Es el agua que recae sobre la superficie de la tierra, esta se genera por el ciclo hidrológico, donde se condensan mediante la evaporación y luego se generan hidrometeoros en forma de gotas. Está representado por granizo, escarcha, lluvia.

Se distingue tres tipos según su origen, de esta manera Villón (2002), explica:

**Ciclónicas:** explica que esta clase de precipitación se da en el encuentro de dos masas de aire, con diferencia de temperatura y humedad, las nubes con mayor temperatura se elevan, donde se genera la condensación y precipitación.

**Convección:** explica que, en días calurosos, con vientos calmados y regiones tropicales, se genera abundante evaporación, donde se forma grandes masas de vapor, y que estas se elevan hasta zonas muy altas, donde se presentan condiciones para generar precipitaciones.

**Orográfica:** explica que se producen cuando el vapor de aguas superficiales es transportado hacia montañas altas, donde se produce la posterior precipitación. (pp. 71-72).

**Tabla 1.** Tipos de lluvia

Llovizna	pequeñas gotas de agua, entre 0.1 y 0.5mm
Lluvia	Gotas mayor a 0.5 mm
Escarcha	Capa de hielo que incluye hielo
nieve	Cristales de hielo blanco
Granizo	Bolas de hielo con diámetro de 5 a 125mm

Fuente: Reproducido de Dueñas, 2015

#### ✓ **Medición de la precipitación**

La precipitación se mide en términos de la altura de lámina de agua (hp), y se expresa en milímetros. Esta altura indica la acumulación en una superficie horizontal, se mide en:

**Pluviómetro:** recipiente de forma cilíndrica, de 20 cm de diámetro por 60 cm de altura. Se mide en esta probeta, con aproximación a decimos de milímetro, para medir se introduce una regla graduada, se mide cada 24 horas.

**Pluviógrafos:** mide de mejor manera, dando datos más completos como la curva IDF, intensidad, etc.

**a) Precipitación de diseño**

Es un dato de precipitación que se usa para para diseño de un sistema hidrológico. El uso de estas es desde datos puntuales de precipitación en el método racional para calcular los caudales máximos en la relación lluvia-escorrentía.

Para calcular la precipitación máxima, en zonas donde no se disponga de registro pluviográficos, se aplica el método de Dick Peschke, la cual está determinado por:

$$P_d = P_{24h} \left( \frac{d}{1440} \right)^{0.25} \dots\dots\dots (1.1)$$

Donde:

Pd: precipitación total (mm)

d: duración (min)

P<sub>24h</sub>: precipitación máxima en 24 horas (mm)

**b) Intensidad de lluvia**

Es la máxima intensidad que se presenta en una precipitación, la cual está determinada por agua caída por unidad de tiempo, y se expresa:

$$I_{max} = P/T \dots\dots\dots (1.2)$$

Donde:

I<sub>max</sub>: intensidad máxima, en mm/hora

P: precipitación en altura de agua, en mm

T: tiempo en horas

Según el Manual de Hidrología, Hidráulica y Drenaje del Ministerio de Transporte y Comunicaciones (2012, pp. 37-38), “indica que para situaciones en las que no existan registros pluviográficos que detallen la intensidad máxima, puede aplicarse la ecuación (1.3) de Dick y Peschke. De esta manera se puede obtener la intensidad con la siguiente expresión”:

$$I = \frac{K T^m}{t^n} \dots\dots\dots (1.3)$$

Donde:

I: Intensidad máxima (mm/h)

K, m, n: factores característicos de la zona de estudio

T: periodo de retorno en años

t: duración de la precipitación equivalente al tiempo de concentración (min)

✓ **Duración**

Es la duración desde el inicio y fin de una tormenta, medido en horas o minutos, tendrá mucha relevancia en la determinación de la intensidad de lluvia.

✓ **Frecuencia**

Es la repetición de una tormenta en similares condiciones como la intensidad y duración en un periodo determinado (años).

✓ **Tiempo de retorno**

“Es un tiempo medio en el cual un fenómeno o evento de un valor z, puede tener la misma magnitud. Es inverso de frecuencia”. (Villón, 2002, p. 88).

$$T = 1/f \dots \dots \dots (1.4)$$

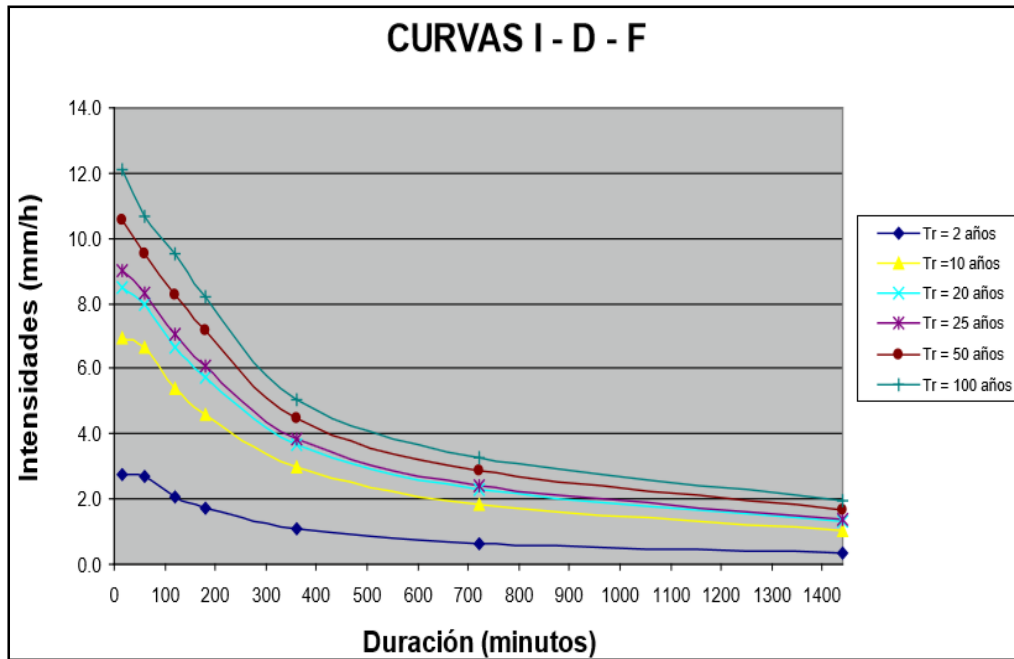
Donde:

T: periodo de retorno

f: frecuencia

✓ **Curvas Intensidad - Duración - Frecuencia**

Estos gráficos permiten relacionar la intensidad de la lluvia, la duración y frecuencia de la misma, con la probabilidad de ocurrencia de un tiempo de retorno.



**Figura 1.** Ejemplo de curva intensidad - duración - frecuencia para lluvia máxima.  
(Fuente: Manual de Hidrología, Hidráulica y Drenaje, 2012).

### c) Análisis estadístico de datos hidrológicos

#### Modelo de distribución

Mediante estos análisis, se pretende calcular el tiempo de retorno para precipitaciones, intensidades o caudales máximos, mediante modelos de probabilidad. A continuación, se detallan los usados en esta tesis. Estas fórmulas fueron obtenidas del Manual de Hidrología, Hidráulica y Drenaje.

**Tabla 2.** Valores recomendados de riesgo admisible de obras de drenaje

TIPO DE OBRA	RIESGO ADMISIBLE (**) (%)
Puentes (*)	22
Alcantarillas de paso de quebradas importantes y badenes	39
Alcantarillas de paso quebradas menores y descarga de agua de cunetas	64
Drenaje de la plataforma (a nivel longitudinal)	64
Subdrenes	72
Defensas Ribereñas	22

Fuente: Manual de Hidrología, Hidráulica y Drenaje, 2012

**Tabla 3.** Valores de periodo de retorno  $T$  (Años)

RIESGO ADMISIBLE	VIDA ÚTIL DE LAS OBRAS (n años)									
	1	2	3	5	10	20	25	50	100	200
0,01	100	199	299	498	995	1990	2488	4975	9950	19900
0,02	50	99	149	248	495	990	1238	2475	4950	9900
0,05	20	39	59	98	195	390	488	975	1950	3900
0,10	10	19	29	48	95	190	238	475	950	1899
0,20	5	10	14	23	45	90	113	225	449	897
0,25	4	7	11	18	35	70	87	174	348	695
0,50	2	3	5	8	15	29	37	73	154	289
0,75	1,3	2	2,7	4,1	7,7	15	18	37	73	144

Fuente: Manual de Hidrología, Hidráulica y Drenaje, 2012



### **Análisis de consistencia**

Este análisis se establece cuando existe poca o escasa información pluviográfica de una estación, se verifica si los datos de una estación son constantes o periódicamente proporcionales. En este estudio se verifica si los datos que estima la entidad, en este caso Senamhi, son uniformes con otras estaciones, verificando la coherencia y similitud, mediante un diagrama llamado análisis de doble masa.

El análisis de consistencia es verificar el ajuste lineal perfecto ( $R^2$ ), un  $R^2$  igual a 1 significa un ajuste lineal perfecto, esta es una medida de carácter adimensional, de rápido cálculo y mayor eficacia e interpretación, ya que solo usa valores entre cero y uno.

### **Análisis doble masa**

Este análisis se utiliza para tener una confiabilidad alta, y analizar si la consistencia de datos contiene errores, se realiza el promedio acumulado las precipitaciones máximas de 24 horas de todas las estaciones analizadas, esto genera un gráfico que se relaciona con las demás estaciones, donde se logra ver cual gráfico es la que se acerca más a la curva patrón, de esta manera se hace una mejor elección de datos y la estación a utilizar.

### **Distribución normal**

Esta función de densidad de probabilidad normal está definida como:

$$f(x) = \frac{1}{\delta\sqrt{2\pi}} e^{-1/2\left(\frac{x-u}{\delta}\right)^2} \dots\dots\dots (1.5)$$

$f(x)$  = Función densidad normal de la variable  $x$

$x$  = Variable independiente

$u$  = Parámetro de localización, igual a la media aritmética de  $x$

$\delta$  = Parámetro de escala, igual a la desviación estándar de  $x$

### **Distribución Log Pearson III Parámetros**

Se define de la siguiente manera:

$$f(x) = \frac{(\ln x - x_0)^{\gamma-1} e^{-\frac{(\ln x - x_0)}{\beta}}}{x\beta^\gamma\Gamma(\gamma)} \dots\dots\dots (1.6)$$

$x_0$  = Parámetro de posición

$\gamma$  = Parámetro de forma

$\beta$  = Parámetro de escala

### Distribución Gumbel

Se define de la siguiente manera:

$$f(x) = e^{-e^{-\alpha(x-\beta)}} \dots\dots\dots (1.7)$$

Utilizando el método de momentos, se obtienen las siguientes relaciones:

$$\alpha = \frac{1.2825}{\sigma} \dots\dots\dots (1.8)$$

$$\beta = \mu - 0.45\sigma \dots\dots\dots (1.9)$$

Donde:

$\alpha$ : Parámetro de concentración.

$\beta$ : Parámetro de localización

#### 1.3.1.1.2. Escorrentía

##### a) Coeficiente de escorrentía

##### Tiempo de concentración

Según el Manual de Hidrología, Hidráulica y Drenaje (2012), lo define como:

El tiempo solicitado por una gota para desplazarse desde el punto más alto hasta el desfogue final. También se ve afectada por la geometría, a mayor pendiente la velocidad del flujo se incrementará y esta disminuye el tiempo de concentración, así mismo existen factores como al área, características del suelo, cobertura vegetal, etc. (p. 38).

**Tabla 4. Fórmulas para calcular el tiempo de concentración**

METODO Y FECHA	FÓRMULA PARA $t_c$ (minutos)	OBSERVACIONES
<b>Kirpich (1940)</b>	$t_c = 0.01947.L^{0.77}.S^{-0.385}$ <p>L = longitud del canal desde aguas arriba hasta la salida, m. S = pendiente promedio de la cuenca, m/m</p>	Desarrollada a partir de información del SCS en siete cuencas rurales de Tennessee con canales bien definidos y pendientes empinadas (3 a 10%); para flujo superficial en superficies de concreto o asfalto se debe multiplicar $t_c$ por 0.4; para canales de concreto se debe multiplicar por 0.2; no se debe hacer ningún ajuste para flujo superficial en suelo descubierto o para flujo en cunetas.
<b>California Culverts Practice (1942)</b>	$t_c = 0.0195\left(\frac{L^3}{H}\right)^{0.385}$ <p>L = longitud del curso de agua más largo, m. H = diferencia de nivel entre la divisoria de aguas y la salida, m.</p>	Esencialmente es la ecuación de Kirpich; desarrollada para pequeñas cuencas montañosas en California.
<b>Izzard (1946)</b>	$t_c = \frac{525.(0.0000276.i + c).L^{0.33}}{S^{0.333}.i^{0.667}}$ <p>i = intensidad de lluvia, mm/h c = coeficiente de retardo L = longitud de la trayectoria de flujo, m. S = pendiente de la trayectoria de flujo, m/m.</p>	Desarrollada experimentalmente en laboratorio por el Bureau of Public Roads para flujo superficial en caminos y Áreas de céspedes; los valores del coeficiente de retardo varían desde 0.0070 para pavimentos muy lisos hasta 0.012 para pavimentos de concreto y 0.06 para superficies densamente cubiertas de pasto; la solución requiere de procesos iterativos; el producto de i por L debe ser $\leq 3800$ .
<b>Federal Aviation Administration (1970)</b>	$t_c = 0.7035\frac{(1.1 - C)L^{0.50}}{S^{0.333}}$ <p>C = coeficiente de escorrentía del método racional. L = longitud del flujo superficial, m. S = pendiente de la superficie, m/m</p>	Desarrollada de información sobre el drenaje de aeropuertos recopilada por el Corps of Engineers; el método tiene como finalidad el ser usado en problemas de drenaje de aeropuertos pero ha sido frecuentemente usado para flujo superficial en cuencas urbanas.

Fuente: Manual de Hidrología, Hidráulica y Drenaje, 2012

✓ **Escurrimiento o precipitación efectiva**

El escurrimiento o llamada lluvia en exceso, es la porción de lluvia que escurre directamente por las capas externas, esta genera el caudal de diseño para cuencas y sub cuencas.

Para determinar la precipitación efectiva se calcula mediante:

El coeficiente de escorrentía, se calcula por la siguiente formula:

$$C_e = \frac{-P_e}{P_t} \dots \dots \dots (1.10)$$

Donde:

$P_e$  = precipitación efectiva (mm)

$P_t$  = precipitación total (mm)

**b) Velocidad**

$$V = \frac{1}{n} * R_h^{\frac{2}{3}} * S^{\frac{1}{2}} \dots \dots \dots (1.11)$$

Donde:

$R_h = \text{radio hidraulico} = Am/Pm$

$s = \text{pendiente}$

**c) Estimación de caudal mediante el método racional**

El Manual de Hidrología, Hidráulica y Drenaje (2012), “Emite el método racional, el cual indica que su uso es adecuado para cuencas o áreas menores a 10 km<sup>2</sup> por lo tanto, el caudal se obtiene de la siguiente manera:

$$Q = 0.278CIA \dots \dots \dots (1.12)$$

Donde:

Q = Caudal de diseño (m<sup>3</sup>/s)

C = Coeficiente de escorrentía

I = Intensidad de precipitación máxima horaria (mm/h)

A = Área de la cuenca (km<sup>2</sup>)

**Tabla 5. Coeficientes de escorrentía para el método racional**

COBERTURA VEGETAL	TIPO DE SUELO	PENDIENTE DEL TERRENO				
		PRONUNCIADA	ALTA	MEDIA	SUAVE	DESPRECIABLE
		> 50%	> 20%	> 5%	> 1%	< 1%
Sin vegetación	Impermeable	0,80	0,75	0,70	0,65	0,60
	Semipermeable	0,70	0,65	0,60	0,55	0,50
	Permeable	0,50	0,45	0,40	0,35	0,30
Cultivos	Impermeable	0,70	0,65	0,60	0,55	0,50
	Semipermeable	0,60	0,55	0,50	0,45	0,40
	Permeable	0,40	0,35	0,30	0,25	0,20
Pastos, vegetación ligera	Impermeable	0,65	0,60	0,55	0,50	0,45
	Semipermeable	0,55	0,50	0,45	0,40	0,35
	Permeable	0,35	0,30	0,25	0,20	0,15
Hierba, grama	Impermeable	0,60	0,55	0,50	0,45	0,40
	Semipermeable	0,50	0,45	0,40	0,35	0,30
	Permeable	0,30	0,25	0,20	0,15	0,10
Bosques, densa vegetación	Impermeable	0,55	0,50	0,45	0,40	0,35
	Semipermeable	0,45	0,40	0,35	0,30	0,25
	Permeable	0,25	0,20	0,15	0,10	0,05

Fuente: Manual de Hidrología, Hidráulica y Drenaje, 2012

**1.3.1.1.3. Infiltración**

**a) Conductividad hidráulica**

El traslado de fluido que genera el agua en los estratos se le llama infiltración, el cual asume una ruta no lineal a través de los vacíos del estrato.

Ocurrida la precipitación, se produce el almacenamiento en la ladera donde se produce dos etapas, la de infiltración y escurrimiento, la infiltración estará representada por la permeabilidad de los estratos, así como la pendiente del talud la que adoptará una velocidad de infiltración y un caudal. La infiltración consta de tres etapas, la primera es la captación y entrada a las capas internas de una superficie, luego se procede a almacenar dentro de las capas y finalmente se dará la red de flujos subterránea.

El escurrimiento genera un caudal el cual dependiendo de la capa externa y geometría del lugar adquirirá una velocidad.

#### **b) Permeabilidad según tipo de suelo**

La permeabilidad es la capacidad o factor de un suelo de poder transmitir agua bajo la infiltración, producido por el flujo del mismo, esto se representa o influencia por la representación de su composición y geometría de un terreno (diferentes suelos). (Gonzales de Vallejo, 2002, p. 273).

Para lo cual se manejan los siguientes conceptos:

Lo primero a tener en cuenta es la geometría (pendiente) y estratigrafía del suelo, también influye las propiedades del agua, a ello se denomina permeabilidad efectiva (conductividad hidráulica), representado por el coeficiente (k).

Así mismo se tiene la permeabilidad interior (K), esta se manifiesta de acuerdo a las propiedades del suelo.

$$K = Cd^2 \dots\dots\dots (1.12)$$

Donde:

C: Constante de proporcionalidad denominada factor de forma,

D: Diámetro promedio de los granos del material geológico.

A continuación, se presenta valores comunes de permeabilidad de diferentes materiales.

**Tabla 6.** Valores de permeabilidad para diferentes suelos

Tipo de material	Permeabilidad (DARCY)
<b>Materiales no consolidados</b>	
Grava	$10^5 - 10^2$
Arena limpia	$10^3 - 0.5$
Arena limosa	$10^2 - 10^{-2}$
Loess, limo	$10 - 10^{-4}$
Arcilla marina	$10^{-4} - 10^{-7}$
<b>Materiales consolidados</b>	
Arenisca	$10^{-1} - 10^{-5}$
Caliza y dolomita	$10^{-1} - 10^{-4}$
Caliza carstica	$10^3 - 10^{-1}$
Pizarras y lutitas	$10^{-4} - 10^{-8}$
Basalto fracturado	$10^3 - 10^{-2}$
Roca cristalina fracturada	$10 - 10^{-3}$
Roca cristalina	$10^{-5} - 10^{-8}$

Fuente: Mogrovejo, 2016

**c) Capacidad de infiltración**

El método de Horton, establece que el suelo al someterse a una precipitación con intensidad dada, y si esta es superior a la capacidad de infiltración, relacionado con el tiempo se calcula de la siguiente manera.

$$CI = CI_{\infty} + (CI_0 - CI_{\infty})e^{-kt} \dots\dots\dots (1.13)$$

**Tiempo de anegamiento**

$$Ta = \left(\frac{1}{K}\right) * Ln\left[\frac{(CI_0 - CI_{\infty})}{(I - CI_{\infty})}\right] \dots\dots\dots (1.14)$$

**Volumen de escorrentía**

$$Ve = I * (D - Ta) - \left[CI_{\infty} * (D - Ta) - \frac{(CI_0 - CI_{\infty})}{K} * [\exp(-K * D) - \exp(-K * Ta)]\right] \dots (1.15)$$

Donde:

$C_i$  = capacidad de infiltración en el instante (mm/h)

$C_{I0}$  = valor constante de la capacidad de infiltración en estado de saturación del suelo.

$C_{I\infty}$  = valor máximo de la capacidad de infiltración al comienzo de la lluvia.

$K$  = constante de decaimiento.

$t$  = tiempo transcurrido desde el comienzo de la lluvia

**Tabla 7.** Coeficientes para infiltración

Tipo de suelo		$f_0$	$f_c$	$k$
		mm/h	mm/h	min-1
Agrícola	desnudo	280	6-220	1.60
	cubierto de vegetación	900	20-290	0.80
Turba		325	2-20	1.80
Areno-Arcilloso	desnudo	210	2-25	2.00
	cubierto de vegetación	670	10-30	1.40

Fuente: Universidad Nacional Agraria la Molina, hidrología aplicada, 2004

#### d) Redes de flujo

Constituye el método que más se usa para dar solución a problemas hidráulicos, que se relacionan en presas y obras hidráulicas. Constituye el mejor método para verificar las filtraciones resolviendo de forma simplificada la fórmula de Laplace. Conociendo las condiciones de borde se reconoce el flujo, caudal y presión de la región. (Collado, 2015.p.82)

el estudio de las redes de flujo en este caso se utiliza aplicando el software Slide v6.0, el cual grafica las líneas para los estratos presentados.

#### ✓ Estudios de filtración

La formación de capas vegetales es un factor determinante para la infiltración, a mayor vegetación mayor será la capacidad de absorción e infiltración, lo contrario ocurrirá en una superficie sin vegetación, generando el escurrimiento superficial.

#### Agua subterránea

Es el fluido que se almacena bajo la superficie terrestre, conformada en acuitardos, acuífugos y acuíferos, donde el nivel freático es alto, normalmente llenando los vacíos o poros de los estratos.

Las redes de flujo se manifiestan mediante puquiales, manantes o fluencia al mar, algunos generan formaciones de lagunas, renovándose constantemente por la infiltración de lluvias, granizo y escorrentía.

## Conductividad hidráulica

### Ley de Darcy

En el año de 1850, Darcy realiza su experimento clásico, utilizo un sistema de tuberías, como se observa en la figura 1.2, para analizar el flujo de filtraciones y propiedades del agua a través de un estrato de arenas. Experimentalmente vario la longitud de muestra y presión de agua en la parte superior e inferior, obteniendo así el caudal Q.

$$Q = k \frac{h_3 - h_4}{L} * A = kiA \dots \dots \dots (1.16)$$

Donde:

Q: Caudal

K: coeficiente de permeabilidad de Darcy

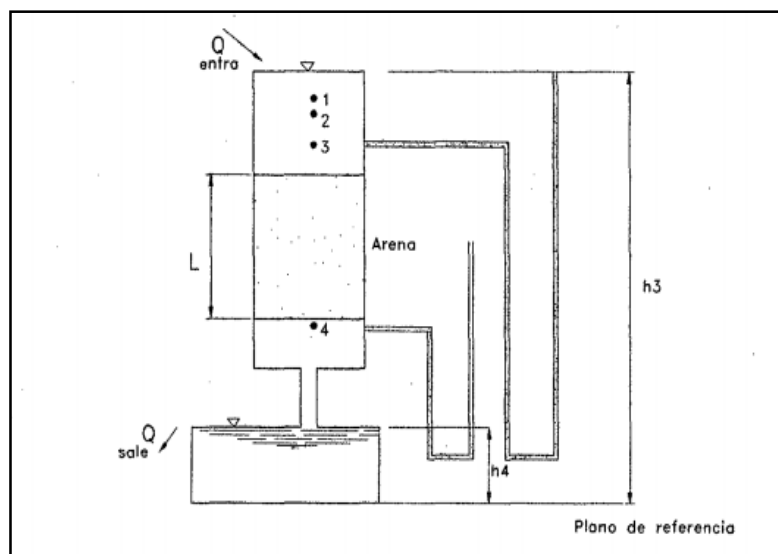
h3: Altura sobre plano de referencia, parte inferior

h4: Altura sobre plano de referencia que alcanza salida de agua

L: longitud

A: Área total interior de la sección transversal del recipiente que contiene la muestra.

i: Gradiente hidráulico



**Figura 2.** Experimento de Darcy. (Fuente: Silva, 2004)

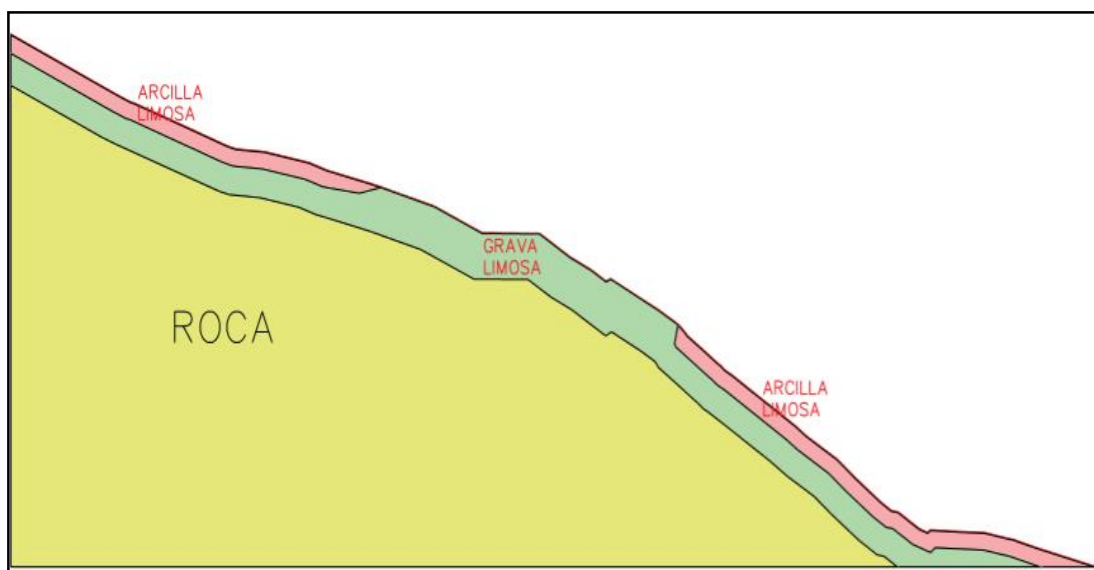


Debe tenerse en cuenta que para determinar la velocidad de infiltración o Darcy se debe determinar primero si el flujo es laminar o turbulento, esto por medio del número de Reynolds. Tenemos la siguiente formula:

$$\frac{Q}{A} = ki = v \dots\dots\dots (1.17)$$

✓ **Modelo hidrogeológico**

Consiste en plasmar un modelo digital esquemático de la naturaleza, la que describe el funcionamiento de la dinámica interna y características del sistema hidrogeológico.



**Figura 3.** Modelo conceptual hidrogeológico. (Fuente: Elaboración propia, 2018)

**1.3.2. Estabilidad física del deslizamiento**

**1.3.2.1. Factor de seguridad**

Suarez (1998).” Es la relación inversa o comparación de fuerzas internas con las externas, en esta se analiza la resistencia al corte producido por agentes externos e internos. En el Perú lo recomendable según la norma es de 1.5 y 1.25 para condición estática y pseudoestática respectivamente”.

$$FS = \frac{\text{FUERZA RESISTENTE}}{\text{FUERZA ACTUANTE}} \dots\dots\dots (1.19)$$

En deslizamientos circulares, al existir un centro de giro se evidencia momento resistente y actuante:

$$FS = \frac{\text{MOMENTO RESISTENTE DISPONIBLE}}{\text{MOMENTO ACTUANTE}} \dots\dots\dots (1.20)$$

Una condición de equilibrio límite se da cuando el factor de seguridad es similar a 1, cuando el talud está estable, las fuerzas que resisten son mayores a las fuerzas actuantes. La inestabilidad se dará, cuando las fuerzas resistentes sean menores a las fuerzas actuantes.

**Tabla 8. Factores de seguridad**

NORMATIVA	TALUD TEMPORAL		TALUD PERMANENTE	
	ESTÁTICA	SÍSMICA	ESTÁTICA	SÍSMICA
AASHTO LRFD	1,33-1,53	1,1	1,33-1,53	1,1
NAVFAC-DM7	1,3-1,25	1,2-1,15	1,5	1,2-1,15
FHWA-NHI-11-032	-	1,1	-	1,1
CE.020	-	-	1,5	1,25

Fuente: Valiente *et al.*, 2015

El análisis de este factor se realiza en el programa Slide v 6.0, tanto en condiciones estáticas como pseudoestáticas. Para lo cual se utiliza la aceleración máxima horizontal de diseño el que está dado en la norma E.030 de Diseño Sismorresistente.

$$A_{max-d} = PGA * S \dots\dots\dots (1.21)$$

Donde:

$A_{max-d}$  = Aceleración de diseño

PGA = Peak Ground Acceleration (Factor de zona)

S = Clasificación de suelos de acuerdo a la amplificación sísmica

**Tabla 9. Suelos de acuerdo a la amplificación sísmica**

ZONA \ SUELO	S <sub>0</sub>	S <sub>1</sub>	S <sub>2</sub>	S <sub>3</sub>
Z <sub>4</sub>	0,80	1,00	1,05	1,10
Z <sub>3</sub>	0,80	1,00	1,15	1,20
Z <sub>2</sub>	0,80	1,00	1,20	1,40
Z <sub>1</sub>	0,80	1,00	1,60	2,00

Fuente: Norma E.030 Diseño Sismorresistente, 2016

Por recomendación de la AASHTO y la FHWA, se sugiere poner un factor de 1/2 o 1/3 en el caso de método Pseudoestático para analizar laderas.

$$A_d = 1/2 * A_{\max-d} \dots \dots \dots (1.22)$$

**Tipos de análisis de estabilidad**

Para adecuarse a un análisis de estabilidad de taludes, el ministerio de transportes y comunicaciones emitió una tabla con indicadores que verifiquen si existirá un análisis de estabilidad.

**Tabla 10. Suelos de acuerdo a la amplificación**

CLASE DE TERRENO	TALUD (H:V)		
	V ≤ 5m	5m <V ≤ 10m	V > 10m
Roca fija	1:10	1:10*	**
Roca suelta	1:4 – 1:6	1:2 – 1:4*	**
Conglomerados cementados	1:4	*	**
Suelos consolidados compactos	1:4	*	**
Conglomerados comunes	1:3	*	**
Tierra Compacta	1:1 – 1:2	*	**
Tierra suelta	1:1	*	**
Arenas sueltas	2:1	*	**
Zonas blandas con abundante arcilla o zonas humedecidas por filtraciones	Hasta 2:1		
*Requiere banquetta o análisis de estabilidad ** Requiere análisis de estabilidad			

Fuente: Manual de carreteras del MTC, 2013

**Método del equilibrio límite**

Gonzales de Vallejo (2002), indica que:

También conocido por el método de dovelas, es muy utilizado en la ingeniería, analiza las masas de suelo y rocas donde existe un eventual riesgo, este tiene en fin analizar específicamente una zona según el estrato, la longitud, altura y ancho. Gráfica y verifica las fuerzas internas que se generan en la interacción de fuerzas que generan deslizamiento y resistencia, a lo largo de una circunferencia de falla. (p. 446)

Este análisis se basa en:

- La identificación de la superficie de falla en la ladera.
- El método de Coulomb - Mohr
- Encontrar el coeficiente de seguridad

**Tabla 11.** *Tipos de análisis según equilibrio límite*

Método de equilibrio límite			
Exactos	No exactos		Aproximados
Rotura plana Rotura por cuña			
Cuña Simple Cuña doble Cuña triple	Métodos de estabilidad global	Espiral Logarítmica Arco circular	Tabla de Taylor
	Métodos de Dovelas	Aproximados Jambu, Fellenius, Bishop simplificado	
		Precisos Morgenstern-price, Spencer, Bishop riguroso	

Fuente: Reproducido de Gonzales de Vallejo, 2002

**Tabla 12.** Características de los principales métodos de análisis de estabilidad de taludes

Método	Superficies de Falla	Equilibrio	Características
Talud infinito	Rectas	Fuerzas	Bloque delgado con nivel freático, falla paralela a la superficie.
Bloques o cuñas	Cuñas con tramos rectos	Fuerzas	Cuñas simples, dobles o triples, analizando las fuerzas que actúan sobre cada cuña.
Espiral logarítmica (Frohlich, 1953)	Espiral logarítmica	Fuerzas y momentos	Superficie de falla en espiral logarítmica. El radio de la espiral varía con el ángulo de rotación.
Arco circular, (Fellenius, 1922)	Circulares	Momentos	Círculo de falla, el cual es analizado como un solo bloque. Se requiere que el suelo sea cohesivo ( $\phi = 0$ ).
Ordinario o de Fellenius (Fellenius 1927)	Circulares	Fuerzas	No tiene en cuenta las fuerzas entre dovelas.
Bishop simplificado (Bishop 1955)	Circulares	Momentos	Asume que todas las fuerzas de cortante, entre dovelas, son cero.
Janbú Simplificado (Janbú 1968)	Cualquier forma	Fuerzas	Asume que no hay fuerza de cortante entre dovelas.
Sueco Modificado. U.S. Army Corps of Engineers (1970)	Cualquier forma	Fuerzas	Las fuerzas entre dovelas tienen la misma dirección que la superficie del terreno.
Lowe y Karafiath (1960)	Cualquier forma	Fuerzas	Las fuerzas entre dovelas están inclinadas en un ángulo igual al promedio de la superficie del terreno y las bases de las dovelas.
Spencer (1967)	Cualquier forma	Momentos y fuerzas	La inclinación de las fuerzas laterales son las mismas para cada tajada, pero son desconocidas.
Morgenstern y Price (1965)	Cualquier forma	Momentos y fuerzas	Las fuerzas entre dovelas, se asume, que varían de acuerdo con una función arbitraria.
Sarma (1973)	Cualquier forma	Momentos y fuerzas	Utiliza el método de las dovelas en el cálculo de la magnitud de un coeficiente sísmico requerido para producir la falla.

Fuente: Reproducido de Suárez, 2009

### Método de cálculo de taludes por dovelas

Este método se aplica en una sección transversal Bidimensional, considerando una zona potencial de falla, a la cual se le divide en franjas o dovelas. En cada una de ellas se analiza el equilibrio entre fuerzas resistentes y actuantes. Para tener en cuenta el número de dovelas, se tendrá en cuenta la geometría y el tipo de método empleado, a mayor número de dovelas, mayor será la precisión.

Entre los diversos métodos explicados en la Tabla 12, la diferencia primaria se basa en las fuerzas que actúan sobre las paredes laterales de las dovelas. Los métodos simplificados de Bishop y Jambu, suponen fuerzas laterales horizontales.

**a) Método ordinario o de Fellenius**

Este método asume longitud de fallas circulares, dividiendo el área de trabajo en dovelas, obteniendo las fuerzas actuantes y resultantes para cada dovela, para obtener así el factor de seguridad.

$$F.S. = \frac{\sum [C' \Delta l + (W \cos \alpha - u \Delta l \cos^2 \alpha) \tan \phi']}{\sum W \sin \alpha} \dots\dots\dots (1.23)$$

*Donde:*  
 $\alpha$  = 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 =  $\gamma_w h_w$   
 $\Delta l$  = longitud del arco de círculo en la base de la tajada  
 $C', \phi'$  = Parámetros de resistencia del suelo.

**b) Método de Bishop simplificado**

Bishop (1955), presento el método de las dovelas o rebanadas y tomo en cuenta las fuerzas entre estas. Solo asume que las fuerzas son horizontales y no las cortantes, por criterios de agilidad se usa la versión simplificada, que a continuación sigue:

$$F.S. = \frac{\sum \left[ \frac{c' \Delta l \cos \alpha + (W' u \Delta l \cos \alpha) \tan \phi'}{\cos \alpha + (\sin \alpha \tan \phi') / FS} \right]}{\sum W \sin \alpha} \dots\dots\dots (1.24)$$

*Donde:*  
 $\Delta l$  = longitud de arco de la base de la dovela  
 $W$  = Peso de cada dovela  
 $C', \phi$  = Parámetros de resistencia del suelo.  
 $u$  = Presión de poros en la base de cada dovela =  $\gamma_w \times h_w$   
 $\alpha$  = Angulo del radio y la vertical en cada dovela.

**c) Método de Spencer**

Este método es un poco más riguroso que el Bishop simplificado, satisface el equilibrio de esfuerzos y momentos. La metodología de este método es suponer que las fuerzas son paralelas y tienen el mismo ángulo de inclinación. “Spencer plantea dos ecuaciones una de equilibrio de fuerzas y otra de equilibrio de momentos, las cuales se resuelven para calcular los factores de seguridad F y los ángulos de inclinación de las fuerzas entre dovelas  $\theta$ ”. (Suárez, 2009, p. 156)

#### **d) Método de Morgenstern - Price**

El método de Morgenstern y Price (1965) Esta función puede considerarse constante, como en el caso del método de Spencer, o puede considerarse otro tipo de función. La posibilidad de suponer una determinada función para determinar los valores de las fuerzas entre dovelas, lo hace un método más riguroso que el de Spencer. (Suárez, 2009, p. 157)

#### **Factores influyentes para la inestabilidad de laderas**

“para considerar estable una ladera esta se tiene que verificar por la altura y pendiente, los estratos de la zona, fallas geológicas, registro sísmico de la zona, agua subterránea, nivel freático y la geotecnia que muestran la mecánica del suelo”. (Gonzales de Vallejo, 2002, p. 456)

Esta serie de combinaciones de parámetros (factores) mencionadas líneas arriba normalmente desencadenan un desplazamiento o la rotura en la superficie externa de la ladera, consecuentemente Traen consigo la masa desprendida (m<sup>3</sup>), a lo largo de una o varias longitudes de falla.

Los factores geológicos, hidrológicos y geotécnicos son considerados factores pasivos o condicionantes, Los cuales son:

- ✓ Estructura Geológica y Discontinuidades (formación geológica regional)
- ✓ Estratigrafía y Litología (clasificación de suelos SUCS.).
- ✓ Condiciones Hidrogeológicas (agua subterránea. Acuíferos, etc.).
- ✓ Tensiones naturales (fuerza ejercida por presiones).
- ✓ Propiedades Geomecánicas en suelos y macizos rocosos.

También se estiman, según la bibliografía, los factores desencadenantes o activos, los cuales generan el deslizamiento (masas de suelos) o rotura (de rocas), una vez que ocurran una combinación de condiciones, principalmente la suma de fuerzas condicionantes, la cual genera el esfuerzo de corte (de la ladera, en una superficie de falla). Entre ellos tenemos:

- Precipitación (máxima e intensa)
- Sismos (de gran intensidad)
- Actividad volcánica (activación)
- Actividad Humana (creación de pistas, deforestación, etc.)

### **1.3.2.2. Parámetro geométrico**

(Matteis Álvaro, 2003) “ladera es aquella inclinación que se verifica respecto a una línea horizontal, la cual tomara una forma definitiva acogiendo las masas de suelo”.

Es preponderante tener en cuenta los parámetros geométricos, en cuanto a la altura en inclinación (pendiente), estas influyen directamente en la estabilidad de una ladera, la relación altura-pendiente, determina el grado de riesgo.

Topografía: se encarga de describir físicamente la superficie de la tierra, estas deberán contener sus características y accidentes de la zona. Posterior a ello lo que se requiere es plasmar en un plano, con medidas que representen la realidad de la zona, a esto se le realiza una sección (civil 3d) transversal para ejemplificar de mejor manera la topografía.

### **1.3.2.3. Parámetro geomecánico**

#### **1.3.2.3.1. Suelo**

La organización de las naciones unidas para la agricultura y alimentación define al suelo como un estrato con composición química, orgánica, pequeños partículas vegetales y seres vivos, así como la interacción de agua y aire, suelos saturados y no saturados. Estos materiales conformes pasaron los milenios, sufre grandes cambios desde su formación, a partir de la erosión y transporte de sedimento por el agua y viento, los agentes antrópicos y seres vivos, forjando hasta la actualidad su presentación final.

#### **1.3.2.3.2. Mecánica de suelos**

(Terzaghi, 2016), menciona que “La descripción de la mecánica de suelos consiste en aplicar principios de la mecánica, así como del componente hidráulico, a las dificultades que se presentan en un contexto real como los sedimentos y acumulación de sedimentos productos de la erosión, desintegración y fracturación mecánica de macizos rocosos, más allá de contener o no material orgánico”.

#### **a) Granulometría**

Es el ensayo que se realiza a un estrato para ver la distribución de sus partículas, según un tamizado, obtenido a partir de las calicatas. Permite clasificar el material por medio de tamices y generar así la curva granulométrica para su posterior clasificación. Con fines de análisis, tanto de su origen como propiedades mecánicas.



(Gonzales de Vallejo, 2002). “el análisis de los suelos contempla definir sus diferencias para la aplicación de otros parámetros, así por ejemplo se define su propiedad química, y la del tamaño de sus partículas, se recomienda verificar la forma y el reglamento que seguirán las evaluaciones para lograr que sea entendible en el mundo “



**Figura 4.** Separación en tamaños del material de la ladera. (Fuente: Imagen propia, 2018)

#### **b) Límites de Atterberg**

En la aplicación de la mecánica de suelos, el ensayo de límite de Atterberg, manifiesta el comportamiento de suelos, así como de obtener los rangos de humedad de dicho suelo, en este caso tenemos el límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad. Todos estos ensayos se utilizaron para la tesis presente.

#### **c) Corte directo**

Este ensayo determina la propiedad de resistencia de un suelo ante esfuerzos por fatiga y deformaciones, lo cual ejemplifica las solicitaciones que un suelo puede tener en un contexto real como las cargas de un terreno, sísmicas e hidráulicas. En este ensayo se calcula valores como el ángulo de fricción interna y cohesión del suelo. Estos datos son preponderantes para la tesis y el deslizamiento.

#### **1.3.2.3.3. Suelo saturado**

(Instituto Superior de Valladolid sub escuela de ciencias de estudio de la tierra en Ingeniería civil y mecánica de suelos, 2012), “el suelo saturado es el que está presente en dos formas líquida y sólida, se denomina saturado ya que todos sus vacíos o poros están llenos de agua las cuales están originadas por las lluvias, escorrentía, acuíferos, infiltración, etc.”.

#### **1.3.2.3.4. Suelo no saturado**

Está compuesto por tres fases, líquido, aire y sólido. El agua llena algunos poros que están con aire, es casi cercana a una zona saturada, presenta redes de flujo producidos por la pendiente y gravedad.

#### **1.3.2.4. Parámetro geológico**

##### **1.3.2.4.1. Estratigrafía**

“Es la descripción de las unidades litoestratigráficas del basamento que conforman las diferentes capas ligadas a las diferentes etapas de la historia”. (Ingemmet, geología del cuadrángulo de cusco, 2011)

**Grupo San Jerónimo:** Es una gruesa capa roja de origen continental, con más de 6000 metros de espesor, aflora desde Sicuani a cusco, asociando así mismo a la zona de estudio. Entre estas tenemos:

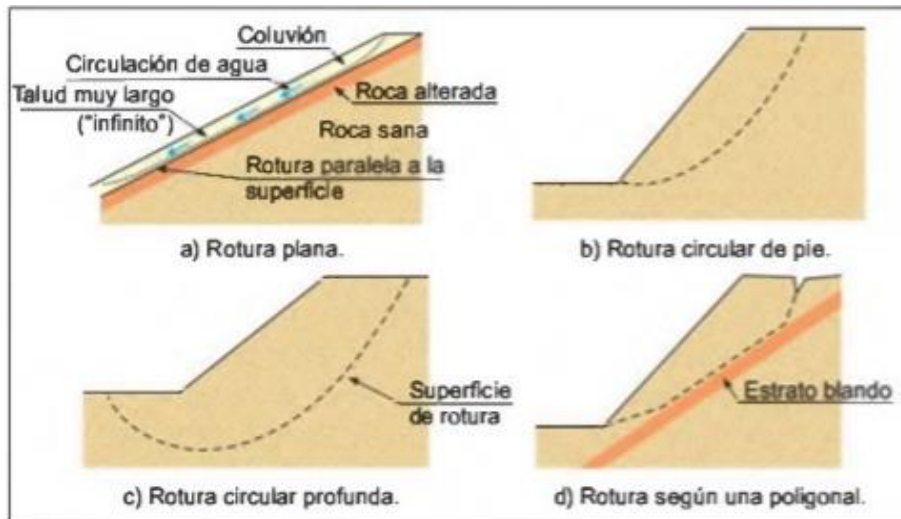
**Formación Kayra:** Aflora en la zona sur del distrito de lucre, sus estratos son paralelos en secuencias de arenisca y lutitas. Su constitución está dada por areniscas feldespáticas, a mitad de lutitas rojas, que se desarrolla en un medio fluvial entrelazado y llanura de inundación. Su edad está enmarcada entre 52Ma-42Ma, en la etapa de Eoceno inferior-Eoceno medio superior del periodo paleógeno de la era cenozoica.

**Formación Sonco:** Esta sobryace concordante a la formación Kayra. Está compuesta por lutitas rojas con llanura de inundación, intercalada con areniscas finas y la parte superior está compuesta por areniscas con clastos blandos y conglomerados con clastos volcánicos en un sistema fluvial entrelazado. Con una edad de 42Ma-a-30Ma, Eoceno medio superior-Oligocenos inferior, del periodo paleógeno de la era Cenozoica.

##### **1.3.2.4.2. Características del movimiento en masa**

###### **Roturas en suelos**

Los desplazamientos en los suelos generalmente son de dos tipos, rotacional y traslacional, estas generan una superficie tipo curva o de forma de un cucharón para la primera y para la segunda una longitud de falla casi horizontal. Normalmente influye las características de sus elementos si son homogéneos o heterogéneos



**Figura 5.** Tipos de rotura. (Gonzales de Vallejo, 2002)

Al presentar una homogeneidad de propiedades en los estratos, la falla comúnmente es circular, caso contrario ocurre con los materiales heterogéneos, que presentan una superficie tipo plana, esto normalmente ocurre en rocas.

#### **a) Deslizamiento rotacional**

Este tipo es más frecuente en suelos cohesivos homogéneos. La rotura sea profunda o superficial, tendrá la forma curva, dando lugar al movimiento en algunos casos de bloques, formando escalones con la superficie basculada y grietas que forman estrías. Pueden ser poco profundas o muy profundas (límite de 10 m), el pie contiene a la masa formando un lóbulo con grietas transversales, en algunos casos se generan flujos, según el tipo de suelos y contenido de agua. En arcillas duras fisuradas y arcillas blandas, se genera sucesivas roturas, poco profundas, pero de continuidad lateral. (Gonzales de Vallejo, 2002, p. 625).

#### **b) Deslizamiento traslacional**

Este tipo de deslizamientos, la superficie de falla es plana, puede ser por estratificación, contacto entre uno y otro material. No suelen ser muy profundos, pero si extensos, se da en suelos y rocas. Generalmente estos desplazamientos son más rápidos que los rotacionales. (Gonzales de Vallejo, 2002, p. 625).

#### **Roturas en rocas**

(Gonzales L, 2002). "La gran diversidad de rotura en las rocas, se limita al análisis del macizo rocoso, por las discontinuidades y líneas de falla, mientras muestre más dureza más definido será su longitud de falla.

Existen los siguientes tipos de rotura:

Rotura plana: es antecedida por otra falla, por ejemplo, falla tectónica

Rotura tipo cuña: es la agrupación de planos de falla con discontinuidad, en la afloración de estos planos de falla.

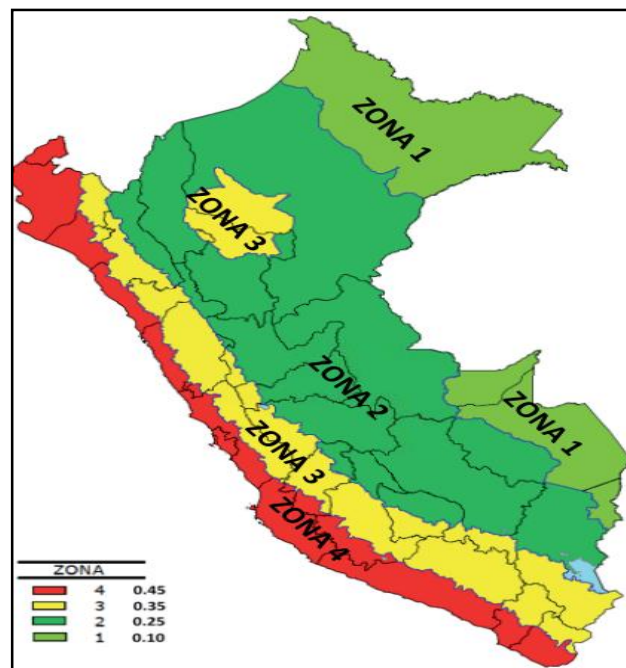
Así mismo se tiene la rotura por vuelco, con un ángulo diferente de inclinación. Y la rotura por pandeo y curva, que se da en forma plana, donde se presentan fuerzas de flexión.

### 1.3.2.4.3. Geodinámica

#### Geodinámica interna (sismicidad)

La sismicidad peruana está ligada al fenómeno de subducción. En la región sur están ligados a fallas locales, especialmente en cusco.

Para esta zona de estudio se puede observar una aceleración sísmica de 0.25g que corresponde a un periodo de exposición de 50 años y una probabilidad de excedencia de 10%, estos datos están basados en datos históricos, datos geotécnicos y geofísicos.



**Figura 6.** Mapa de zonificación sísmica. (Norma E.030, 2016)

**Tabla 13.** Aceleración, velocidad y desplazamiento para diferentes periodos de retorno

Periodo de retorno (años)	Aceleración			Velocidad			Desplazamiento		
	30	50	100	30	50	100	30	50	100
Parámetros	0.137	0.165	0.210	5.8	7.00	9.50	2.05	2.40	3.30

Fuente: Proyecto Indeci PNUD, 2011

**Tabla 14.** *Valores para análisis sísmico*

<b>Zona</b>	2	Mapa de zonificación sísmica
<b>Coefficiente sísmico</b>	0.12	Mapa de zonificación del coeficiente sísmico
<b>Factor de zona (Z)</b>	0.25	Tabla 9
<b>Parámetro del suelo</b>	S <sub>2</sub>	Suelos gravosos de moderada capacidad de carga Suelo arcillosos

Fuente: Elaboración propia, 2018

#### **1.4. Formulación del problema**

##### **1.4.1. Problema general**

- ¿Qué efecto tiene el flujo de filtraciones en la estabilidad física del deslizamiento-cerro Tumbay Orcco-Lucre-Cusco-2018?

##### **1.4.2. Problemas específicos**

- ¿De qué manera la intensidad de La precipitación pluvial afecta la estabilidad física del deslizamiento-Cerro-Tumbay Orcco-Lucre-Cusco?
- ¿Qué efecto tiene la escorrentía en la estabilidad física del deslizamiento-cerro-Tumbay Orcco-Lucre-Cusco?
- ¿Qué efecto tiene la tasa de infiltración en la estabilidad física del deslizamiento-Cerro-Tumbay Orcco-Lucre-Cusco?

#### **1.5. Justificación de la investigación**

##### **1.5.1. Justificación social**

En la tesis presentada aportare sobre el estudio del análisis de flujo de filtraciones para la estabilidad física de talud del cerro Tumbay Orcco, del distrito de Lucre - Cusco. Se obtendrá

información sobre el comportamiento del flujo de filtraciones en la estabilidad física de talud, así como si este afectara al mismo, la relevancia más importante de esta investigación, es la de que se podrá prevenir futuros deslizamientos, los cuales aquejarían a la población, especialmente de la zona de Santa Rosa del distrito de Lucre. La población se verá beneficiada, al proponer una medida de estabilidad de talud, que suponga un factor de seguridad óptimo según norma.

### **1.5.2. Justificación práctica**

Adicionalmente también es de relevancia primaria, el presentar este tipo de investigación, ya que manifiesta un avance para la comunidad científica, y servirá de información complementaria a futuras investigaciones, especialmente en la región cusco, al no existir información similar.

### **1.5.3. Justificación metodológica**

Para plasmar de mejor manera la investigación, se hace el recojo de información y visita en campo para describir de mejor manera la realidad de la zona, tomando así un enfoque cuantitativo obteniendo resultados reales, de tipo no experimental y de corte transversal

## **1.6. Hipótesis**

### **1.6.1. Hipótesis general**

- El flujo de filtraciones influye negativamente en la estabilidad física del deslizamiento del cerro Tumbay Orcco - Lucre - Cusco.

### **1.6.2. Hipótesis específicas**

- Con el incremento de la intensidad de la precipitación pluvial disminuye la estabilidad física del deslizamiento
- El incremento de la escorrentía disminuye la estabilidad física del deslizamiento.
- A mayor tasa de infiltración se minimiza la estabilidad física del deslizamiento.

## **1.7. Objetivos**

### **1.7.1. Objetivo general**

- Analizar el efecto del flujo de filtraciones en la estabilidad física del deslizamiento cerro Tumbay Orcco - Lucre - Cusco.

### **1.7.2. Objetivos específicos**

- Determinar la intensidad de la precipitación pluvial en la estabilidad física del deslizamiento.
- Evaluar el efecto de la escorrentía para verificar la estabilidad física del deslizamiento.
- Evaluar el efecto de la tasa de la infiltración en la estabilidad física del deslizamiento.

## **II. MÉTODO**

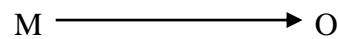


## 2.1. Diseño, método, tipo y nivel de investigación

### 2.1.1. Diseño de investigación

Según Hernández *et al* (2014), “El diseño no experimental no manipula las variables, lo toma según lo encuentra en un contexto, observando y registrando su manifestación”. (p. 152)

Y es transversal al realizarse una recolección de datos en un tiempo único.



Donde:

M: Lugar donde se realizan los estudios del proyecto y la cantidad de población beneficiada.

O: Datos obtenidos de la mencionada zona.

### 2.1.2. Método de investigación

Bunge (2000), Afirma “toda investigación sigue una pauta, para que así conjuntamente solucione un fenómeno de la realidad, cada problema es único, por lo cual requiere un enfoque distinto”.

El método científico es el usado para esta tesis, ya que determina un procedimiento para tratar el problema de flujo de filtraciones, que serán observables y medidos.

### 2.1.3. Tipo de investigación

Según Borja (2016),” existen diferentes tipos de investigación y es necesario clasificar y encontrar sus características para enmarcar a nuestra investigación”. (p. 10)

#### **De acuerdo a la orientación:**

**Aplicada:** aplican teorías dadas en la realidad plasmando en un fenómeno específico.

### 2.1.4. Nivel de estudio

La tesis planteada emplea el nivel de estudio explicativo, para así responder la relación del flujo de filtraciones en la estabilidad física del deslizamiento

El estudio explicativo no solo relaciona o describe variables, responde la tipología y características de distintos fenómenos que son eventos tipo sociales y físicos, respondiendo así y describiendo como se manifiesta en un contexto. (Hernández *et al*, 2010, pp. 83-84)

## **2.2. Variables y Operacionalización**

### **2.2.1. Variables**

**Variable independiente:** Flujo de filtraciones

**Variable dependiente:** Estabilidad física de deslizamiento

## 2.2.2. Operacionalización

**Tabla 15.** Operacionalización de la variable independiente

MATRIZ DE OPERACIONALIZACION DE VARIABLE					
VARIABLE INDEPENDIENTE	DEFINICIÓN	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	INSTRUMENTOS
FLUJO DE FILTRACIONES	(Gonzales L, 2002) en un estrato (conjunto de partículas) encontramos huecos o poros los cuales están conectados e por estas conexiones y huecos que el agua fluye, mediante la infiltración, la cual ha de ver un camino ante los obstáculos de las partículas del suelo.	Para medir esta variable, se desarrolló una ficha de validación, la cual describe las certificaciones , de los diferentes indicadores que se desarrollan en la tesis, para medir esta variable	Precipitación pluvial	precipitacion de diseño	Pluviografo (senamhi)
				intensidad	
			escorrentía	analisis de consistencia	manual MTC
				Coficiente	manual MTC
				Area	topografia
			Infiltración	caudal	metodo racional
				Pendiente	clasificacion SUCS
				Tipo de suelo	
			Conductividad hidraulica	autocad	
VARIABLE DEPENDIENTE	DEFINICIÓN	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	INSTRUMENTOS
ESTABILIDAD FÍSICA DE DESLIZAMIENTO	(Matteis Álvaro, 2003) taludes (ladera) se identifica a superficies que adoptan una inclinación (angular) respecto a la horizontal, las cuales adoptaran permanentemente la forma (geometría) y los volúmenes de tierra, a la formación natural de un talud (sin que intervenga el hombre), se le llama ladera natural o sencillamente ladera. Si el origen del talud es creado por la intervención humana ante una sollicitación (pistas, mina, terraplén, etc.) se denomina taludes artificiales o simplemente talud.	Para medir esta variable, se desarrolló una ficha de validación, la cual describe las certificaciones , de los diferentes indicadores que se desarrollan en la tesis, para medir esta variable	Parámetro geométrico	Altura	Topografía (estación total)
				inclinación	Sección transversal (civil 3d)
			Parámetro geomecanico	Angulo de fricción	Laboratorio de suelos
				Peso especifico	
			Cohesion	Clasificación SUCS	
			Parámetro geológico	caracteristicas del movimiento en masa del deslizamiento	descripcion en campo
				Estatigrafia	boletin ingemmet
			geodinamica	norma e 030	

Fuente: Elaboración propia, 2018

## **2.3. Población, muestra y muestreo**

### **2.3.1. Población**

Hernández *et al.*, (2014), menciona que “la población es un conjunto de elementos que presentan similitud y están en un mismo contexto”. (p. 63)

En el trabajo de tesis desarrollado la población está conformada por todos los movimientos en masa afectados por la geodinámica externa del distrito de Lucre.

### **2.3.2. Muestra**

Según Maraví Lindo (2009), menciona que “es la representación más específica de la población con las mismas características”. (p. 191)

En la tesis presente la muestra viene hacer el deslizamiento del cerro Tumbay Orcco específicamente el evento 1 y 2 del distrito de Lucré - Cusco.

### **2.3.3. Muestreo**

Muestreo no probabilístico o dirigido, por la elección que el investigador elija. En esta tesis se elige el evento 1 y 2 del deslizamiento del cerro Tumbay Orcco, ya que se verifico en campo la necesidad de investigar y analizar estos deslizamientos, como una necesidad de urgencia a recomendación de los pobladores.

## **2.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad**

### **2.4.1. Técnica**

Según Maraví Lindo (2009), “hay diversas formas de recolectar datos e información, lo importante de estas técnicas es que se complementen, entre estas se encuentra la observación, entrevista, encuesta y pruebas con estándares”. (p. 28)

En la tesis presentada la técnica primordial será la de observación y la de recolección de datos en campo, así como la de búsqueda de documentación referida el tema de investigación.

## 2.4.2. Instrumentos

Según Mendoza Castillo (2014), “Para la utilización de los instrumentos de recolección de datos, se presenta un mecanismo para recolectar y registrar la información”. se presenta la Tabla 17, el cual está en función a las etapas de investigación.

**Tabla 16.** *Técnicas e instrumentos de recolección de datos*

<b>Etapas de la investigación</b>	<b>Técnicas</b>	<b>Instrumentos</b>	<b>Validación</b>
Geotecnia	Análisis en Campo (recolección de muestras)	- Ensayo granulométrico.  - Límites de Atterberg.  - Ensayo de corte directo.	- Norma ASTM D - 422  - Norma ASTM D - 4318  - Norma ASTM D - 3080
Topografía	Análisis en Campo (recolección de datos)	- Estación total  - Prismas	- Certificado de calibración del equipo
Estudios hidrológicos	Análisis de datos estadísticos	- Registro de precipitaciones máxima en 24 horas	- Senamhi (Servicio Nacional de Meteorología e hidrología del Perú)
Modelamiento hidrogeológico	Análisis tecnológico (programas computacionales)	- Hojas de cálculo Excel  - AutoCAD 2017  - Slide v 6.0  - Civil 3d 2015	- Ficha de validación juicio de expertos

Fuente: Elaboración propia, 2018

### 2.4.3. Validez

El juicio de expertos es un método de validación útil para verificar la fiabilidad de una investigación que se define como “una opinión informada de personas con trayectoria en el tema, que son reconocidas por otros como expertos cualificados en éste, y que pueden dar información, evidencia, juicios y valoraciones” (Escobar y Cuervo, 2008, p.29)

La validez se da por dos etapas, en la etapa de ensayos y uso de equipos, se valida mediante la certificación de equipos. El otro método usado es el juicio de expertos

- Validez de Contenido
- Validez de criterio

**Tabla 17.** Rangos y magnitudes de confiabilidad

Rangos	Magnitud
0,81 a 1,00	Muy Alta
0,61 a 0,80	Alta
0,41 a 0,60	Modorada
0,21 a 0,40	Baja
0,01 a 0,20	Muy Baja

Fuente: Ruiz, 2002

**Tabla 18.** Índice de Validez por juicio de expertos

Validez	Experto 1	Experto 2	Experto 3	promedio
Variable independiente	0.95	1.00	0.95	0.97
Variable dependiente	1.00	1.00	0.90	0.97
Índice de validez				0.97

Fuente: Elaboración propia, 2018

### 2.4.4. Confiabilidad

Según Stracuzzi, et al (2012). “La confiabilidad es la ausencia del error, para determinar la estabilidad de la medición sustancial que sea revisado por expertos del campo” (p.164)

El presente trabajo valida todos los datos e instrumentos, desde la verificación in-situ de la zona mediante el juicio de expertos, las normas peruanas, citando correctamente las fuentes

bibliográficas y las certificaciones de pruebas y equipos calibrados. Para así brindar una confiabilidad y validez a instrumentos de recolección de datos.

La confiabilidad indica un rango de confiabilidad muy alto, lo cual refleja una correcta validación por juicio de expertos.

## **2.5. Métodos de análisis de datos**

se realiza el siguiente proceso de análisis.

- **Recopilación de la información:** es la etapa en donde se busca material bibliográfico, como documentación, mapas, planos, cartografías, información pluviográfica, mapas geológicos y la hidrología de la zona.
- **Trabajos de campo:** es la evaluación in-situ, observando y describiendo las propiedades, características, clima, hidrología, así mismo el trabajo de calicatas
- **Etapa de gabinete:** Consiste en procesar, analizar y validar los parámetros de estudio, aquí se basa en toda la información recabada, para así generar datos preliminares, seguidamente datos de ajuste y por último el uso de softwares que ayuden a desarrollar una mejor tesis.

## **2.6. Aspectos éticos**

Se consigna la autoría de las fuentes y autores usados, así mismo se trabaja de forma real con datos y ensayos obtenidos de la zona, validando con el recojo de datos y así mismo el turnitin

### **III. RESULTADOS**



### 3.1. Descripción de la zona de estudio

El cerro Tumbay Orcco se encuentra en el distrito de Lucre, a 35 Km al sureste de la Ciudad de Cusco, en la provincia de Quispicanchi, en las coordenadas 13°38' de latitud sur y 71°44' longitud oeste, el área de estudio comprende aproximadamente 5 hectáreas, dando énfasis al evento 1 y 2 del mismo cerro, donde últimamente presenta deslizamientos y cárcavas.



**Figura 7.** Ubicación del cerro Tumbay Orcco, en el distrito de Lucre. (Fuente: Google Earth, 2018)

**Tabla 19.** Ubicación geográfica de la zona de estudio

<b>Departamento</b>	Cusco
<b>Provincia</b>	Quispicanchi
<b>Distrito</b>	Lucre
<b>Zona</b>	Cerro Tumbay Orcco

Fuente: Elaboración propia, 2018

#### **Zonas aledañas al deslizamiento**

Las zonas aledañas o propensas de riesgo ante una reactivación del deslizamiento del cerro Tumbay Orcco, evento 1 y 2, serían las siguientes:

**Tabla 20. Población y viviendas a nivel distrital**

Ubigeo	Centro poblado	Categoría	Población	Vivienda	Latitud	longitud
0812080001	Lucre	Urbano	4405	1969	-13.64	-71.74
0812080012	Muyna	urbano	-	-	-13.63	-71.73
-	Santa rosa	rural	-	-	-13.65	-71.75

Fuente: Censo INEI, 2017

### **3.2. Resultados preliminares**

#### **3.2.1. Aspectos físicos y geológicos**

##### **a) Fisiografía y relieve**

El relieve de la zona está dotado de ladera con pendientes pronunciadas, llanuras lacustres, existencia de cárcavas, quebradas, terrazas al pie de laderas, cerca existe el río Lucre que recae en una depresión lacustre.

##### **b) Clima**

La zona de estudio tiene un clima seco y frío, donde la temporada de lluvias con mayores intensidades es de diciembre a marzo.

##### **c) Geología del Área de Estudio**

La zona de estudio, conforme la investigación que se realiza está marcada por la formación Sonco I, que según la descripción que indica el INGEMMET, Boletín del Cusco, (2011),” contiene 200-300m, está constituido por lutitas rojas de llanura de inundación, intercaladas con niveles de areniscas finas”.

Así mismo el INGEMMET (2011), indica:

El acuífero Sonco presenta las condiciones de afloramiento más grande, en cuanto a producción de aguas subterráneas. Con predominio de areniscas que cuentan con buena porosidad primaria y secundaria debido a fracturas que contiene en la esquistosidad. Entonces contiene areniscas con lutitas y conglomerados muy fracturados que tienen muy buena permeabilidad. En estos

acuitardos se encuentra agua de buena calidad, aptas para consumo humano. Estas se denominan fisuradas porque tiene varias fracturas que dan una alta porosidad efectiva secundaria, lo que facilita la infiltración de aguas de lluvia por gravedad. (p. 157)

Ingemmet (como se citó de Bernex, 2005) “El acuífero sonco, el cual está ubicado en la zona de deslizamiento tiene de 1000 a 2000 m de espesor de areniscas y conglomerados fluviales, su permeabilidad es de 14.5 m/día”. (2011, p. 157)

#### **d) Geodinámica interna**

Para este aspecto se tiene en cuenta los parámetros descritos en la parte teórica del capítulo 1 con los datos de análisis de la Tabla 14.

#### **3.2.2. Topografía**

El levantamiento topográfico es de preponderancia para esta investigación, ya que dota de información importante para representar digitalmente el deslizamiento, tanto el evento 1 y 2, y tener un mejor alcance de análisis. Así mismo este levantamiento ayuda con generar el modelo conceptual hidrogeológico y verificar la estabilidad del deslizamiento. Este trabajo se referencio en el sistema WGS-84 ZONA 19S de la Red Geodésica SIRGAS-IGN.

Para el levantamiento se inició con la información siguiente:

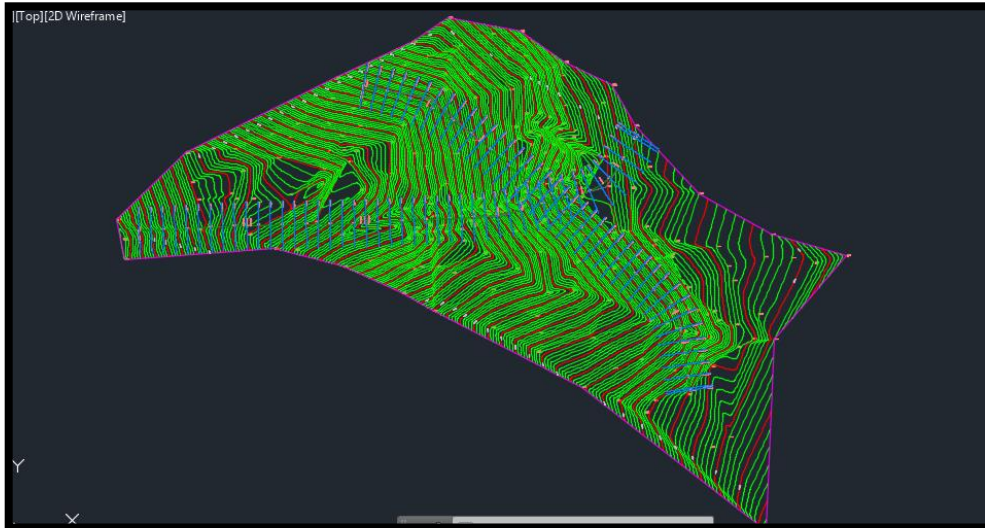
**Tabla 21.** *Puntos y coordenadas de control UTM*

<b>punto</b>	<b>Latitud(S) WGS-84</b>	<b>LONGITUD(W) WGS-84</b>	<b>ESTE(X) WGS-84</b>	<b>NORTE(Y) WGS-84</b>	<b>ALTURA</b>
<b>1</b>	13°31'27.27186"S	71°58'27.81238"O	178,013.584	8,502,933.350	3,412.437

Fuente: IGN, 2017

El levantamiento topográfico se realizó con la estación total de marca TOPCON GTSN, de aproximación 1”, se transfirió la información recogida en campo a una hoja Excel, para posteriormente importar los puntos levantados y generar las curvas, levantamiento de planta y perfiles en el software AutoCAD Civil 3D.

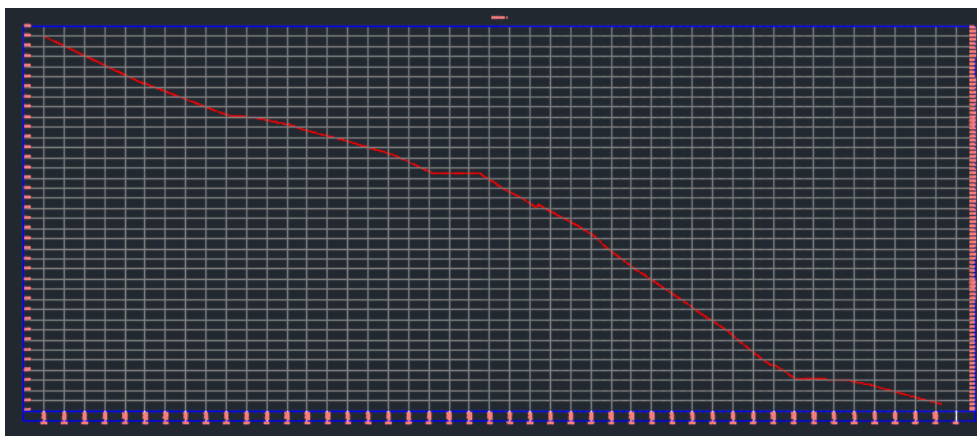
El área de estudio consta de 0.15 km<sup>2</sup>, la figura 8 muestra estas características mediante el programa AutoCAD civil 3D.



**Figura 8.** Levantamiento topográfico de la zona de estudio. (Fuente: Imagen propia, 2018)

También se grafica la vista en perfil de los dos eventos que se analizan, lo que posteriormente se analizará en el programa Slide v 6.0, así mismo servirá para obtener el modelo conceptual hidrogeológico.

As mismo se desarrolla dos vistas de sección transversal del evento 1 y 2 respectivamente, los cuales identifican según el estudio de mecánica de suelos (calicatas), las capas o estratigrafía de la zona de estudio, desde la capa de cobertura vegetal hasta la capa más profunda que se alcanzó por las calicatas que fue de 3.5 m, la cual describe el tipo de estratos y sus características.



**Figura 9.** Sección transversal del evento 2 de la zona de estudios.

(Fuente: Imagen propia, 2018)

### Pendiente:

La pendiente se obtiene de la siguiente manera:

**Tabla 22.** Pendientes de evento 1 y 2

Pendiente 1			
cota máxima	cota mínima	H	%
3330	3150	180	40.91%
Distancia horizontal			
440			
Pendiente 2			
cota máxima	cota mínima	H	%
3240	3140	100	26%
Distancia horizontal			
390			

Fuente: Elaboración propia, 2018

### 3.2.3. Geotecnia

Para tener una mejor investigación y análisis es preponderante conocer las propiedades de los estratos sobre los cuales se acentúa el deslizamiento, para ello primero se realiza la ubicación geológica según el cuadrante descrito por el INGEMMET, el cual arroja las formaciones litológicas sobre la cual se acentúa la zona de estudio.

#### 3.2.3.1. Calicatas

Se realiza las calicatas, para verificar las propiedades, nivel freático, densidad in-situ, estas características se obtienen del laboratorio de mecánica de suelos de la Universidad Cesar Vallejo sede Lima - Norte.



**Figura 10.** Calicatas realizadas en campo. (Fuente: Imagen propia, 2018)

Se realizaron tres calicatas ubicadas estratégicamente en el evento 1 y 2 del deslizamiento Cerro Tumbay Orcco. El resultado de las calicatas arrojó que las calicatas C – 1 y C – 3 poseen similares características.

**Tabla 23.** *Características de las calicatas*

Calicata C-1	
0.00 m- 0.30 m	Suelo orgánico, con presencia de gravas, plantas de bajo tamaño (región quechua), densidad media, color gris claro, presenta alteración humana (producto de pastoreo de animales).
0.30 m- 3.50 m	Arcilla de plasticidad media, consistencia dura, poco húmeda, color rojizo, inorgánica. Presencia de 90% de arena
Calicata C-2	
0.00 m- 0.30 m	Suelo orgánico, con presencia de gravas, plantas de bajo tamaño (región quechua), densidad media, color gris claro, presenta alteración humana ( producto de pastoreo de animales)
0.30 m- 3.50 m	Grava limosa, semicompactada, sub angulosa aislada, poco húmeda, color verdusco claro. Tamaño máximo nominal de 1”, presenta 55% de grava, 40% de arena y 5% de partículas finas. Contiene 1.79% de humedad, en estado no plástico.
Calicata C-3	
0.00 m- 0.30 m	Suelo orgánico, con presencia de gravas, plantas de bajo tamaño (región quechua), densidad media, color gris claro, presenta alteración humana ( producto de pastoreo de animales)
0.30 m- 3.50 m	Arcilla de plasticidad media, consistencia dura, poco húmeda, color rojizo, inorgánica. Presencia de 90% de arena

Fuente: Elaboración propia, 2018

### 3.2.3.2. Estratigrafía

Para plantear los estratos de los eventos 1 y 2 a 50 m de profundidad, se recurrió a dos etapas, las cuales son las siguientes:

1. Etapa de verificación en campo: consistió en observar algunos cortes y deslizamientos para así dar un alcance de la formación y de cuanto abarca cada estrato para ello se realizó el levantamiento topográfico y estudio de suelos adicionalmente tal como se observa en

la figura 47 existe un corte que describe y representa los estratos, en esta descripción se tuvo los siguientes datos:

**Tabla 24.** *Estratos observados en campo*

	Tipo de suelo	Profundidad aproximada (m)
Evento 1	Arcilla	5-7
	grava	7-15
	Rocas	15-100m

Fuente: Elaboración propia, 2018

2. Revisión documentaria: existe un informe de la Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco en la cual se realiza un ensayo de sondeo eléctrico vertical, muy cercano a la zona, en la misma formación geológica, Kayra. Esta indica lo siguiente:

1° capa nos indica la resistencia es 92.01 ohmios a un espesor de 5m y 5m de profundidad, lo que nos indica de acuerdo a la tabla de resistividad de suelos, que el material puede ser limo o arena arcillosa. 2do Capa. - Nos indica que a una profundidad de 9.148 m la resistividad del subsuelo es 10.9 ohmios /m, según el cuadro nos indica que es terreno pantanos, quiere decir que hay agua en el subsuelo o manantiales. 4ta capa. - aquí es donde las ondas de resistividad han podido llegar como una aproximación de 26.55 m con resistividad de 58.05 ohmios que concuerda con el cuarto capa con los mismos materiales. (Alanoca et al,2017, p .24)

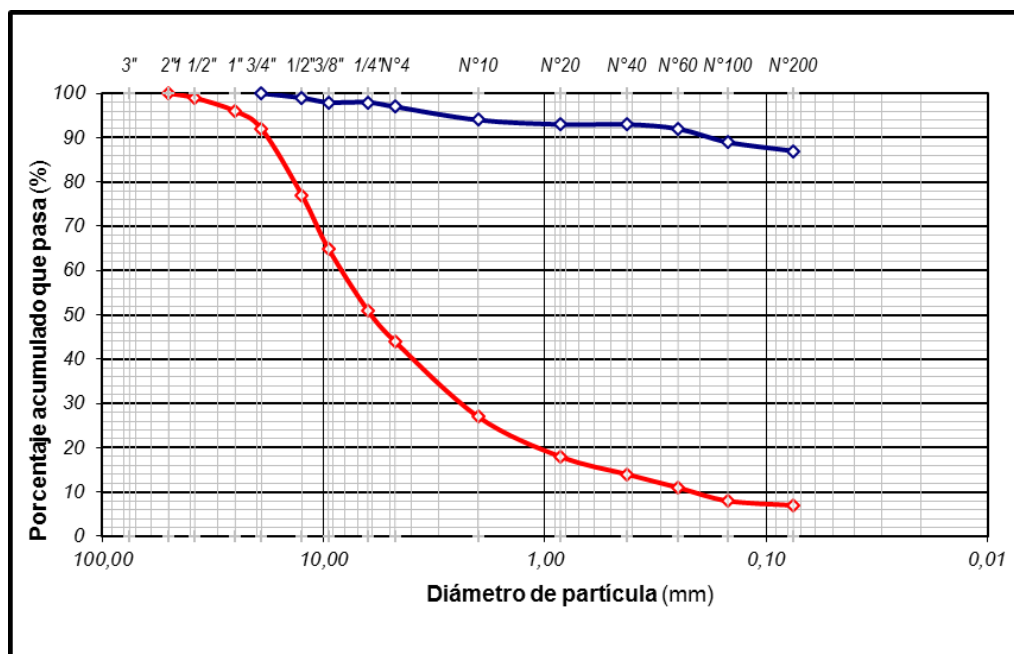
3. Revisión bibliográfica: el ente que estudia estas formaciones es el INGEMMET, en el boletín de la geología de la región cusco, muestra la estratificación por cada formación, en este caso luego de la identificación de la formación en la zona, se busca los estratos y su profundidad, así tenemos que la formación que recae es la formación Soncco y Kayra, la primera según el boletín tiene una profundidad entre 200-300 m (p.38), así mismo la formación Huambutio, la cual es cercana a la zona y presenta similares condiciones nos describe :

El Miembro Medio (20 a 30 m) está representado por lutitas rojas y niveles delgados de calizas de medio lacustre o tal vez marino con deformación sin sedimentaria (Foto 15), en tanto que el Miembro Superior (50 a 100 m) está compuesto por limolitas y areniscas fluviales rojas. (INGEMMET,2011, p.24).

De todo este proceso de recolección de información se infiere la formación tal como se presenta las secciones transversales tanto para el evento 1 y 2, en la figura 53, 54 y 55.

### 3.2.3.3. Granulometría

El ensayo que se realiza es el de análisis granulométrico por tamizado para ver la distribución de las partículas de las muestras obtenidas en las calicatas de la ladera. Cabe destacar que al tener dos muestras similares solo se hicieron dos curvas que describen las características del material. La figura 11 muestra estas diferencias entre cada material recogido en campo.



**Figura 11.** Curva granulométrica. (Fuente: Laboratorio de suelos, 2018)

### 3.2.3.4. Contenido de humedad

Para obtener el contenido de humedad, que es importante para verificar el porcentaje de humedad que contiene cada muestra, se puso la muestra a una temperatura de  $105 \pm 5^\circ\text{C}$ , durante 18 h, para obtener las muestras secas al día siguiente.

En la tabla 3.6 se observa que la muestra 1, de la calicata 1 muestra mayor humedad con 8.82%, lo que demuestra que por ser una arcilla limosa con arena (GM), mientras que las demás muestras presentan humedad mínima como el caso de la muestra 2 que tiene 1.79%



**Tabla 25.** *Contenido de humedad*

PESO VOLUMÉTRICO DEL SUELO			
Nº	TUMBAYORCCO	C - 1	C - 2
	PROFUNDIDAD	3.50	3.00
1	Peso recipiente + suelo húmedo	891.00	839.00
2	Peso recipiente + suelo seco	855.00	832.00
3	Peso recipiente	447.00	441.00
4	Peso agua (1-2)	36.00	7.00
5	Peso suelo seco (2-3)	408.00	391.00
6	<b>Humedad (4/5) * 100 (%)</b>	<b>8.82</b>	<b>1.79</b>

Fuente: Laboratorio de suelos, 2018

### 3.2.3.5. Corte directo

Este ensayo nos muestra la resistencia que posee el suelo ante esfuerzos inducidos por fatiga y deformaciones, el cual simula los esfuerzos ante las sollicitaciones de cargas ejercidas en el terreno, para obtener de este ensayo el Angulo de fricción interna y cohesión aparente del suelo, que posteriormente servirá para la verificación del factor de seguridad.



**Figura 12.** Ensayo de corte directo. (Fuente: Imagen propia, 2018)

Esto se realiza en la máquina de corte directo, en el cual se introduce un molde de forma cuadrada de 6.30 cm por 2.20 cm, en ella va una piedra porosa y un papel tanto superior

como inferior, en la parte media se ubica la muestra. Posteriormente se humedece el material y se aplica los esfuerzos de la maquina tanto vertical como horizontal, originando así el corte de la muestra. Para lo cual se obtienen los siguientes resultados de laboratorio en función a tipo de material ensayado.

**Resultados de corte directo calicata C – 1:**

Angulo de Fricción Interna del Suelo: 17.57 (°)

Cohesión Aparente del Suelo: 0.150 (kg/cm<sup>2</sup>)

Densidad Seca: 1.59 (g/cm<sup>3</sup>)

Humedad Natural: 8.85 (%)

**Resultados de corte directo calicata C – 2:**

Angulo de Fricción Interna del Suelo: 31.19 (°)

Cohesión Aparente del Suelo: 0.03 (kg/cm<sup>2</sup>)

Densidad Seca: 2.11 (g/cm<sup>3</sup>)

Humedad Natural: 1.79 (%)=

**3.3. Determinación de la intensidad de la precipitación pluvial en la estabilidad física del deslizamiento.**

**3.3.1. Hidrología**

**3.3.1.1. Información pluviométrica**

La información pluviométrica se adquirió del servicio nacional de meteorología e hidrología (SENAMHI). El dato recopilado es la precipitación máxima en 24 horas durante los últimos 47 años de observación, las estaciones utilizadas son las más cercanas como la estación Kayra, Caí Cay, Ccatca, y Pisac. Todas estas estaciones solo registran datos pluviométricos, no generan intensidad ni flujograma de precipitación, así como el diagrama de intensidad-duración-frecuencia, lo cual representa realizar mayores cálculos para generar los datos de precipitación máxima, intensidad y la curva IDF.

El primer cálculo es completar datos que faltan, con el método de proporción normal, en las tablas proporcionadas por Senamhi, para ello lo realizamos en tablas de Excel.

**Tabla 26.** *Ubicación de las estaciones meteorológicas*

estación	tipo	provincia	distrito	latitud	longitud	periodo	altura msnm
Kayra	Convencional- meteorológica	Cusco	San Jerónimo	13°33'25"	71°52'31"	1970- 2017	3219
Caicay		Paucartambo	Caicay	13°36'1"	71°42'1"		3150
Ccatca		Quispicanchi	Ccatca	13°36'3"	71°33'37"		3729
Pisac		Calca	Pisac	13°24'5"	71°50'59"		2950

Fuente: Elaboración propia, 2018

### 3.3.1.2. Resultados de análisis de consistencia

Este método se realizó en esquemas de Excel, siguiendo la metodología de análisis de consistencia, la cual nos permite arrojar valores entre cero a uno, el valor que más se acerca a uno es el que nos indica la mejor consistencia y ajuste lineal de sus datos.

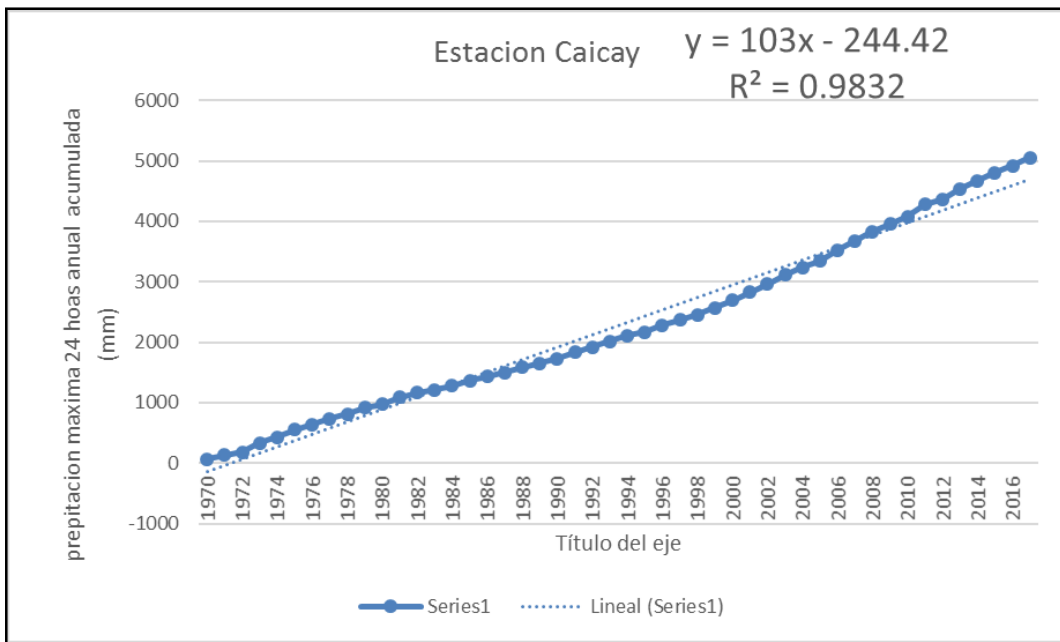
El análisis es aplicar a cada estación una columna de precipitación máxima en 24 horas acumulada, esta se gráfica y genera la consistencia. Por consiguiente, en este análisis la estación meteorológica elegida es Kayra.

En este análisis los datos arrojados por cada estación fueron los siguientes:

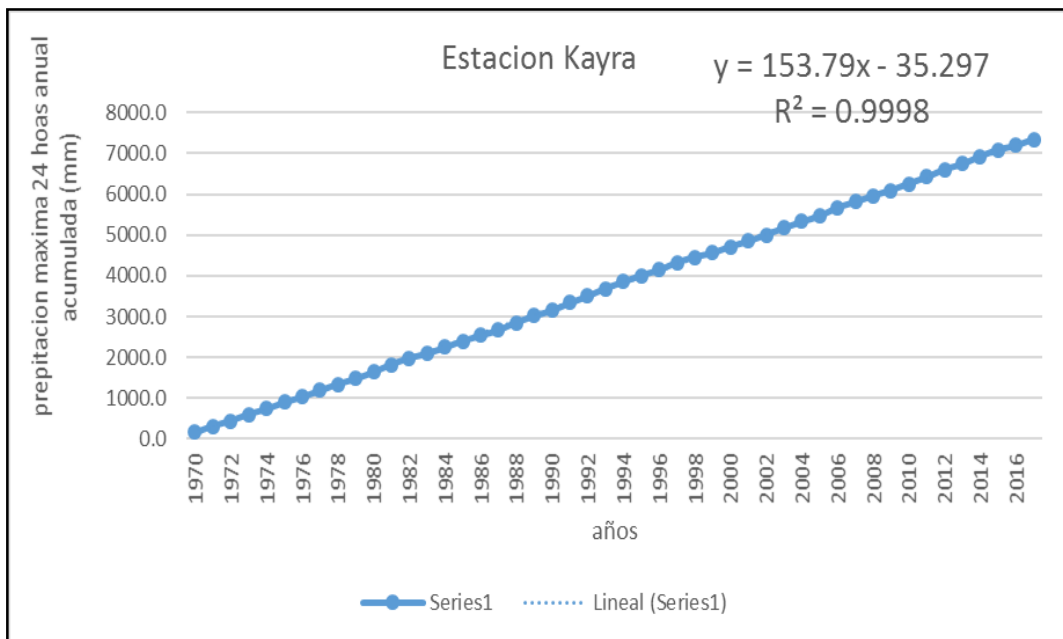
**Tabla 27.** *Resultados de análisis de consistencia mediante el ajuste lineal*

Estación	Ajuste lineal ( $R^2$ )
Kayra	0.9998
Ccatca	0.9994
Pisac	0.9966
Caicay	0.9832

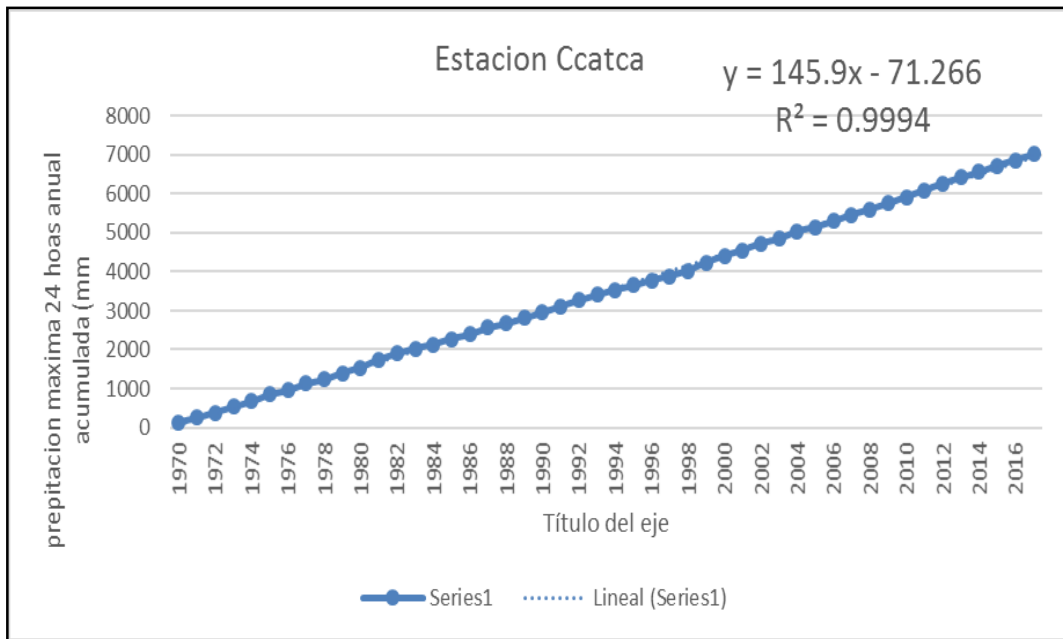
Fuente: Elaboración propia, 2018



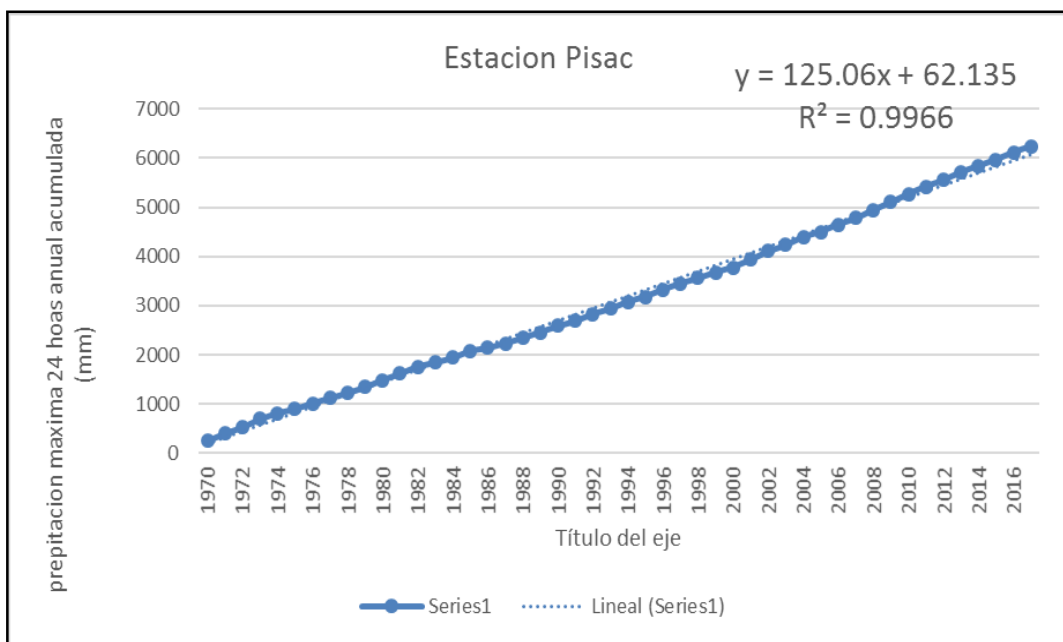
**Figura 13.** Análisis de consistencia de la estación Caicay. (Fuente: Imagen propia, 2018)



**Figura 14.** Análisis de consistencia de la estación Kayra. (Fuente: Imagen propia, 2018)



**Figura 15.** Análisis de consistencia de la estación Ccatca. (Fuente: Imagen propia, 2018)

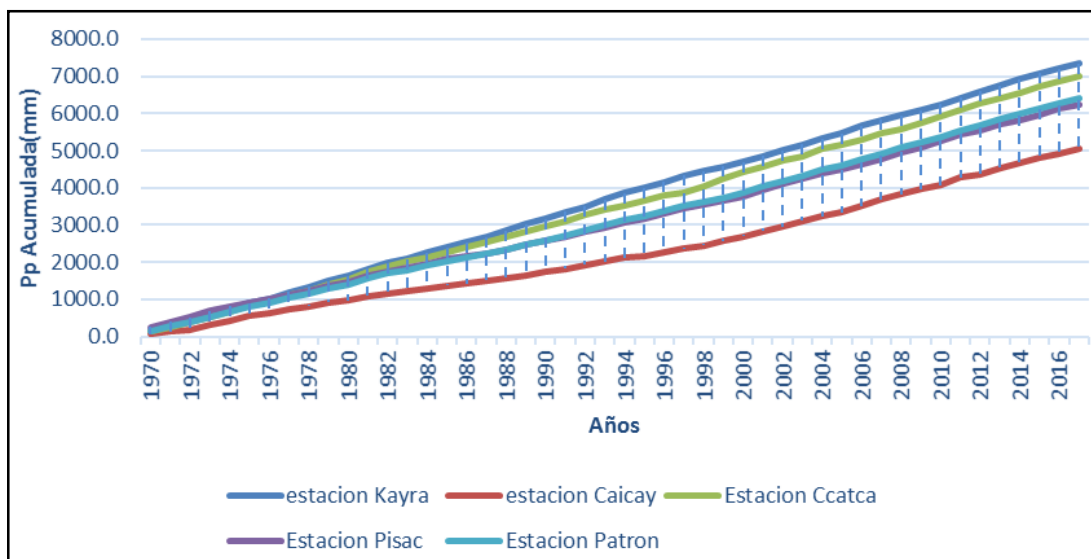


**Figura 16.** Análisis de consistencia de la estación Pisac. (Fuente: Imagen propia, 2018)

### 3.3.1.3. Resultados de análisis curva doble masa

Este método también ayuda escoger la estación adecuada, la cual conlleva a la siguiente descripción:

- ✓ Para la estación Caicay se observa que: es la que menos se ajusta al patrón de la curva doble masa, es la que más cerca se encuentra a la zona de estudio, se ve reflejada que los datos que maneja son mínimos (precipitación máxima 24 horas)
- ✓ Para la estación Pisac, se observa que: más se ajusta a la curva doble masa, indicando que los datos que esta posee son adecuados para realizar posteriores cálculos.
- ✓ Para la estación Ccatca se observa que: sus datos están por encima de la curva patrón de doble masa, evidenciando así que sus datos no se ajustan a la curva.
- ✓ Para la estación Kayra se evidencia que: si bien sus datos reflejan una elevación respecto a la curva patrón, esta se vuelve la más alta y crítica a la vez ya que contiene los datos con mayores precipitaciones máximas en 24 horas, por lo cual se hace uso para los cálculos posteriores.
- ✓ Por criterio técnico-lógico, se elige la estación Kayra y Pisac. La primera por presentar precipitaciones más críticas, lo cual es preponderante para el análisis que se plantea en este trabajo. Y la segunda por ajustarse de mejor forma a la curva doble masa.



**Figura 17.** Curva doble masa. (Fuente: Imagen propia, 2018)

#### 3.3.1.4. Elección de estación meteorológica

Una vez que se realiza el análisis de consistencia y el diagrama de doble masa, se elige la estación más representativa. En este caso se elige:

La estación Kayra, ya que al ser la estación que tiene datos más consistentes, confiables, ser la estación con mayores usos científicos, al ser la principal estación meteorológica de la región Cusco y además de presentar las precipitaciones máximas, la cual es preponderante para el análisis de infiltración y su efecto en el deslizamiento del Cerro Tumbay Orcco del distrito de Lucre, por lo cual por ser la más crítica se elige esta estación.

### 3.3.1.5. Resultados de análisis por teoría distribucional

Esta estación ahora se somete a un análisis por la teoría distribucional, la cual nos permite hallar precipitaciones, intensidades, para diferentes periodos de retorno. Los siguientes métodos utilizados son recomendados en el Manual de Hidrología, Hidráulica y drenaje del Ministerio de Transportes y Comunicaciones del Perú. Para ello primero se hace la elección del tiempo de retorno.

Según la Tabla 4, se elige el factor admisible de riesgo de 22%, esto por el criterio técnico - sostenible de no afectar a la población y buscar la inmediata remediación de riesgos. Luego se procede a calcular la vida útil del mecanismo a estabilizar, en este caso se propone 25 años. El tipo de protección que se induce es el de hidrosiembra, lo cual arroja una vida útil ya seleccionada como se verifica en la Tabla 5, se escoge los datos, tanto la vida útil como el riesgo admisible.

Finalmente se ubica el periodo de retorno según la Tabla 5. En esta se nos indica que, para un riesgo admisible de falla, en nuestro escogimos 22 %, indica que, para una vida útil de 25 años, el periodo de retorno será de 124,30 años, lo cual lo ajustamos a 100 años para tener mejor manejo de datos y ser más considerados.

**Tabla 28.** Elección del tiempo de retorno

Elección de datos		
Riesgo admisible	Vida útil	Tiempo de retorno
22%	25 años	100 años

Fuente: Elaboración propia, 2018

### 3.3.1.6. Resultados de bondad de ajuste

La estación en analizar es la estación Kayra. Primero se ubica la precipitación máxima de la estación Kayra por cada año.

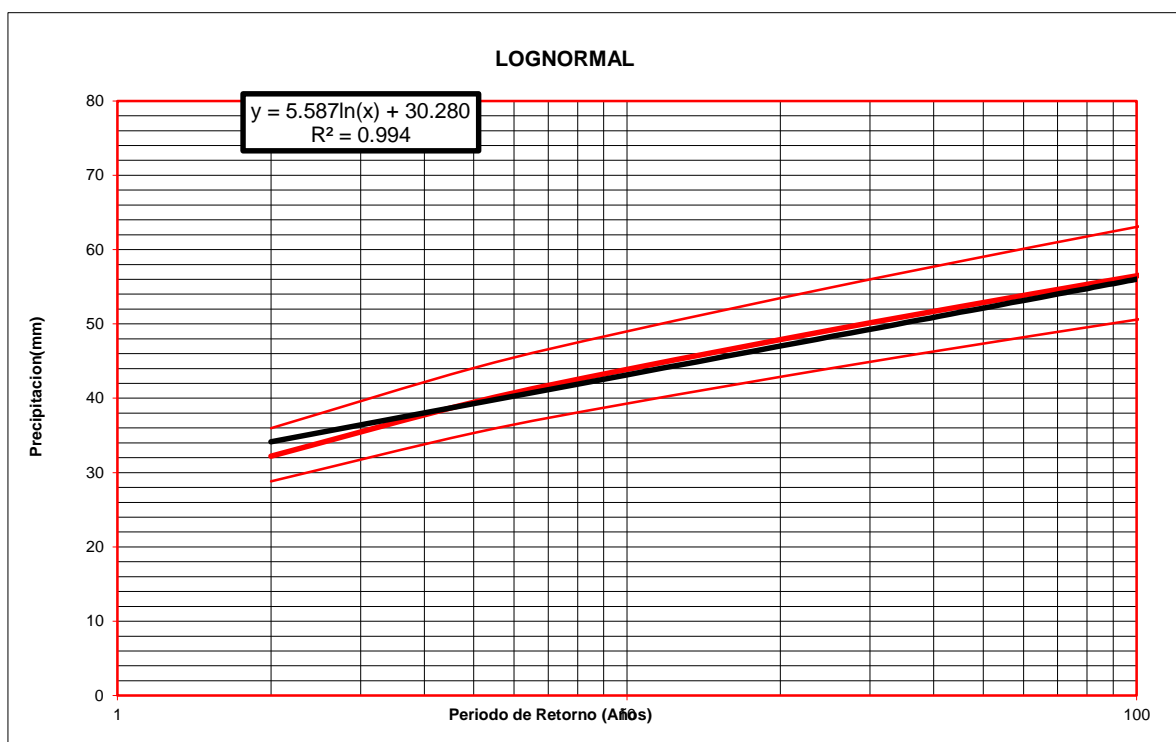
**Tabla 29.** *Precipitación máxima de 24 horas anual*

N°	Año	Precipitación Máxima de 24 horas por año
1	1,970	44.80
2	1,971	36.10
3	1,972	36.60
4	1,973	28.40
5	1,974	22.80
6	1,975	25.00
7	1,976	20.00
8	1,977	33.90
9	1,978	27.20
10	1,979	39.00
11	1,980	38.20
12	1,981	40.20
13	1,982	29.60
14	1,983	21.40
15	1,984	36.50
16	1,985	31.20
17	1,986	27.50
18	1,987	42.10
19	1,988	35.20
20	1,989	41.90
21	1,990	26.50
22	1,991	37.60
23	1,992	22.60
24	1,993	48.50
25	1,994	39.60
26	1,995	34.60
27	1,996	31.30
28	1,997	47.00
29	1,998	35.90
30	1,999	19.30
31	2,000	25.50
32	2,001	31.00
33	2,002	26.70
34	2,003	39.10
35	2,004	30.80
36	2,005	27.80
37	2,006	51.60
38	2,007	32.90
39	2,008	27.90
40	2,009	27.80
41	2,010	41.20
42	2,011	29.80
43	2,012	47.00
44	2,013	27.20
45	2,014	35.60
46	2,015	38.30
47	2,016	24.20
48	2,017	24.90

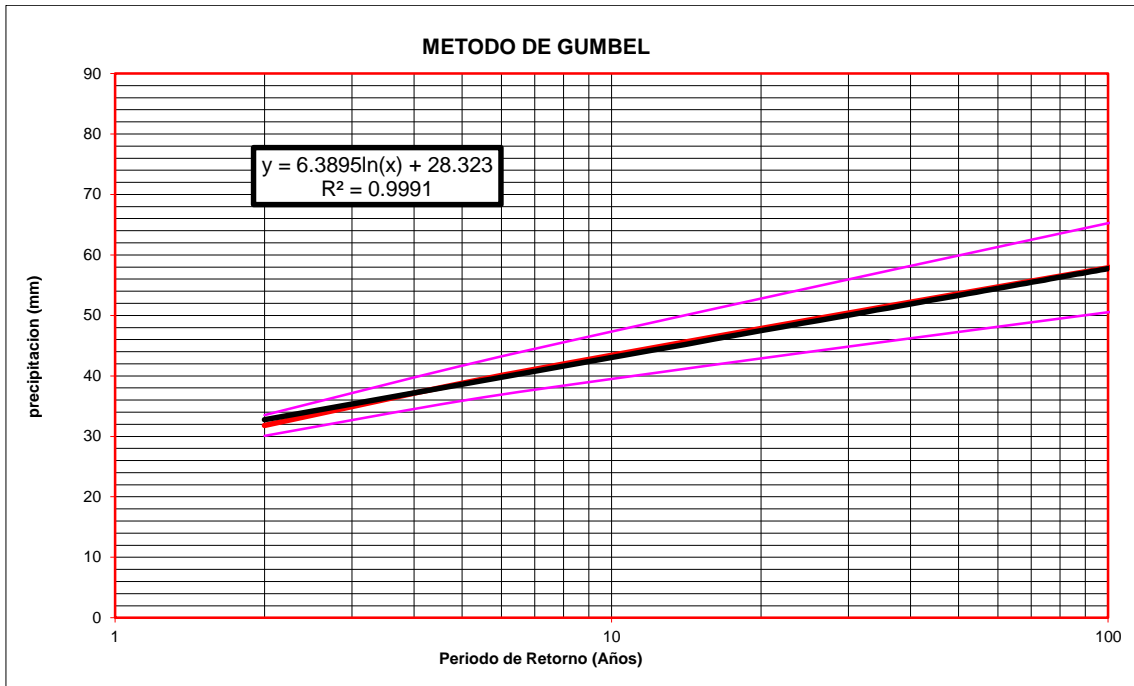


Una vez localizada las precipitaciones máximas de 24 horas por cada año (Tabla 29), se crea una tabla de Excel que genera la bondad de ajuste según los métodos descritos por el Manual de Hidrología, Hidráulica y Drenaje, para ello se obtiene las distribuciones de análisis como el caso de Log normal, Gumbel y Log Pearson III.

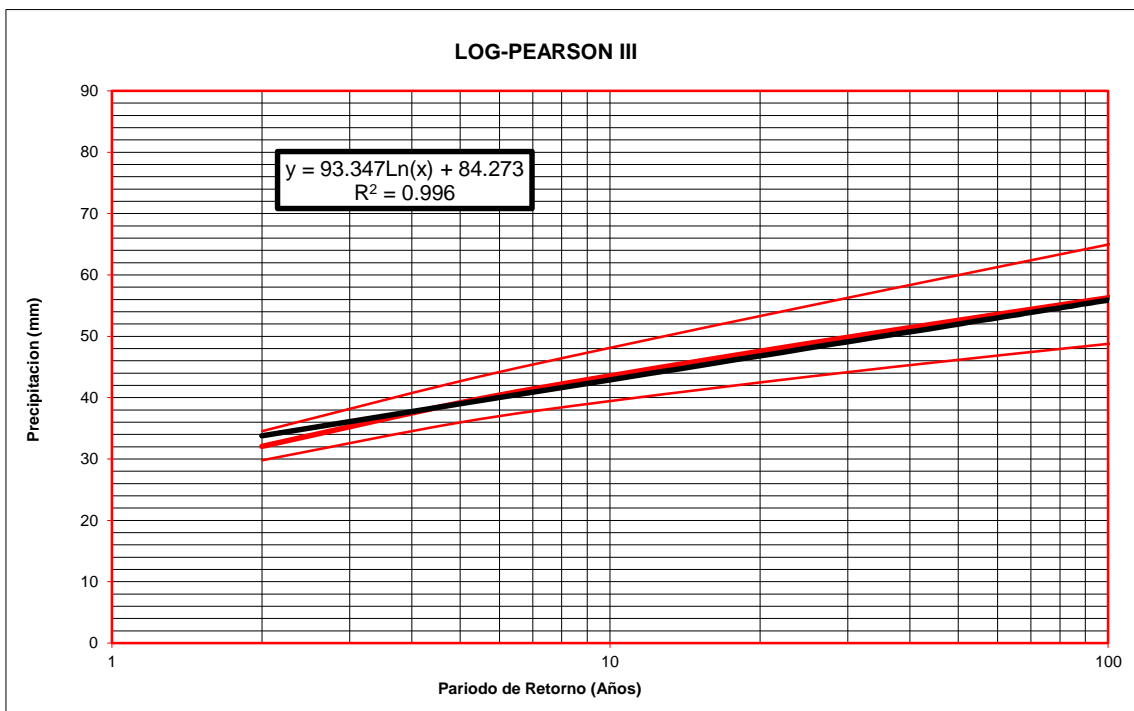
Esta tabla también nos genera la precipitación máxima de diseño, con un periodo de retorno para diferentes tiempos, así como el ya asumido en la Tabla 28.



**Figura 18.** Distribución Log Normal para la estación meteorológica Kayra. (Fuente: Elaboración propia, 2018)



**Figura 19.** Distribución Gumbel para la estación meteorológica Kayra. (Fuente: Elaboración propia, 2018)



**Figura 20.** Distribución Log Pearson III para la estación meteorológica Kayra. (Fuente: Elaboración propia, 2018)

**Tabla 30. Elección de método de ajuste y precipitación máxima**

<b>RESULTADOS DE PRECIPITACIÓN DE DISEÑO</b>		
<b>MÉTODO</b>	<b>R<sup>2</sup></b>	<b>P(mm)</b>
<b>LOG NORMAL</b>	<b>0.994</b>	<b>56.46</b>
<b>GUMBEL</b>	<b>0.999</b>	<b>57.90</b>
<b>LOG PEARSON</b>	<b>0.996</b>	<b>55.24</b>
<b>Para mayor seguridad se está tomando la precipitación de diseño utilizado por el método Gumbel</b>		
		<b>57.90</b>

(\*). - R = Coeficiente de Correlación

Fuente: Elaboración propia, 2018

El análisis y gráficos demuestran lo siguiente:

Los resultados arrojados en la tabla demuestran que el método que más se ajusta a la estación Kayra es el de Gumbel, con un coeficiente de relación de 0.999 lo cual es más cercano a 1, así mismo se obtiene la precipitación máxima de 57.90 mm la que ayuda a calcular la intensidad máxima y el diagrama IDF (intensidad-duración-frecuencia).

Esto también se ve reflejado para los demás tiempos de retorno, que se agrupan al método Gumbel para obtener las precipitaciones máximas esperadas.

### **3.3.1.7. Precipitaciones máximas para diferentes periodos de retorno**

Para el cálculo de las precipitaciones máximas respecto a los periodos de retorno hallados se utiliza una hoja Excel que sirve para realizar un avance más rápido del análisis.

La Tabla 31 muestra la precipitación máxima para diferentes tiempos de retorno, estos se aplicaron con la distribución Gumbel, la que arroja valores de distribución más cercana a 1, por lo que son valores más acertados.

**Tabla 31.** Precipitación máxima para diferentes periodos de retorno

$T_R$ (Años)	Precipitación Máxima Esperada
2	31.82
5	38.80
10	43.43
25	49.27
50	53.60
75	56.12
100	57.90
150	60.41
200	62.19
300	64.69
400	66.46
500	67.84
1000	72.11

Fuente: Elaboración propia, 2018

### 3.3.1.8. Precipitaciones de diseño

Una vez obtenida la precipitación máxima, para cada tiempo de retorno, se procede a calcular la precipitación de diseño, la cual está definida por la ecuación (1.1).

$$P_d = P_{24h} \left( \frac{d}{1440} \right)^{0.25}$$

Donde:

$P_d$ : precipitación total (mm)

$d$ : duración (min)

$P_{24h}$ : precipitación máxima en 24 horas (mm)

Así mismo se obtiene la intensidad máxima mediante la ecuación (1.2).

$$I_{max} = P/T$$

Donde:

$I_{max}$ : intensidad máxima, en mm/hora

$P$ : precipitación en altura de agua, en mm

$T$ : tiempo en horas

**Tabla 32.** *Precipitación de diseño con duración en minutos*

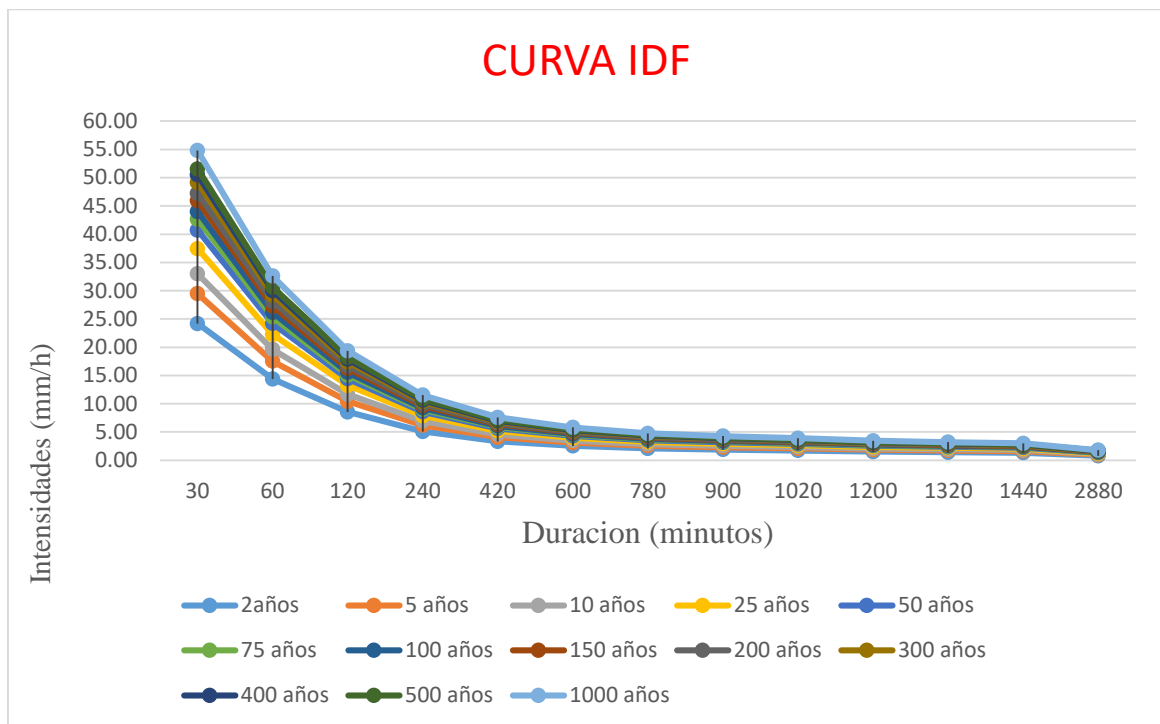
Precipitación de Diseño													
TIEMPO DE RETORNO (años)	Duración en minutos												
	30	60	120	240	420	600	780	900	1020	1200	1320	1440	2880
2	12.09	14.38	17.10	20.33	23.39	25.57	27.30	28.30	29.19	30.41	31.14	31.82	37.84
5	14.74	17.53	20.85	24.79	28.52	31.18	33.29	34.50	35.60	37.08	37.97	38.80	46.15
10	16.50	19.62	23.33	27.75	31.91	34.89	37.26	38.61	39.84	41.49	42.49	43.43	51.64
25	18.72	22.26	26.47	31.48	36.21	39.58	42.27	43.81	45.20	47.07	48.21	49.27	58.59
50	20.36	24.22	28.80	34.25	39.39	43.06	45.98	47.66	49.17	51.21	52.45	53.60	63.74
75	21.32	25.35	30.15	35.86	41.24	45.09	48.14	49.90	51.48	53.62	54.91	56.12	66.74
100	22.00	26.16	31.11	37.00	42.55	46.52	49.67	51.48	53.12	55.32	56.66	57.90	68.86
150	22.95	27.29	32.46	38.60	44.39	48.53	51.82	53.71	55.42	57.72	59.11	60.41	71.84
200	23.63	28.10	33.41	39.73	45.70	49.96	53.35	55.29	57.05	59.42	60.85	62.19	73.95
300	24.58	29.23	34.76	41.33	47.54	51.97	55.50	57.52	59.35	61.81	63.30	64.69	76.93
400	25.25	30.03	35.71	42.47	48.84	53.40	57.02	59.10	60.97	63.50	65.03	66.46	79.04
500	25.77	30.65	36.45	43.35	49.85	54.50	58.20	60.32	62.24	64.82	66.38	67.84	80.68
1000	27.40	32.58	38.74	46.08	52.99	57.94	61.86	64.12	66.16	68.90	70.56	72.11	85.76

Fuente: Elaboración propia, 2018

**Tabla 33.** *Intensidad con duración en horas*

Intensidad de precipitación (mm/hr)													
TIEMPO DE RETORNO (años)	Duración en horas												
	0.5	1	2	4	7	10	13	15	17	20	22	24	48
	Duración en minutos												
	30	60	120	240	420	600	780	900	1020	1200	1320	1440	2880
2	24.18	14.38	8.55	5.08	3.34	2.56	2.10	1.89	1.72	1.52	1.42	1.33	0.79
5	29.49	17.53	10.42	6.20	4.07	3.12	2.56	2.30	2.09	1.85	1.73	1.62	0.96
10	33.00	19.62	11.67	6.94	4.56	3.49	2.87	2.57	2.34	2.07	1.93	1.81	1.08
25	37.44	22.26	13.24	7.87	5.17	3.96	3.25	2.92	2.66	2.35	2.19	2.05	1.22
50	40.73	24.22	14.40	8.56	5.63	4.31	3.54	3.18	2.89	2.56	2.38	2.23	1.33
75	42.64	25.35	15.08	8.96	5.89	4.51	3.70	3.33	3.03	2.68	2.50	2.34	1.39
100	44.00	26.16	15.55	9.25	6.08	4.65	3.82	3.43	3.12	2.77	2.58	2.41	1.43
150	45.90	27.29	16.23	9.65	6.34	4.85	3.99	3.58	3.26	2.89	2.69	2.52	1.50
200	47.25	28.10	16.71	9.93	6.53	5.00	4.10	3.69	3.36	2.97	2.77	2.59	1.54
300	49.15	29.23	17.38	10.33	6.79	5.20	4.27	3.83	3.49	3.09	2.88	2.70	1.60
400	50.50	30.03	17.85	10.62	6.98	5.34	4.39	3.94	3.59	3.18	2.96	2.77	1.65
500	51.55	30.65	18.22	10.84	7.12	5.45	4.48	4.02	3.66	3.24	3.02	2.83	1.68
1000	54.79	32.58	19.37	11.52	7.57	5.79	4.76	4.27	3.89	3.44	3.21	3.00	1.79

Fuente: Elaboración propia, 2018



**Figura 21.** Curva intensidad-duración-frecuencia para zona de estudio. (Fuente: Elaboración propia, 2018)

### Interpretación de resultados sobre el objetivo específico 1

- ✓ La estación elegida fue la de Kayra, arrojando un valor de 0.9998, esta misma en el análisis de doble masa es la que contiene datos más críticos y precipitaciones extremas, Seguidamente se hace el análisis por teoría distribucional para Kayra, siendo el método de Gumbel el que se adecua mejor, en esta etapa se calcula la precipitación máxima para un periodo de retorno de 100 años, el cual arrojó un valor de 57.90 mm, así también para otros periodos de retorno. Para el cálculo de la curva IDF se utilizó lo recomendado por el Manual de Hidrología, Hidráulica y Drenaje del MTC, en la cual se usa la relación de intensidad - precipitación - duración, la cual se basa en el cálculo primero de la precipitación de diseño, el cual se deriva de la precipitación máxima de 24 horas, obteniendo así por ejemplo para un periodo de retorno de 100 años y una duración de 1 hora, una precipitación de diseño de 26.16 mm y una intensidad de 26.16mm/h, de la cual se genera la curva IDF. Para nuestro caso se enmarca en el solo uso de una estación y no usar factores de amplificación, al hacer uso de la estación más crítica con precipitaciones máximas respecto a las otras, donde no fue necesario generar hidrogramas, al ser un área pequeña el deslizamiento.

### 3.4. Evaluación de la escorrentía para verificar la estabilidad física del deslizamiento.

#### 3.4.1. Tiempo de concentración

Según la Tabla 2, se aplica la fórmula de Kirpich la que sigue a continuación:

$$tc = 0.01947 * L^{0.77} * S^{-0.385}$$

Donde:

L = longitud del canal desde aguas arriba hasta la salida (m)

S = pendiente promedio de la cuenca (m/m)

#### Evento 1

$$tc = 0.01947 * 440^{0.77} * 0.409^{-0.385}$$

$$tc = 2.98 \text{ min}$$

**Tabla 34.** Estimación de tiempo de concentración evento 1

<b>MÉTODO RACIONAL</b>	
<b>DATOS DE ENTRADA</b>	
Área de la cuenca (Ac)	15.00 ha
Coefficiente de escurrimiento (Ce)	0.500
Longitud del cauce principal (Lc)	440.00 m
Desnivel del cauce principal (Hc)	180.00 m
Pendiente del cauce principal (Hc/Lc)	0.41
<b>RESULTADOS</b>	
Tiempo de concentración (tc)	2.98 min
Intensidad de lluvia (i)	26.16 mm/hr
Gasto máximo probable (Qp)	0.55 m3/s

Fuente: Hoja Excel tomada de SAGARPA, 2018

#### Para Evento 2

$$tc = 0.01947 * 390^{0.77} * 0.26^{-0.385}$$

$$tc = 3.23 \text{ min}$$



**Tabla 35. Estimación de tiempo de concentración evento 2**

<b>MÉTODO RACIONAL</b>	
<b>DATOS DE ENTRADA</b>	
Área de la cuenca (Ac)	15.00 ha
Coefficiente de escurrimiento (Ce)	0.500
Longitud del cauce principal (Lc)	390.00 m
Desnivel del cauce principal (Hc)	100.00 m
Pendiente del cauce principal (Hc/Lc)	0.26
<b>RESULTADOS</b>	
Tiempo de concentración (t <sub>c</sub> )	3.24 min
Intensidad de lluvia (i)	26.16 mm/hr
Gasto máximo probable (Qp)	0.55 m <sup>3</sup> /s

Fuente: Hoja Excel tomada de SAGARPA, 2018

### 3.4.2. Escorrentía

Se procede a calcular el caudal máximo por el método racional, ya que este se ajusta de mejor manera al área y zona de estudio, para ello determinamos los siguientes parámetros:

**El coeficiente de escorrentía**, haciendo uso de criterio de expertos y registro de datos en campo se elige el coeficiente de la Tabla 3, la que nos da el siguiente valor.

**Tabla 36. Elección del coeficiente de escorrentía**

Cobertura vegetal de zona de estudio	Tipo de suelo	Pendiente de terreno	evento	Coefficiente elegido
Vegetación ligera	semipermeable	Alta > 20%	1: 40.91%	0.50
			2: 22.73%	
Verificación en campo	Resultado de laboratorio de suelos	Se obtuvo de levantamiento topográfico, ver Tabla 23		

Fuente: Elaboración propia, 2018

**El área de la cuenca**, mediante el levantamiento topográfico y el uso del programa AutoCAD, por lo que el área es 0.15 km<sup>2</sup>

**La intensidad máxima**, para el periodo de retorno elegido (100 años), se tiene un valor para una hora de 26.16 mm/hr. (Ver tablas 34 y 35)

Aplicando la ecuación (1.6), se obtiene el siguiente resultado:

$$Q = 0.278CIA$$

$$Q = 0.278 * 0.50 * 26.16 * 0.15$$

$$Q = 0.54 \text{ m}^3/\text{s}$$

### 3.4.3. Velocidad de escorrentía

Para calcular la velocidad de escorrentía se utiliza la fórmula de Manning, el cual consta de parámetros hidráulicos y tiene la siguiente forma:

$$V = \frac{1}{n} * R_h^{\frac{2}{3}} * S^{\frac{1}{2}}$$

Donde:

$$R_h = \text{radio hidraulico} = Am/Pm$$

$$\text{precipitacion efectiva o escorrentia} = 26.16 * (0.50) = 13.08\text{mm/h}$$

Para este cálculo se asume un ancho conceptual de 1m, y una altura que representa la escorrentía de 13.08mm

$$Am = 1 * 0.01308$$

$$Am = 0.01308$$

$$Pm = 1 + (2 * 0.01308)$$

$$Pm = 1.02616 \text{ m}$$

$$R_h = \frac{0.01308}{1.02616}$$

$$R_h = 0.01275 \text{ m}$$

De la tabla 37 obtenemos el coeficiente de Manning, el cual según la observación en campo nos da un valor de 0.030.

**Tabla 37. Coeficiente de rugosidad de Manning**

MATERIAL DE LA CAJA DEL CANAL	"n" Manning	Velocidad (m/s)		
		Agua limpia	Agua con partículas coloidales	Agua transportando arena, grava o fragmentos
Arena fina coloidal	0.020	1.45	0.75	0.45
Franco arenoso no coloidal	0.020	0.53	0.75	0.60
Franco limoso no coloidal	0.020	0.60	0.90	0.60
Limos aluviales no coloidales	0.020	0.60	1.05	0.60
Franco consistente normal	0.020	0.75	1.05	0.68
Ceniza volcánica	0.020	0.75	1.05	0.60
Arcilla consistente muy coloidal	0.025	1.13	1.50	0.90
Limo aluvial coloidal	0.025	1.13	1.50	0.90
Pizarra y capas duras	0.025	1.80	1.80	1.50
Grava fina	0.020	0.75	1.50	1.13
Suelo franco clasificado no coloidal	0.030	1.13	1.50	0.90
Suelo franco clasificado coloidal	0.030	1.20	1.65	1.50
Grava gruesa no coloidal	0.025	1.20	1.80	1.95
Gravas y guijarros	0.035	1.80	1.80	1.50

Fuente: Krochin Sviatoslav. "Diseño Hidráulico", Ed. MIR, Moscú, 1978

Entonces aplicando los datos hallados tenemos:

$$V = \frac{1}{0.035} * 0.01275^{\frac{2}{3}} * 0.4091^{\frac{1}{2}}$$

$$V = 1.16m/s \approx V = 3.81 \text{ pies/s}$$

Finalmente obtenemos una velocidad de 1.16 m/s, esto al cambiar de unidades nos da 3.57 pies/s, lo cual al comparar con la tabla 38 y según la clasificación geológica de la zona, nos indica que la velocidad es mayor a la permisible (3.50 pies/s), por lo que se infiere que existe un lavado de partículas finas y consecuentemente erosión hídrica, la que genera la aparición de cárcavas y posteriormente sumado a la infiltración produce el deslizamiento.

**Tabla 38.** Velocidad máxima permisible de escorrentía

Material	$n$	Agua limpia		Agua que transporta limos coloidales	
		$V$ , pies/s	$\tau_0$ , lb/pie <sup>2</sup>	$V$ , pies/s	$\tau_0$ , lb/pie <sup>2</sup>
Arena fina coloidal . . . . .	0.020	1.50	0.027	2.50	0.075
Marga arenosa no coloidal . . . . .	0.020	1.75	0.037	2.50	0.075
Marga limosa no coloidal . . . . .	0.020	2.00	0.048	3.00	0.11
Limos aluviales no colidales . . . . .	0.020	2.00	0.048	3.50	0.15
Marga firme ordinaria . . . . .	0.020	2.50	0.075	3.50	0.15
Ceniza volcánica . . . . .	0.020	2.50	0.075	3.50	0.15
Arcilla rígida muy coloidal . . . . .	0.025	3.75	0.26	5.00	0.46
Limos aluviales colidales . . . . .	0.025	3.75	0.26	5.00	0.46
Esquistos y subsuelos de arcilla dura . . . . .	0.025	6.00	0.67	6.00	0.67
Grava fina . . . . .	0.020	2.50	0.075	5.00	0.32
Marga gradada a cantos rodados, no coloidales	0.030	3.75	0.38	5.00	0.66
Limos gradados a cantos rodados coloidales . .	0.030	4.00	0.43	5.50	0.80
Grava gruesa no coloidal . . . . .	0.025	4.00	0.30	6.00	0.67
Cantos rodados y ripios de cantera . . . . .	0.035	5.00	0.91	5.50	1.10

Fuente: Ven Te Chow, 2004

**Interpretación de resultados sobre el objetivo específico 2**

Para el tiempo de concentración se usa la fórmula de Kirpich, para el evento 1 y 2, sale 2.98 y 3.23. minutos respectivamente. el caudal de escorrentía es de 0.54m<sup>3</sup>/s, para calcular el factor de escorrentía se recurre al reglamento del manual de hidrología, hidráulica y drenaje del ministerio de Transportes y comunicaciones, en el cual muestra las variaciones para cada zona, según la cobertura vegetal, tipo de suelo y pendiente, para este caso se encuentra como valor de coeficiente 0.50, este factor sirve para calcular la escorrentía o precipitación efectiva la cual es 13.08mm/h. luego se calcula la velocidad máxima permisible de erosión para ello se asume un caudal conceptual de 1 m de ancho y una altura de escorrentía de 13.08mm. Finalmente obtenemos una velocidad de 1.16 m/s, esto al cambiar de unidades nos da 3.57 pies/s, lo cual al comparar con la tabla 38 y según la clasificación geológica de la zona, nos indica que la velocidad es mayor a la permisible (3.50 pies/s), por lo que se infiere que existe un lavado de partículas finas y consecuentemente erosión hídrica, la que genera la aparición de cárcavas . Al identificar que los suelos del Cerro Tumbay Orcco son propensos a erosión

Hídrica, esto reflejado por la velocidad de escorrentía y la pendiente (mayor a 40%), y al tener una intensidad de 26.16 mm/h para 1 hora en un periodo de retorno de 100 años, se presentan los deslizamientos con factor de seguridad de 0.786, lo cual comprende el deslizamiento.

### 3.5. Evaluación de la tasa de infiltración en la estabilidad física del deslizamiento.

#### 3.5.1. Infiltración

Teniendo en cuenta que la tasa de precipitación efectiva o escurrimiento nos indica un valor de 0.50 (ver Tabla 36), se deduce que el factor de infiltración se daría de la siguiente manera:

$$precipitacion\ efectiva = 26.16 * (0.50) = 13.08mm/h$$

$$infiltracion = 26.16 * (1 - 0.50) = 13.08mm/h=0.031329m/dia$$

Así mismo se halla el tiempo de anegamiento mediante la ecuación (1.14):

$$Ta = \left(\frac{1}{1.4}\right) * Ln\left[\frac{(670 - 10)}{(26.16 - 10)}\right]$$

$$ta = 3.35\ hrs$$

El volumen de escurrimiento es mediante la ecuación (1.15)

$$Ve = 26.16 * (1 - 3.32) - [20 * (1 - 3.32) - \frac{(670 - 20)}{1.40} * [\exp(-1.40 * 1) - \exp(-1.40 * 3.32)]]$$

$$Ve = 95.75\ mm$$

Mediante la ecuación (1.13) de Horton se calcula la capacidad de infiltración:

$$CI = 10 + (670 - 10)e^{-1.4*3.35}$$

$$CI = 14.19\ mm/h$$

Todos los valores anteriormente hallados se eligen de la Tabla 7.

Calculando tiempo base de infiltración:

$$tb = 2.67 * Tc$$

$$tb = 2.67 * 3.23 = 8.62h$$

Duración de infiltración:

$$t = Tc + \left(\frac{tb}{3}\right)$$

$$t = 3.23 + \left(\frac{8.62}{3}\right) = 6.105 \text{ horas}$$

De lo cual se genera la Tabla 39, para los diferentes tiempos de retorno.

**Tabla 39.** *Tiempo de infiltración*

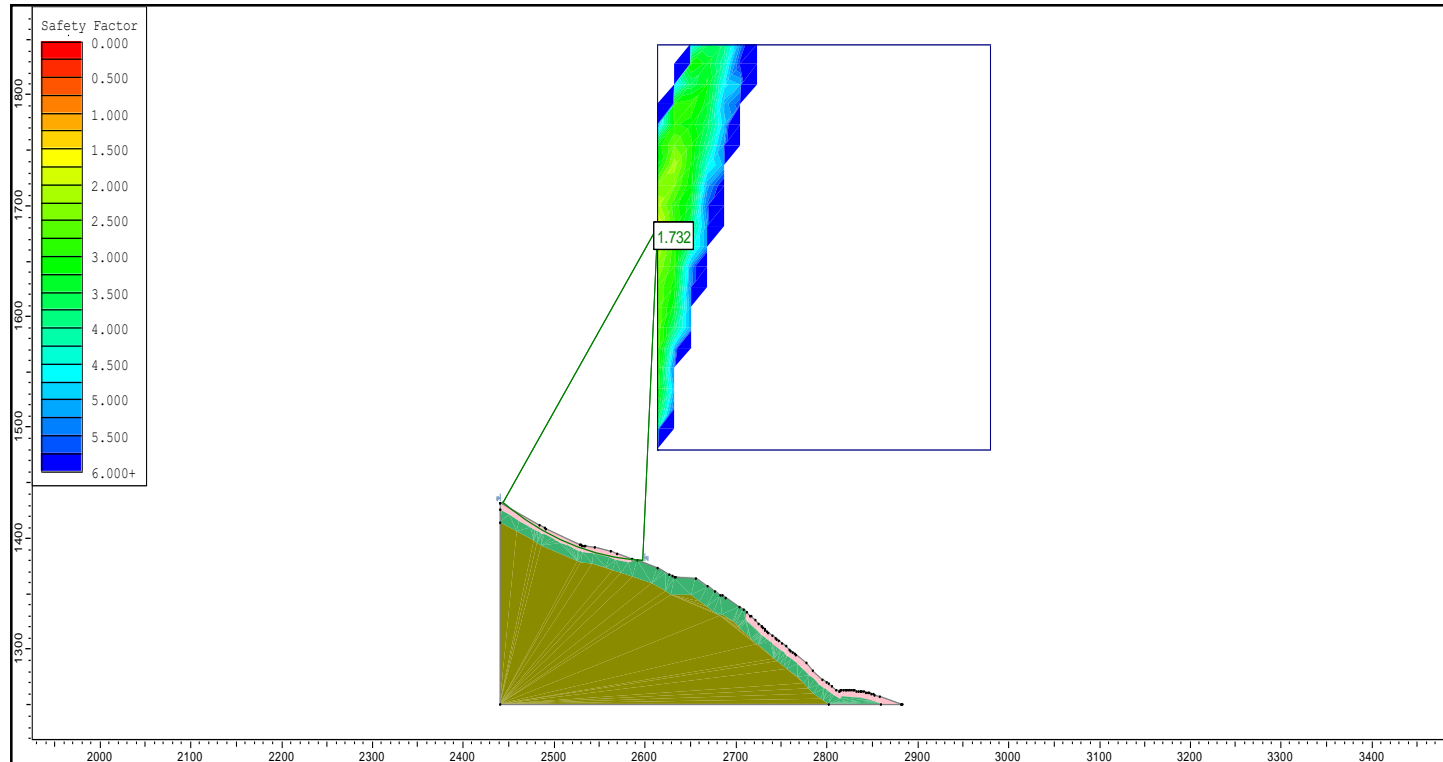
Tiempo de retorno	Precipitación de diseño	Infiltración	Tiempo de infiltración (H)
2	14.38	7.19	2.694
5	17.53	8.765	3.285
10	19.62	9.81	3.676
25	22.26	11.13	4.171
50	24.22	12.11	4.538
75	25.35	12.675	4.750
100	26.16	13.08	4.902
150	27.29	13.645	5.113
200	28.1	14.05	5.265
300	29.23	14.615	5.477
400	30.03	15.015	5.627
500	30.65	15.325	5.743
1000	32.58	16.29	6.105

Fuente: Elaboración propia, 2018

### **Interpretación de resultados sobre el objetivo específico 3**

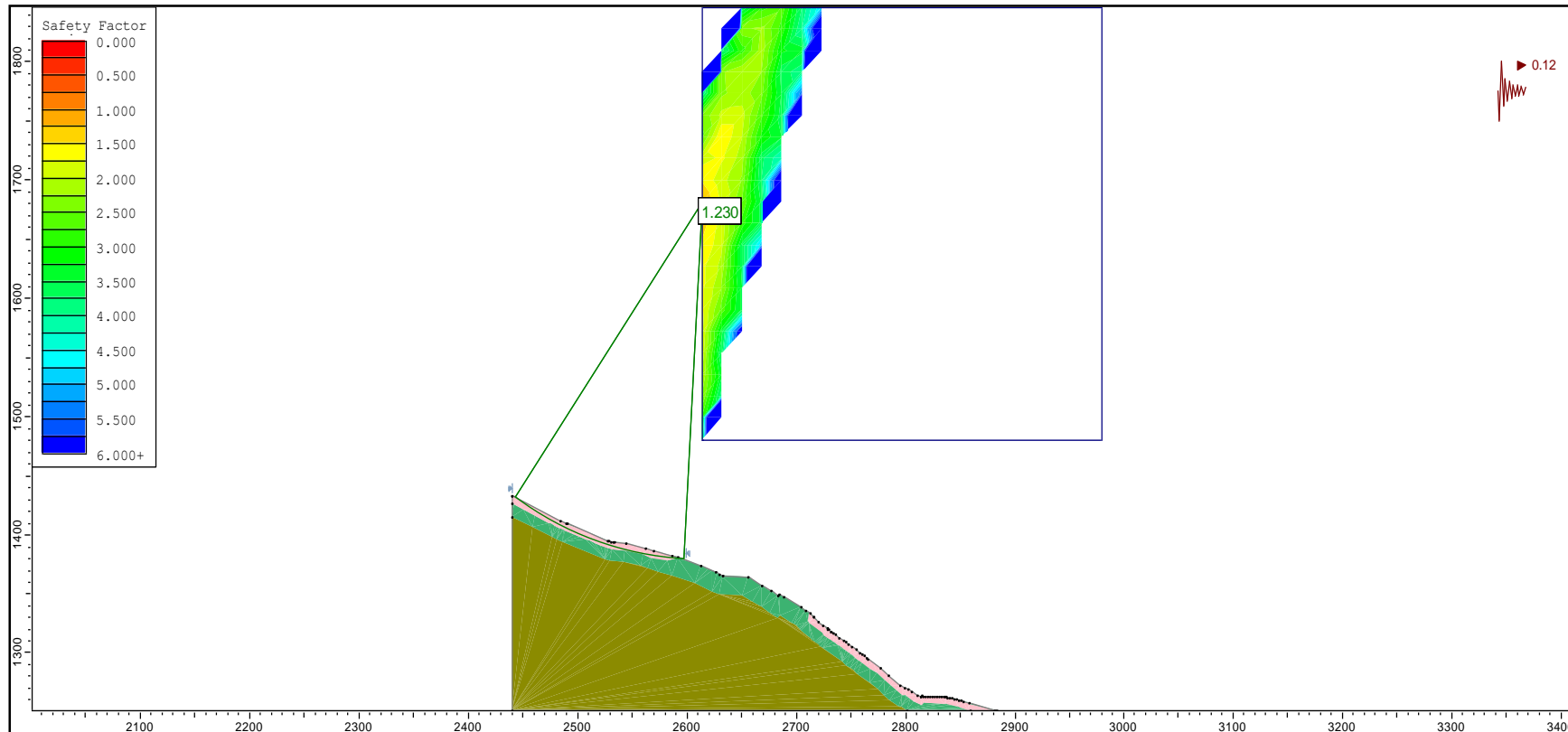
El valor de infiltración para un periodo de retorno de 100 años con una intensidad de 26.16mm/h, se obtuvo luego de verificar el factor de escorrentía, así se obtiene un valor de 13.08mm/h y mediante la ecuación de Horton una capacidad de infiltración de 14.19mm, esto plasmado en el software Slide v6.0, como lo expuesto en el siguiente cuadro. Para el evento 1 se tiene un tiempo de infiltración de 6.105 horas, esto se evidencia para un periodo de retorno de 1000 años, así mismo se calcula para los diferentes tiempos de retorno, así por ejemplo tenemos que para 2 años el tiempo será de 2.694 horas y el porcentaje de infiltración de 50%, así también se tiene para 100 años de retorno se tiene un tiempo de 4,90 horas. La capacidad de infiltración desarrollado por el método de Horton, el cual arroja un valor de 14.19 mm/hr para el estrato de grava limosa y arcilla limosa.

### 3.6. Análisis del efecto del flujo de filtraciones en la estabilidad física del deslizamiento cerro Tumbay Orcco - Lucre - Cusco.



**Figura 22.** Factor de seguridad por Morgenstern – Price (1.732), condición estática evento 1 en cabecera. (Fuente: Elaboración propia, 2018)

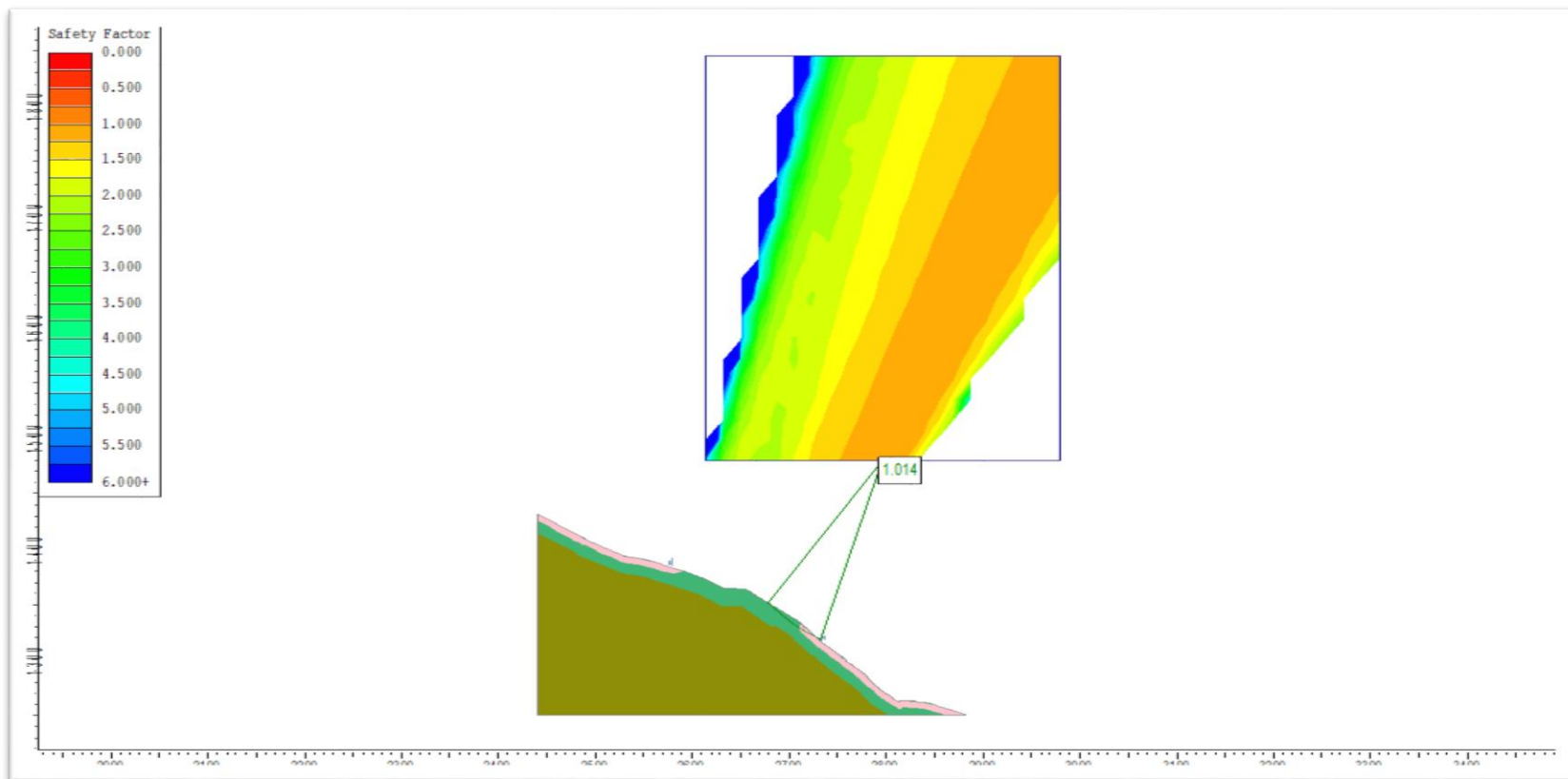
**Interpretación:** La columna de factor de seguridad, representado por el color verde, indica que no existe un factor menor a 1, cumple con lo enmarcado en la norma peruana que para condición estática debe ser mayor o igual a 1.50, por lo cual la ladera está estable.



**Figura 23.** Factor de Seguridad por Morgenstern – Price (1.230) condición Pseudoestatico evento 1 cabecera. (Fuente: Elaboración propia, 2018)

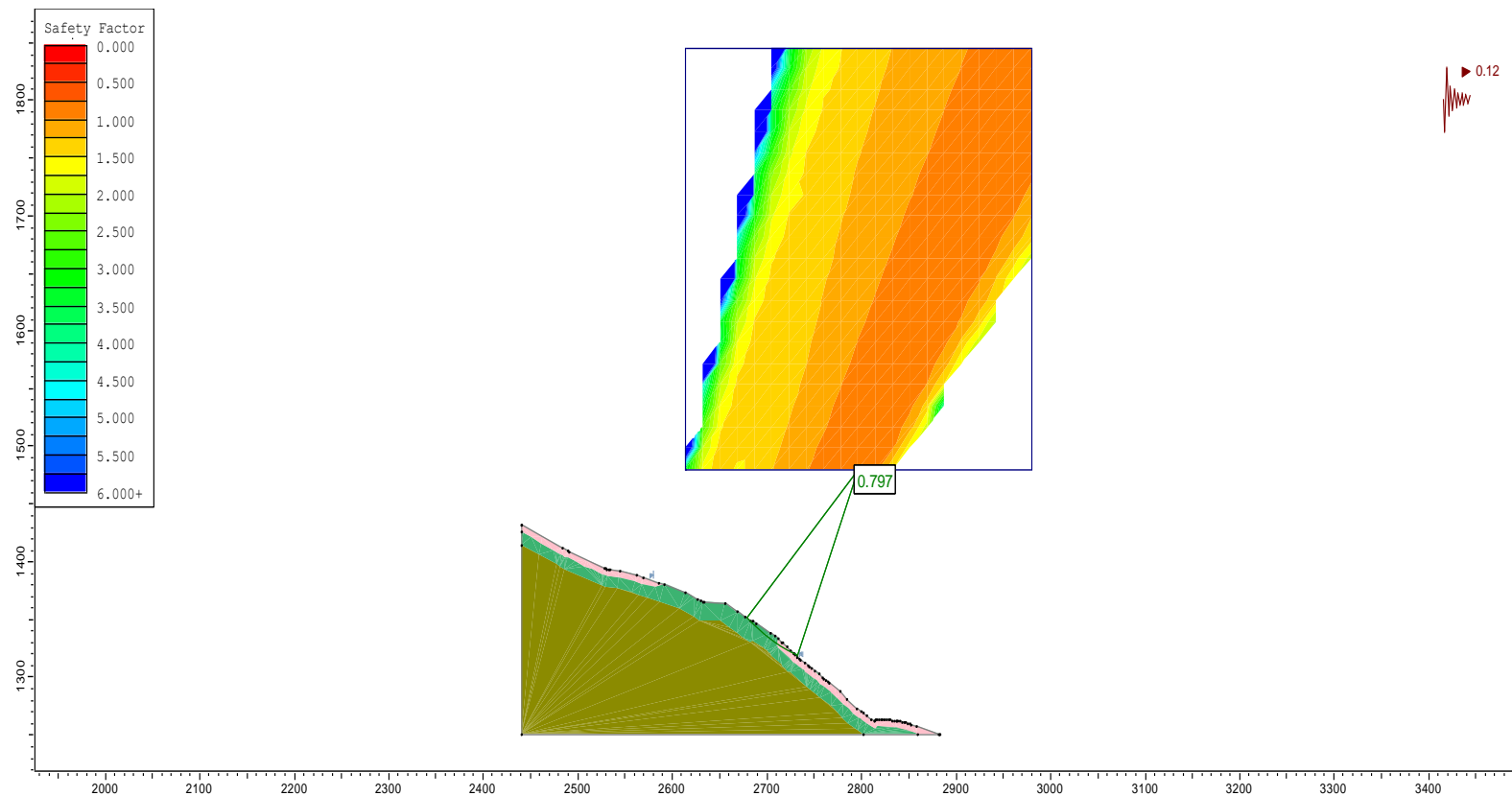
**Interpretación:** La columna de factor de seguridad, representado por el color amarillo, indica que no existe un factor menor a 1, pero no cumple con lo enmarcado en la norma peruana que para condición pseudoestatica debe ser mayor o igual a 1.25, por lo cual la ladera está propensa a deslizamiento.





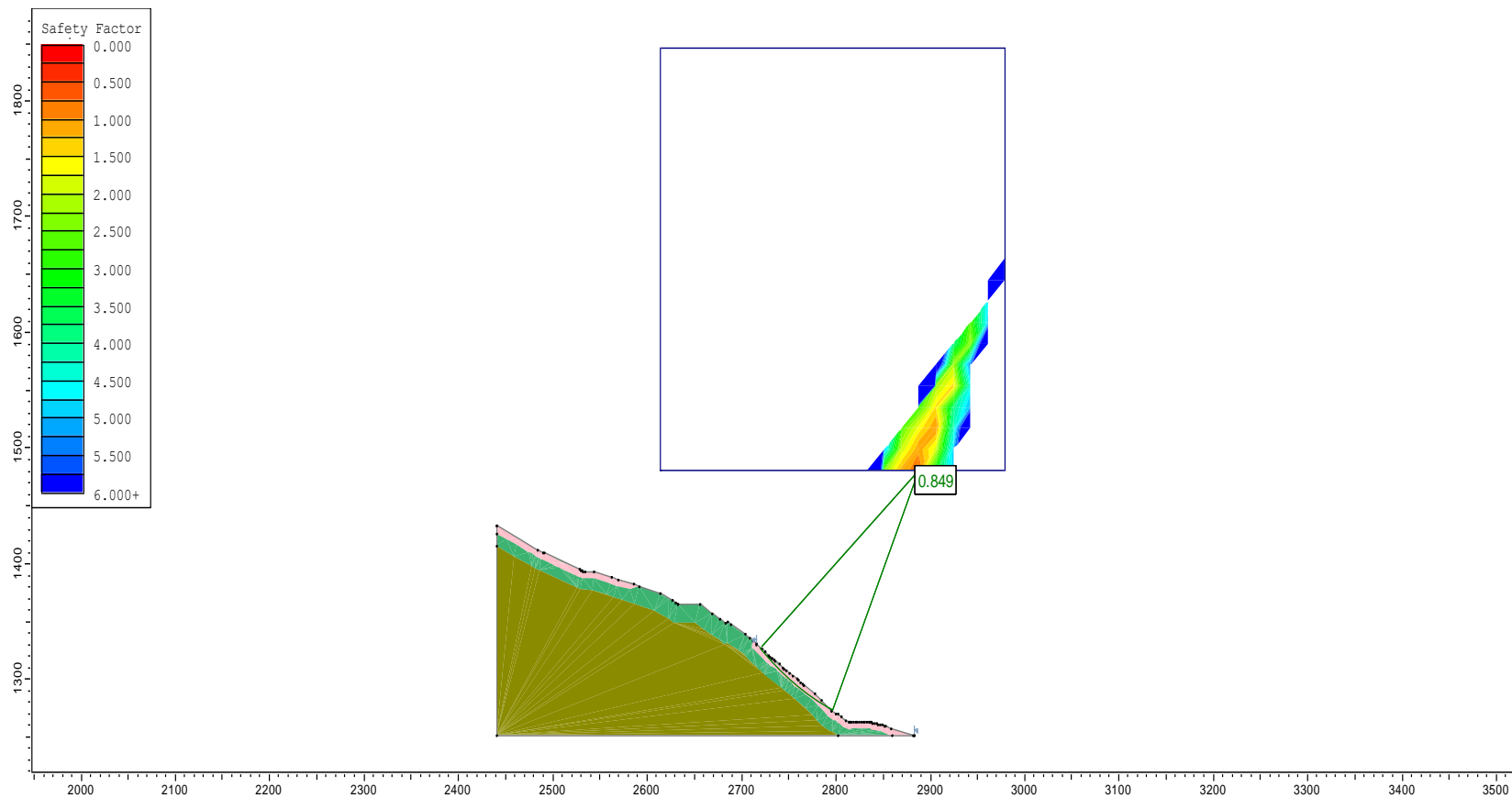
**Figura 24.** Factor de Seguridad por Morgenstern – Price (1.014), condición estática evento 1 cuerpo.  
(Fuente: Elaboración propia, 2018)

**Interpretación:** La columna de factor de seguridad, representado por el color naranja, indica que no existe un factor menor a 1, pero no cumple con lo enmarcado en la norma peruana que para condición estática debe ser mayor o igual a 1.50, por lo cual la ladera está propensa a deslizamiento.



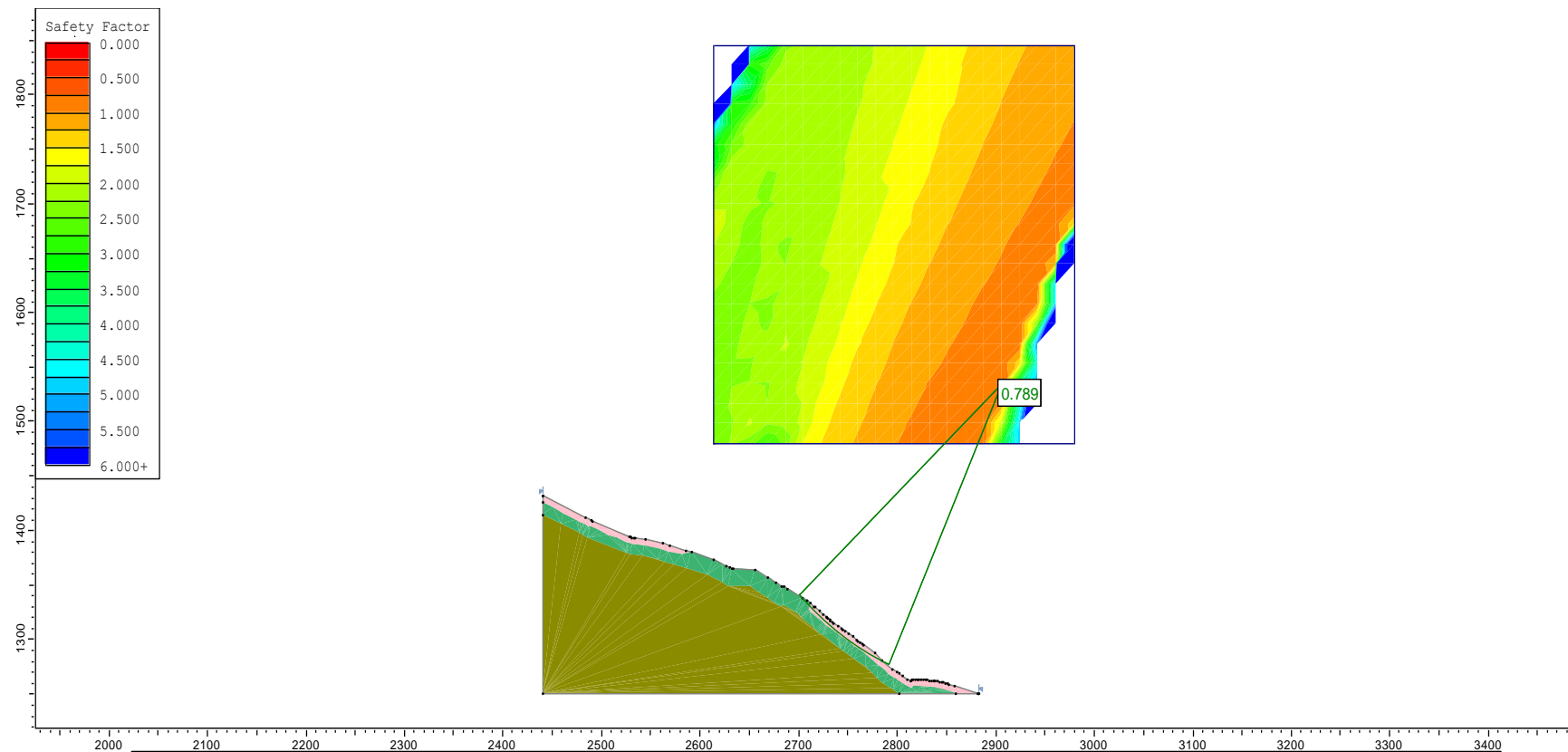
**Figura 25.**Factor de Seguridad por Morgenstern – Price (0.797), condición Pseudoestatico evento 1 cuerpo.  
(Fuente: Elaboración propia, 2018)

**Interpretación:** la columna de factor de seguridad, representado por el color naranja, indica que existe un factor menor a 1, no cumple con lo enmarcado en la norma peruana que para condición pseudoestatica debe ser mayor o igual a 1.25, por lo cual la ladera está propensa a deslizamiento.



**Figura 26.** Factor de Seguridad por Morgenstern – Price (0.849), condición estática evento 1 pie. (Fuente: Elaboración propia, 2018)

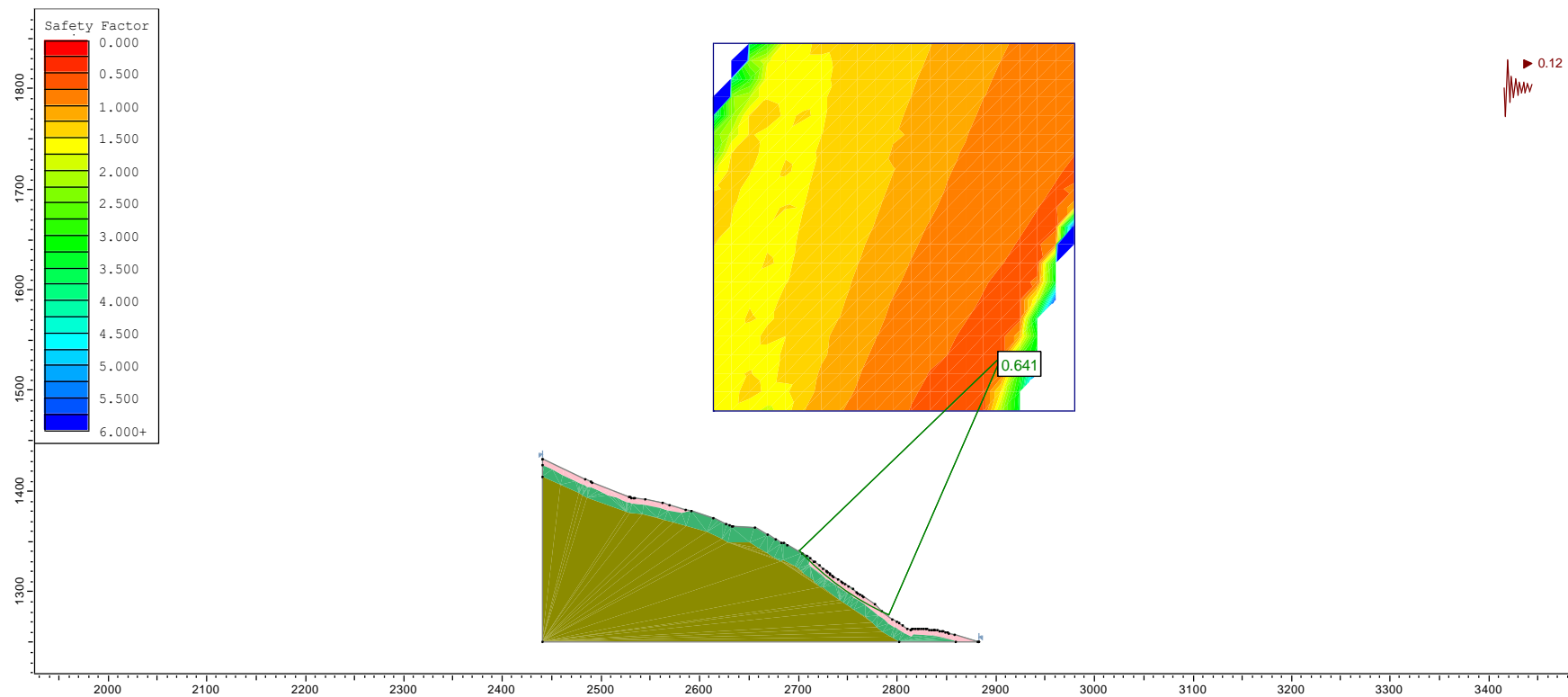
**Interpretación:** la columna de factor de seguridad, representado por el color naranja, indica que existe un factor menor a 1, pero no cumple con lo enmarcado en la norma peruana que para condición estática debe ser mayor o igual a 1.50, por lo cual la ladera está propensa a deslizamiento.



**Figura 26.** Factor de Seguridad por Morgenstern – Price (0.789), condición estática evento 1 Global

. (Fuente: Elaboración propia, 2018)

**Interpretación:** la columna de factor de seguridad, representado por el color naranja, indica que existe un factor menor a 1, pero no cumple con lo enmarcado en la norma peruana que para condición estática debe ser mayor o igual a 1.50, por lo cual la ladera está propensa a deslizamiento.



**Figura 27.**Factor de Seguridad por Morgenstern – Price (0.641), condición Pseudoestático evento 1 Global.  
(Fuente: Elaboración propia, 2018)

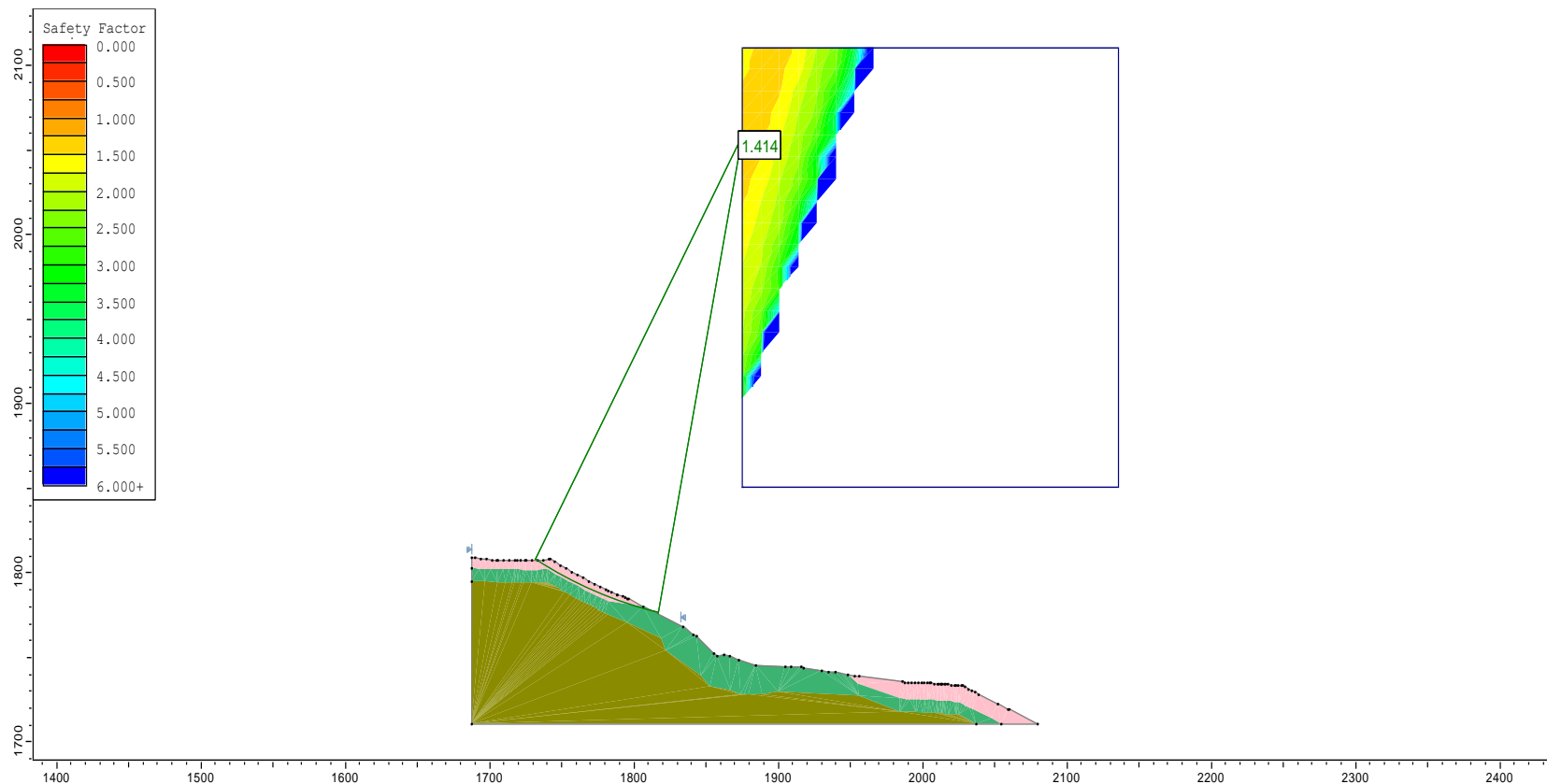
**Interpretación:** la columna de factor de seguridad, representado por el color rojo, indica que existe un factor menor a 1, no cumple con lo enmarcado en la norma peruana que para condición pseudoestatica debe ser mayor o igual a 1.25, por lo cual la ladera está en riesgo de sufrir deslizamiento.

**Tabla 40.** Resultados SLIDE para evento 1, en condición estática y pseudoestática

Evento	Condición	Método aplicado	Factor de seguridad	Ubicación de análisis		
1	Estático	Bishop simplificado	1.737	Cabecera		
		Spencer	1.736			
		Morgenstern - Price	1.732			
				Bishop simplificado	1.016	Cuerpo
				Spencer	1.015	
				Morgenstern - Price	1.014	
				Bishop simplificado	0.848	Pie
				Spencer	0.849	
				Morgenstern - Price	0.849	
1	Pseudoestático	Bishop simplificado	1.235	Cabecera		
		Spencer	1.234			
		Morgenstern - Price	1.230			
				Bishop simplificado	0.808	Cuerpo
				Spencer	0.799	
				Morgenstern - Price	0.797	
				Bishop simplificado	0.693	Pie
				Spencer	0.691	
				Morgenstern - Price	0.690	
1	Estático	Bishop simplificado	0.793	Global		
		Spencer	0.789			
		Morgenstern - Price	0.789			
1	Pseudoestático	Bishop simplificado	0.645			
		Spencer	0.640			
		Morgenstern - Price	0.641			

Fuente: Elaboración propia, 2018

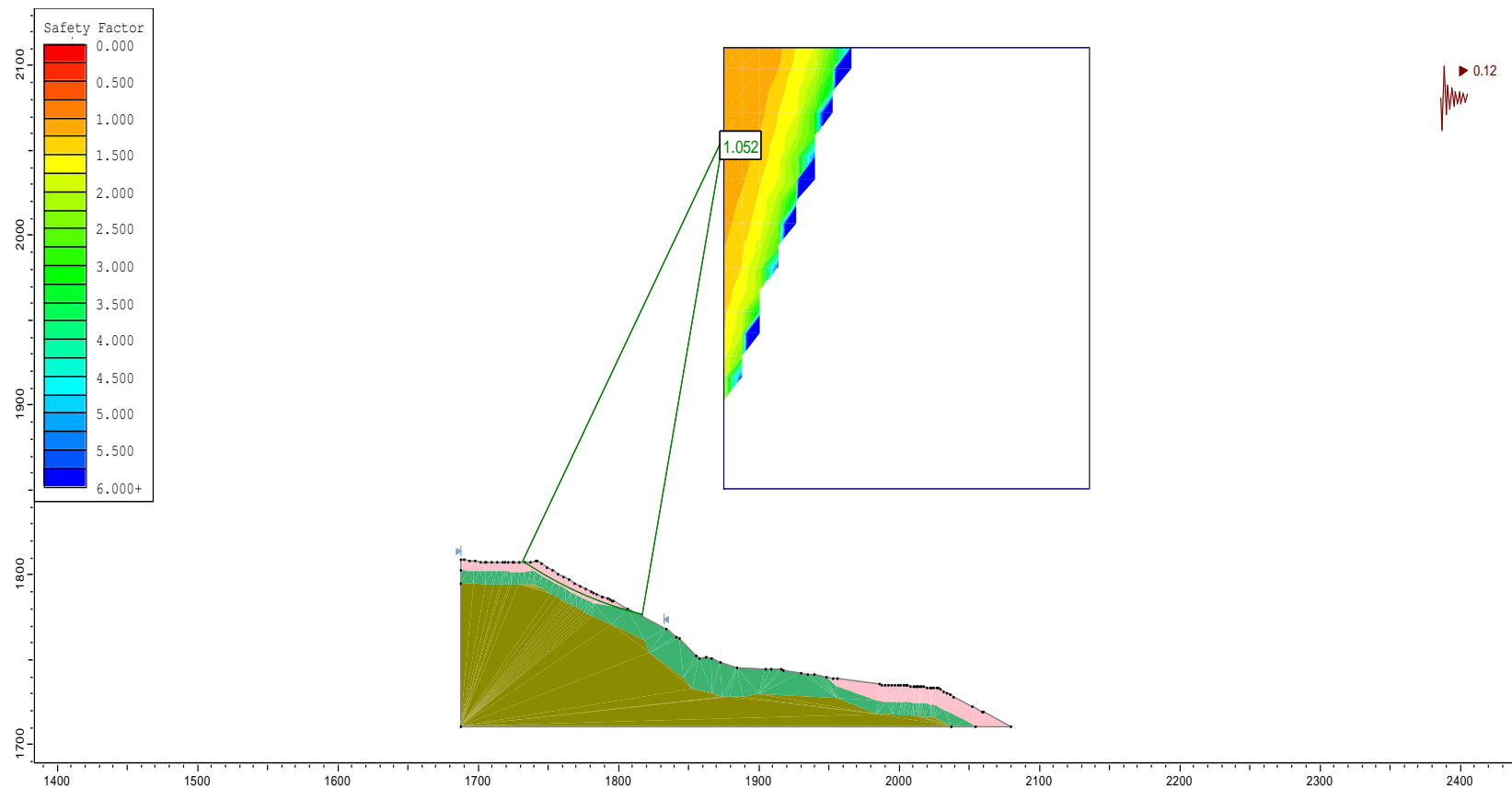
**Interpretación:** La tabla 40 muestra un análisis por cada etapa o parte de la ladera, desde la cabeza, cuerpo y pie. El análisis para cada etapa es estático y Pseudoestático, se aplica los tres métodos más reconocidos como el Bishop simplificado, Spencer y Morgenstern – Price. Se verifica que, para los distintos métodos usados, en la parte estática el pie de la ladera es el que presenta valores por debajo de 1 y el reglamento nacional indica que debe ser mayor a 1.50, por lo que se considera un riesgo y ya se presenta un deslizamiento superficial, esto se pudo evidenciar en la visita a campo, donde se ve que en la parte baja de la ladera existe deslizamientos superficiales, producidos por la infiltración y escorrentía. En la condición pseudoestática es más evidente el factor de riesgo para todos los métodos, evidenciando que el pie y cuerpo de la ladera son los más riesgosos. Finalmente haciendo un análisis global de la ladera se verifica que, en condición estática, el pie es el que representa mayores riesgos, así mismo pseudoestáticamente evidencian que esta propenso a realizar un riesgo mayor de deslizamiento. Finalmente se concluye que, en este análisis, que no incluye filtración y solo incluye escorrentía se verifica que la parte del pie de la ladera es el que presenta mayores riesgos.



**Figura 28.** Factor de Seguridad por Morgenstern – Price (1.414), condición estática evento 2 Cabecera. (Fuente: Elaboración propia, 2018)

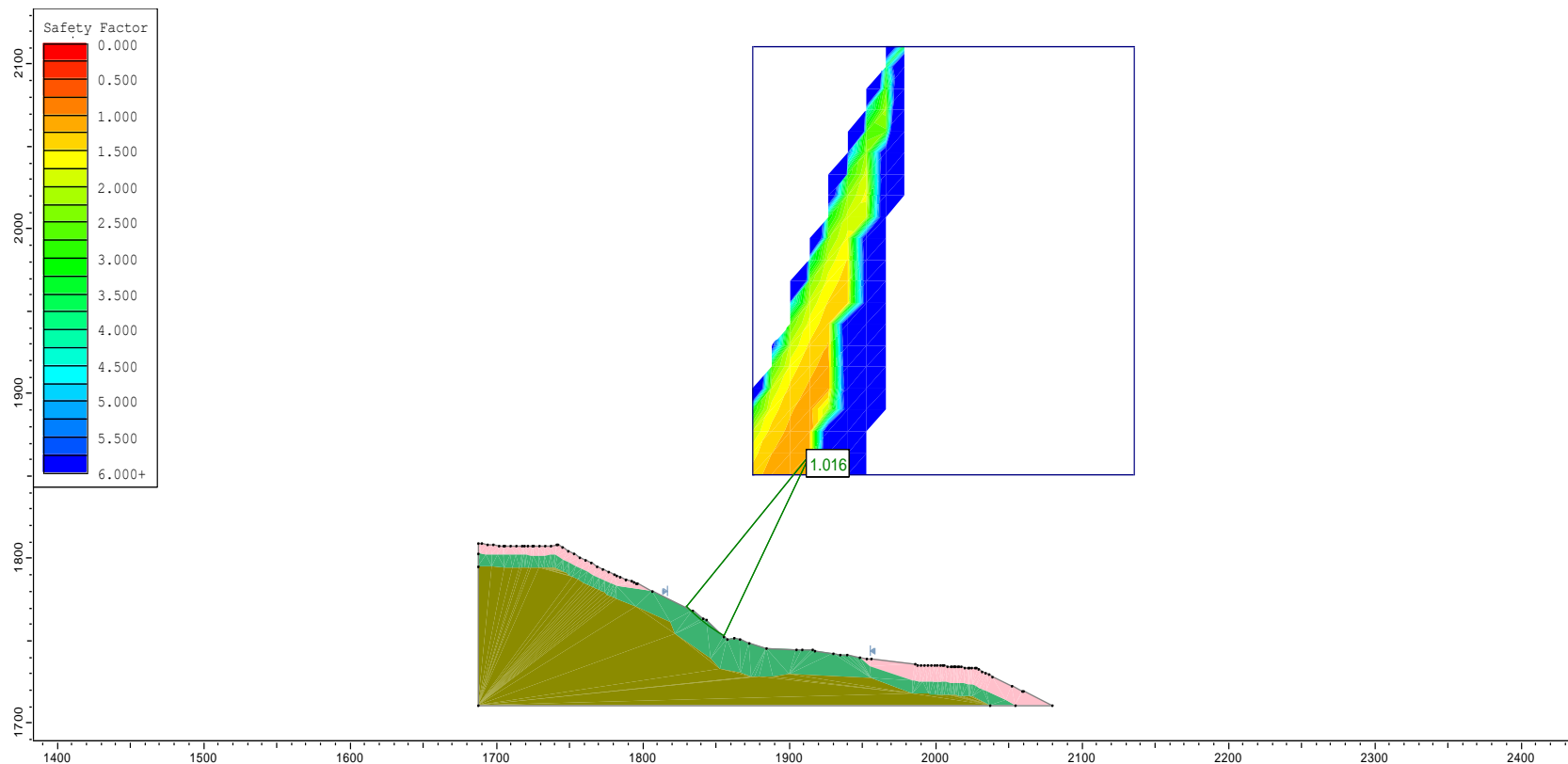
**Interpretación:** la columna de factor de seguridad, representado por el color naranja, indica que no existe un factor menor a 1, pero no cumple con lo enmarcado en la norma peruana que para condición estática debe ser mayor o igual a 1.50, por lo cual la ladera está propensa a deslizamiento.





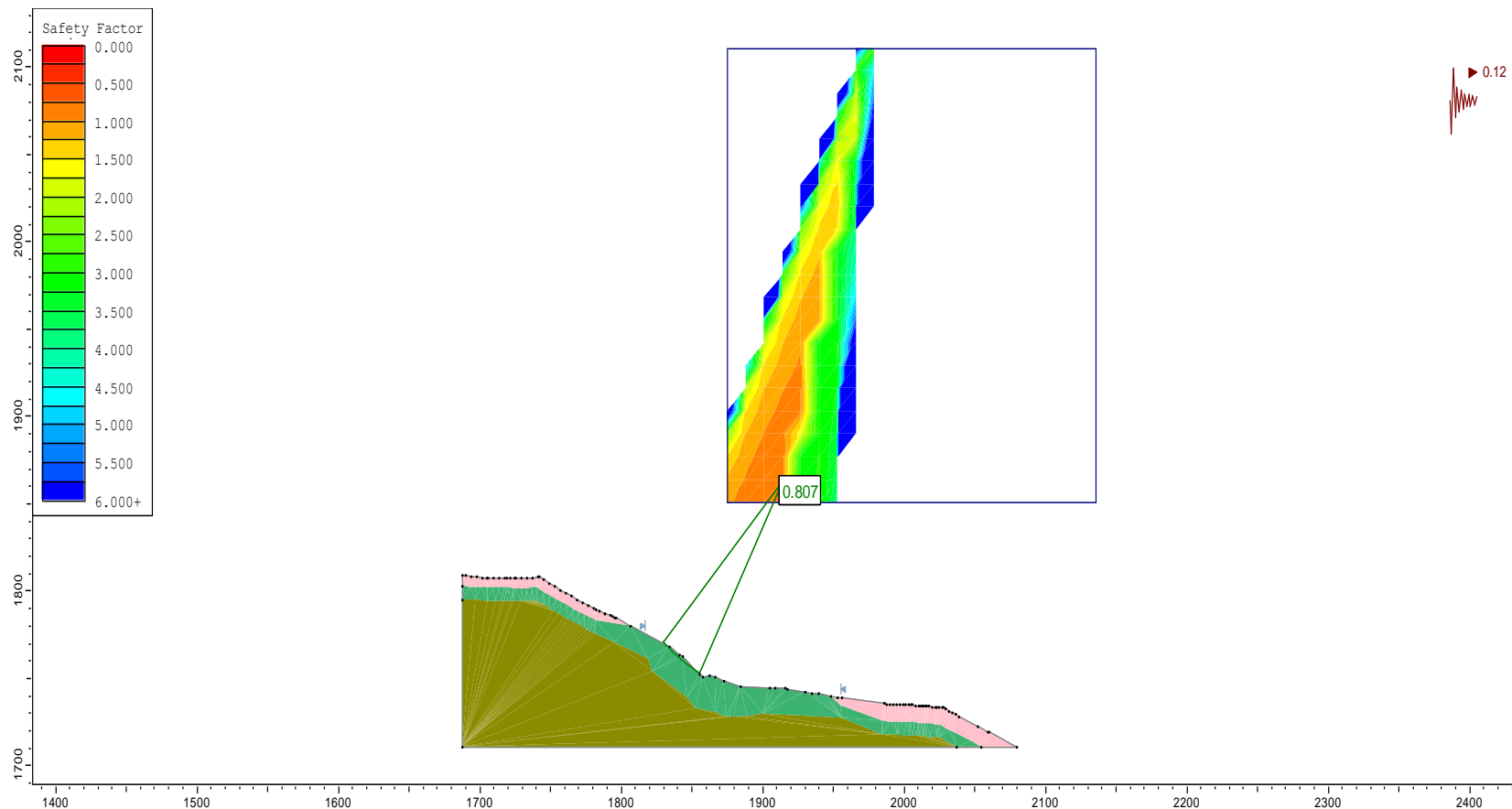
**Figura 29.**Factor de Seguridad por Morgenstern – Price (1.052), condición Pseudoestático evento 2 Cabecera. (Fuente: Elaboración propia, 2018)

**Interpretación:** la columna de factor de seguridad, representado por el color naranja, indica que no existe un factor menor a 1, pero no cumple con lo enmarcado en la norma peruana que para condición pseudoestatica debe ser mayor o igual a 1.25, por lo cual la ladera está propensa a deslizamiento.



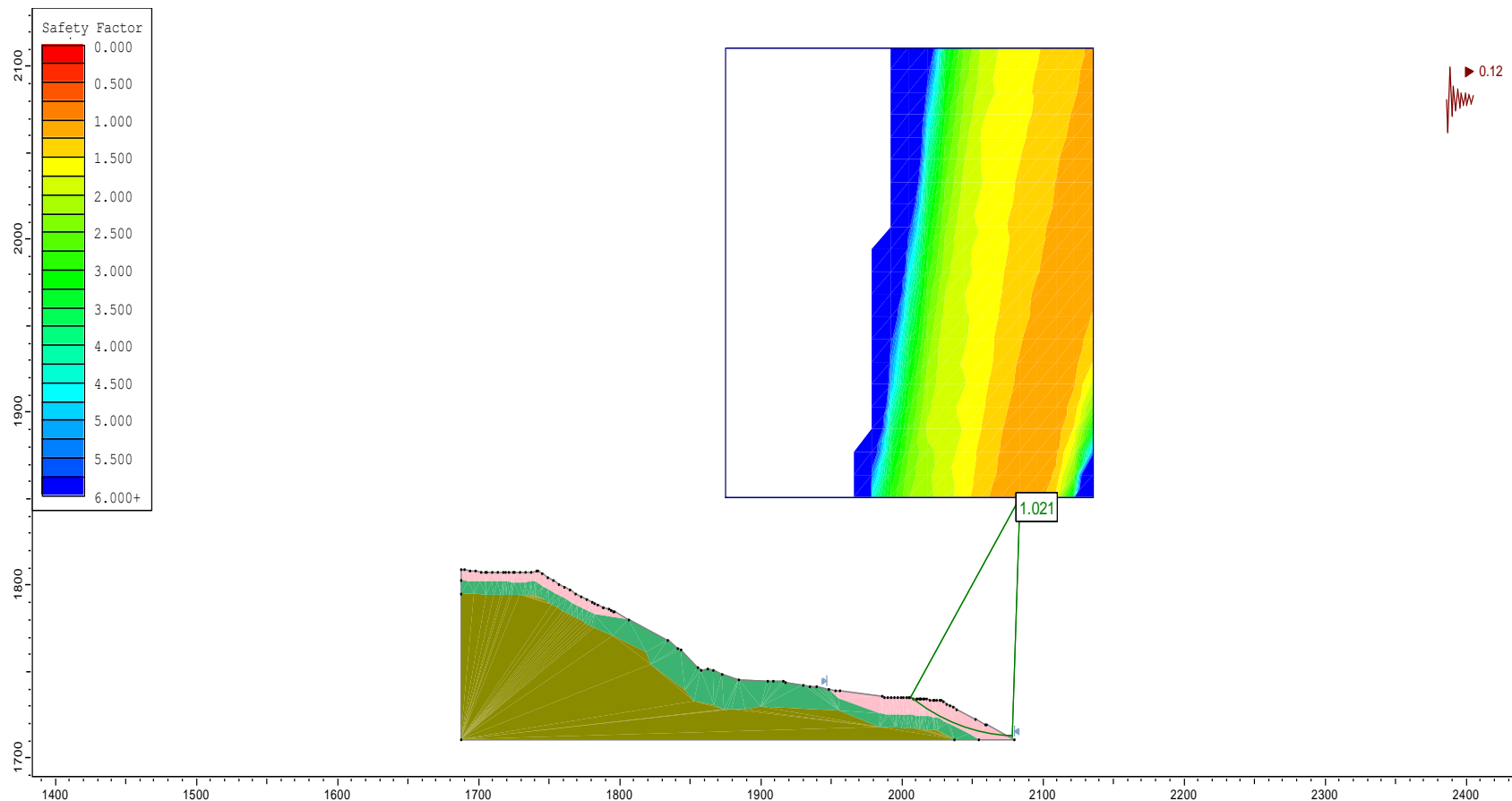
**Figura 30.**Factor de Seguridad por Morgenstern – Price (1.016), condición estática evento 2  
Cuerpo. (Fuente: Elaboración propia, 2018)

**Interpretación:** la columna de factor de seguridad, representado por el color naranja, indica que no existe un factor menor a 1, pero no cumple con lo enmarcado en la norma peruana que para condición pseudoestática debe ser mayor o igual a 1.25, por lo cual la ladera está propensa a deslizamiento.



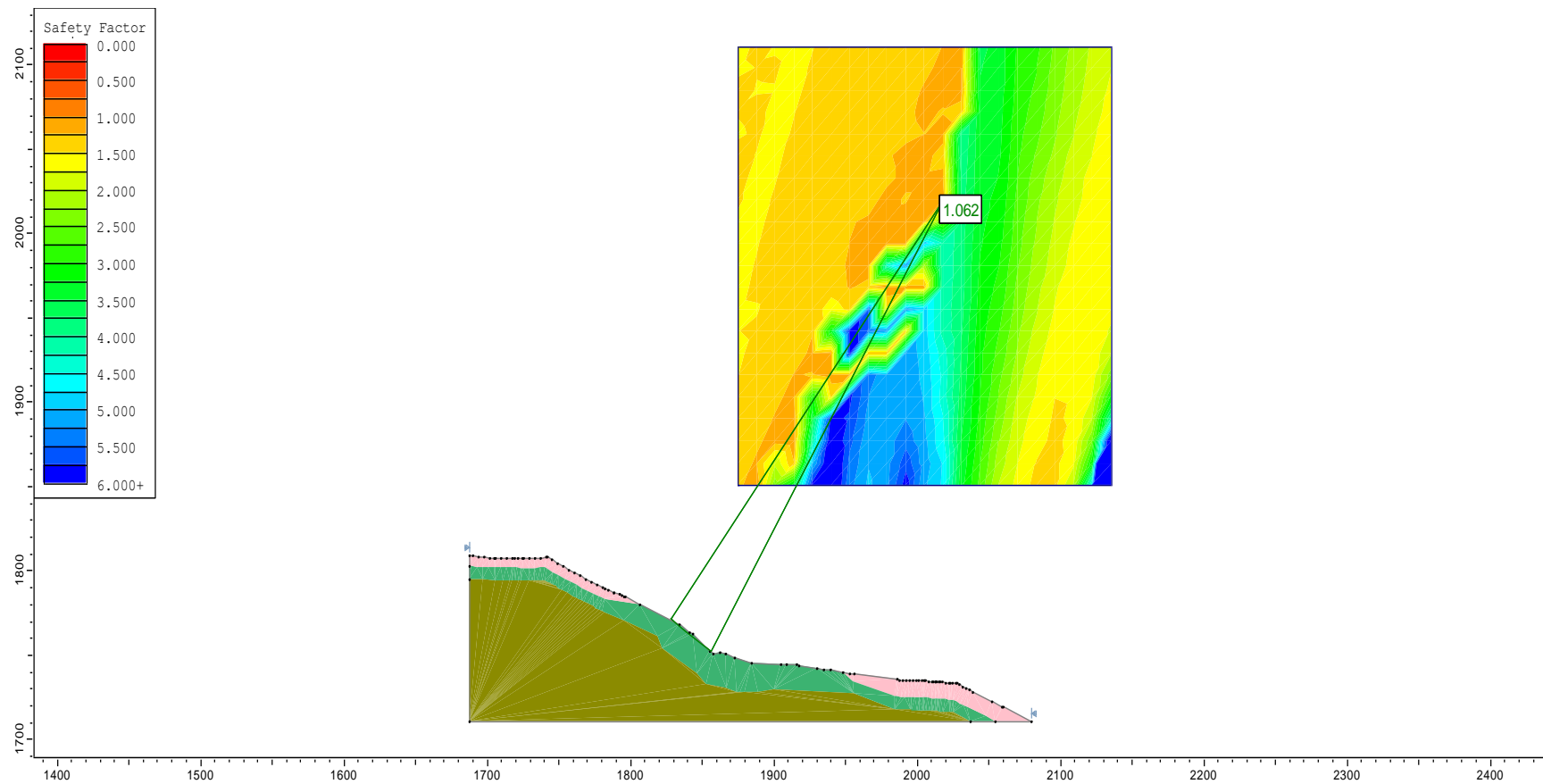
**Figura 31.** Factor de Seguridad por Morgenstern – Price (0.807), condición Pseudoestático evento 2 cuerpo. (Fuente: Elaboración propia, 2018)

**Interpretación:** la columna de factor de seguridad, representado por el color rojo, indica que existe un factor menor a 1, no cumple con lo enmarcado en la norma peruana que para condición pseudoestatica debe ser mayor o igual a 1.25, por lo cual la ladera está en riesgo de sufrir deslizamiento.



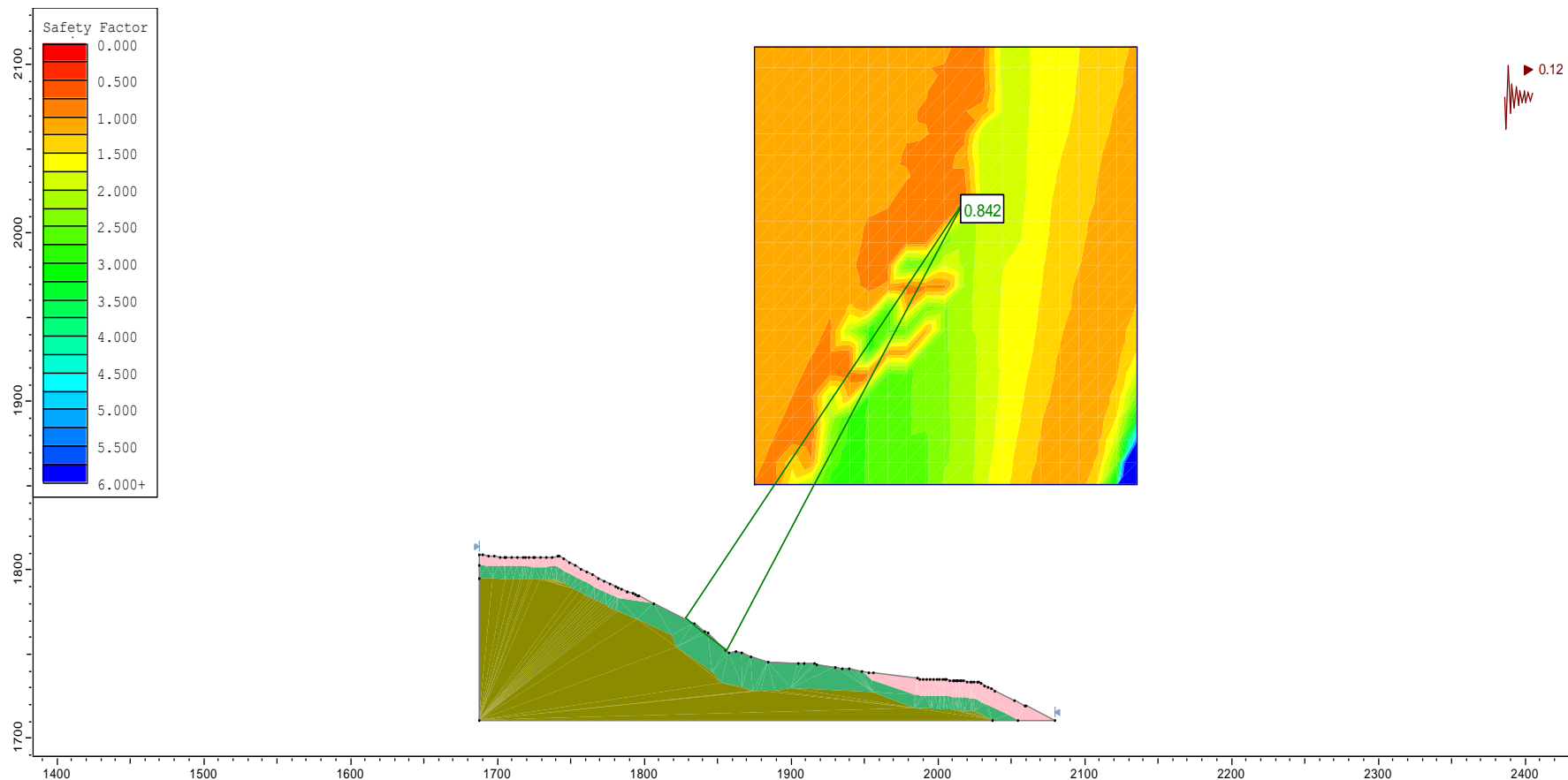
**Figura 32.** Factor de Seguridad por Morgenstern – Price (1.021), condición Pseudoestático evento 2 pie (Fuente: Elaboración propia, 2018)

**Interpretación:** la columna de factor de seguridad, representado por el color naranja, indica que no existe un factor menor a 1, pero no cumple con lo enmarcado en la norma peruana que para condición pseudoestatica debe ser mayor o igual a 1.25, por lo cual la ladera está propensa a deslizamiento.



**Figura 33.**Factor de Seguridad por Morgenstern – Price (1.062), condición estática evento 2 global. (Fuente: Elaboración propia, 2018)

**Interpretación:** la columna de factor de seguridad, representado por el color naranja, indica que no existe un factor menor a 1, pero no cumple con lo enmarcado en la norma peruana que para condición pseudoestatica debe ser mayor o igual a 1.25, por lo cual la ladera está propensa a deslizamiento.



**Figura 34.**Factor de Seguridad por Morgenstern – Price (0.842), condición Pseudoestático evento 2 global. (Fuente: Elaboración propia, 2018)

**Interpretación:** la columna de factor de seguridad, representado por el color rojo, indica que existe un factor menor a 1, no cumple con lo enmarcado en la norma peruana que para condición pseudoestatica debe ser mayor o igual a 1.25, por lo cual la ladera está en riesgo de sufrir deslizamiento.

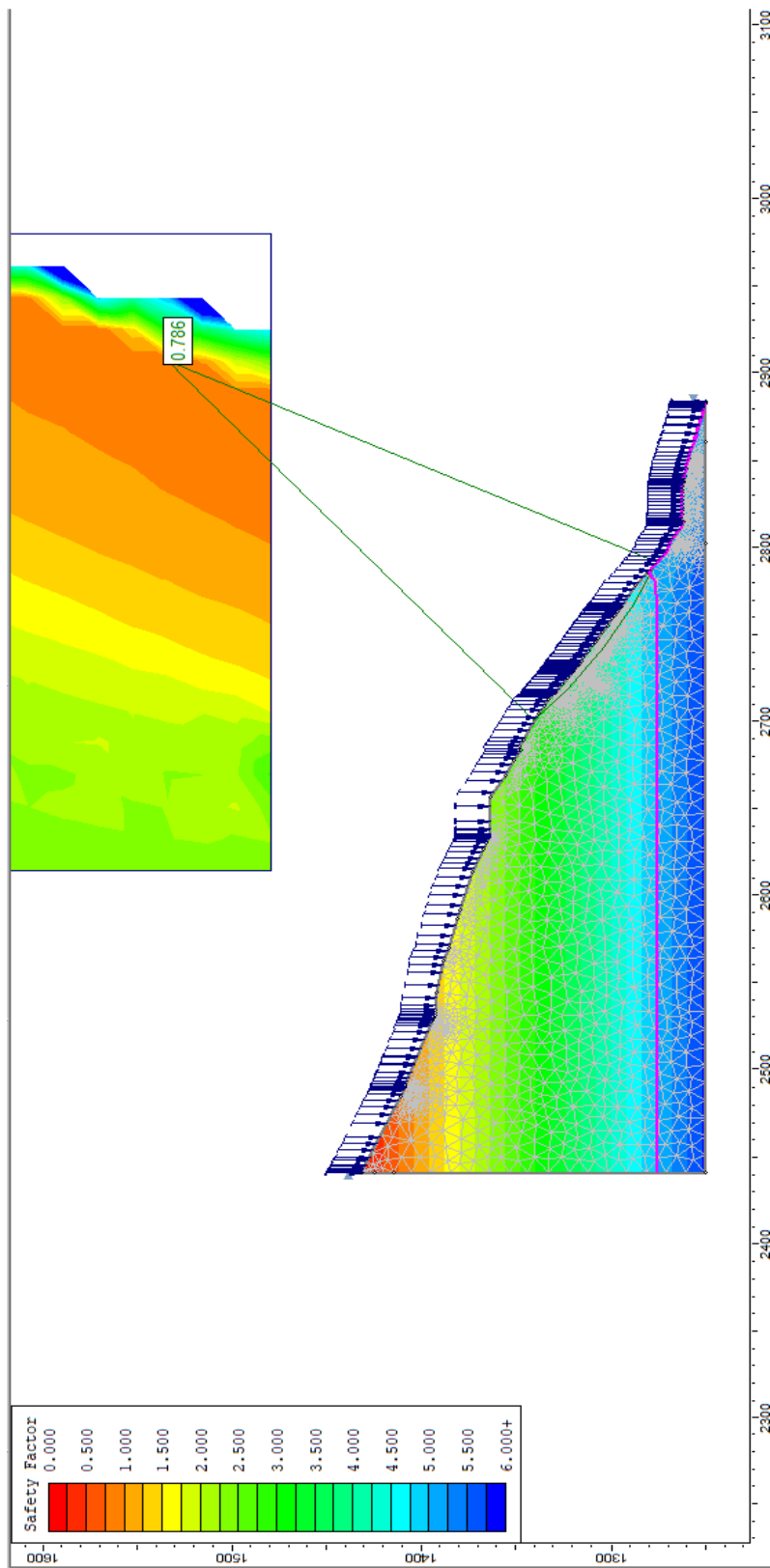
**Tabla 41.** Resultados SLIDE para evento 2, en condición estática y pseudoestática

Evento	Condición	Método aplicado	Factor de seguridad	Ubicación de análisis				
2	Estático	Bishop simplificado	1.398	Cabecera				
		Spencer	1.411					
		Morgenstern - Price	1.414					
				Bishop simplificado	1.018	Cuerpo		
				Spencer	1.016			
				Morgenstern - Price	1.016			
						Bishop simplificado	1.419	Pie
						Spencer	1.420	
						Morgenstern - Price	1.419	
2	Pseudoestático	Bishop simplificado	1.040	Cabecera				
		Spencer	1.049					
		Morgenstern - Price	1.052					
				Bishop simplificado	0.812	Cuerpo		
				Spencer	0.807			
				Morgenstern - Price	0.807			
						Bishop simplificado	1.024	Pie
						Spencer	1.020	
						Morgenstern - Price	1.021	
2	Estático	Bishop simplificado	1.063	Global				
		Spencer	1.062					
		Morgenstern - Price	1.062					
2	Pseudoestático	Bishop simplificado	0.844					
		Spencer	0.842					
		Morgenstern - Price	0.842					

Fuente: Elaboración propia, 2018

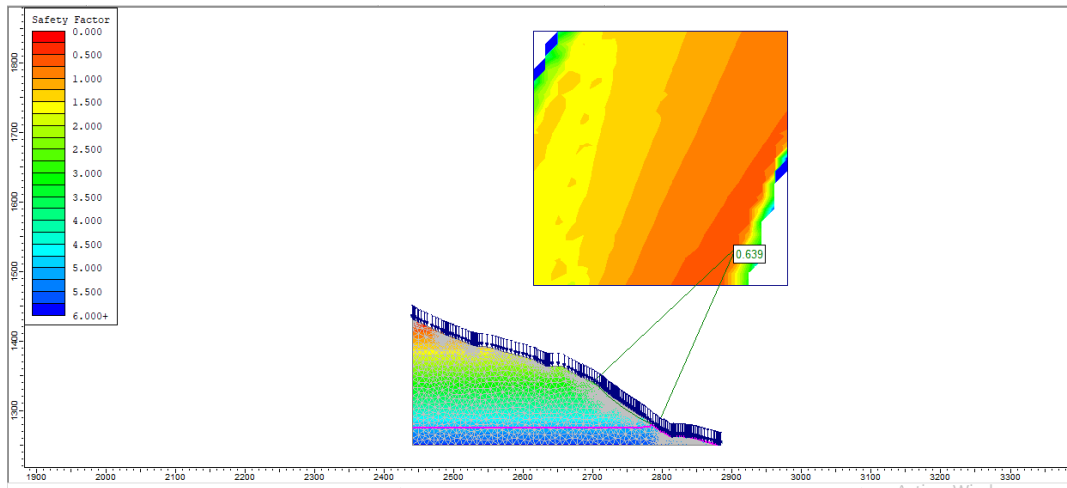
**Interpretación:** la tabla 41 muestra un análisis por cada etapa o parte de la ladera, desde la cabeza, cuerpo y pie. El análisis para cada etapa es estático y Pseudoestático, se aplica los tres métodos más reconocidos como el Bishop simplificado, Spencer y Morgenstern – Price. Se verifica que, para los distintos métodos usados, en la parte estática el cuerpo de la ladera o evento 2 es el que presenta valores cercanos a 1 y el reglamento nacional indica que debe ser mayor a 1.50, por lo que se considera un riesgo y ya se presenta un deslizamiento superficial. En la condición pseudoestática es más evidente el factor de riesgo para todos los métodos, evidenciando que el pie y cuerpo de la ladera son los más riesgosos. Finalmente haciendo un análisis global de la ladera se verifica que, en condición estática, el cuerpo es el que representa mayores riesgos, así mismo pseudoestáticamente evidencian que esta propenso a realizar un riesgo mayor de deslizamiento. Finalmente se concluye que, en este análisis, que no incluye filtración y solo incluye escorrentía se verifica que la parte del cuerpo de la ladera o evento 2 es el que presenta mayores riesgos.





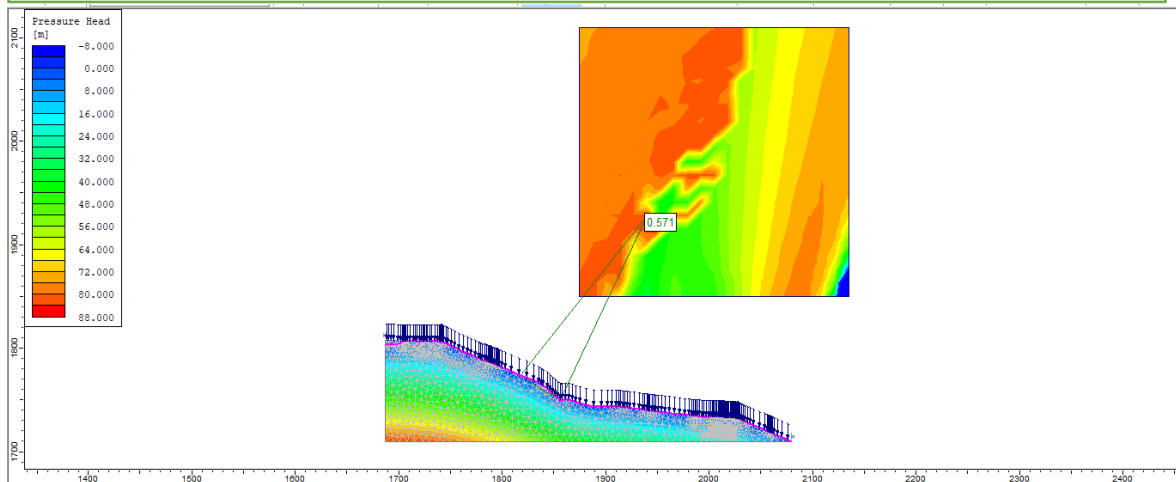
**Figura 35.** Factor de Seguridad por Morgenstern – Price (0.786), condición estática con infiltración evento 1 global. (Fuente: Elaboración propia, 2018)

**Interpretación:** la columna de factor de seguridad, representado por el color naranja, indica que existe un factor menor a 1, no cumple con lo enmarcado en la norma peruana que para condición estática debe ser mayor o igual a 1.50, por lo cual la ladera está en riesgo de sufrir deslizamiento. Así mismo se evidencia la presión de poros, el color naranja y amarillo indica que es la zona con mayor poropresion, esto generado por el tipo de suelo y la infiltración, así mismo el color verde y azul indican que existe una cantidad mínima de poropresion



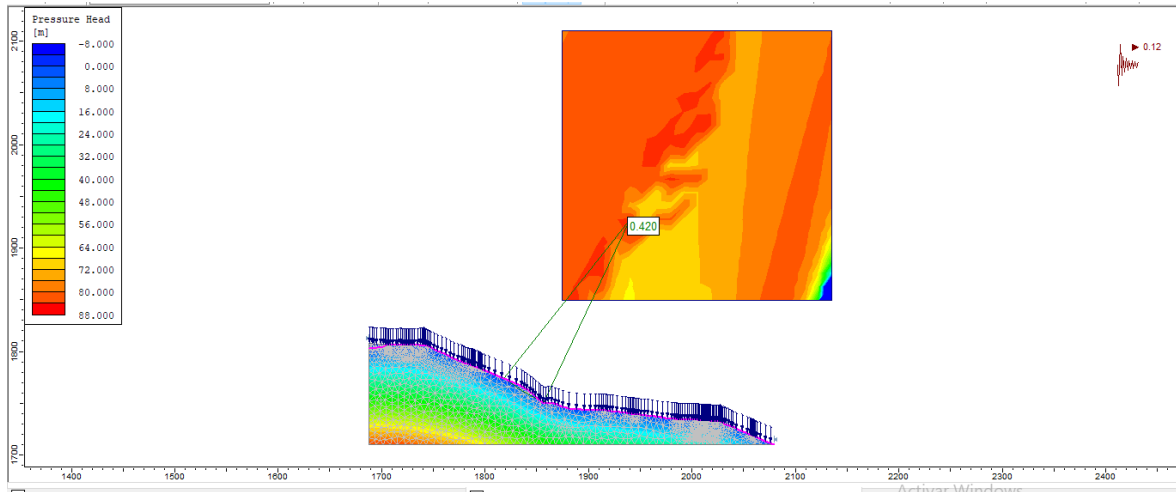
**Figura 36.**Factor de Seguridad por Morgenstern – Price (0.639), condición Pseudoestático con infiltración, evento 1 global. (Fuente: Elaboración propia, 2018) ver anexo de planos

**Interpretación:** la columna de factor de seguridad, representado por el color naranja, indica que existe un factor menor a 1, no cumple con lo enmarcado en la norma peruana que para condición pseudoestatica debe ser mayor o igual a 1.25, por lo cual la ladera está en riesgo de sufrir deslizamiento. Así mismo se evidencia la presión de poros, el color naranja y amarillo indica que es la zona con mayor poropresion, esto generado por el tipo de suelo y la infiltración, así mismo el color verde y azul indican que existe una



**Figura 37.**Factor de Seguridad por Morgenstern – Price (0.571), condición estática con infiltración evento 2 global. (Fuente: Elaboración propia, 2018)

**Interpretación:** la columna de factor de seguridad, representado por el color naranja, indica que existe un factor menor a 1, no cumple con lo enmarcado en la norma peruana que para condición pseudoestatica debe ser mayor o igual a 1.25, por lo cual la ladera está en riesgo de sufrir deslizamiento. Así mismo se evidencia la presión de poros, el color naranja y amarillo indica que es la zona con mayor poropresion, esto generado por el tipo de suelo y la infiltración, así mismo el color verde y azul indican que existe una



**Figura 38.**Factor de Seguridad por Morgenstern – Price (0.420), condición Pseudoestático con infiltración más sismo, evento 2 global. (Fuente: Elaboración propia, 2018)

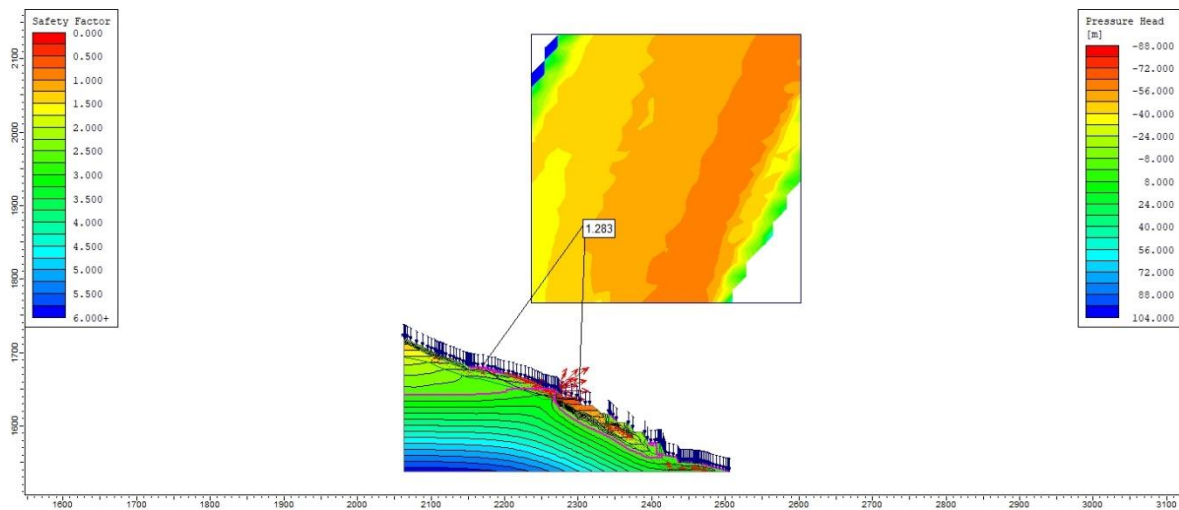
**Tabla 42.**Resultados SLIDE para evento 1 y 2, en condición estática y pseudoestática con infiltración

Evento	Condición	Método aplicado	Factor de seguridad	Ubicación de análisis
1	Estático	Bishop simplificado	0.783	Global
		Spencer	0.789	
		Morgenstern - Price	0.786	
	Pseudoestático	Bishop simplificado	0.645	
		Spencer	0.640	
		Morgenstern - Price	0.639	
2	Estático	Bishop simplificado	0.560	Global
		Spencer	0.575	
		Morgenstern - Price	0.571	
	Pseudoestático	Bishop simplificado	0.423	

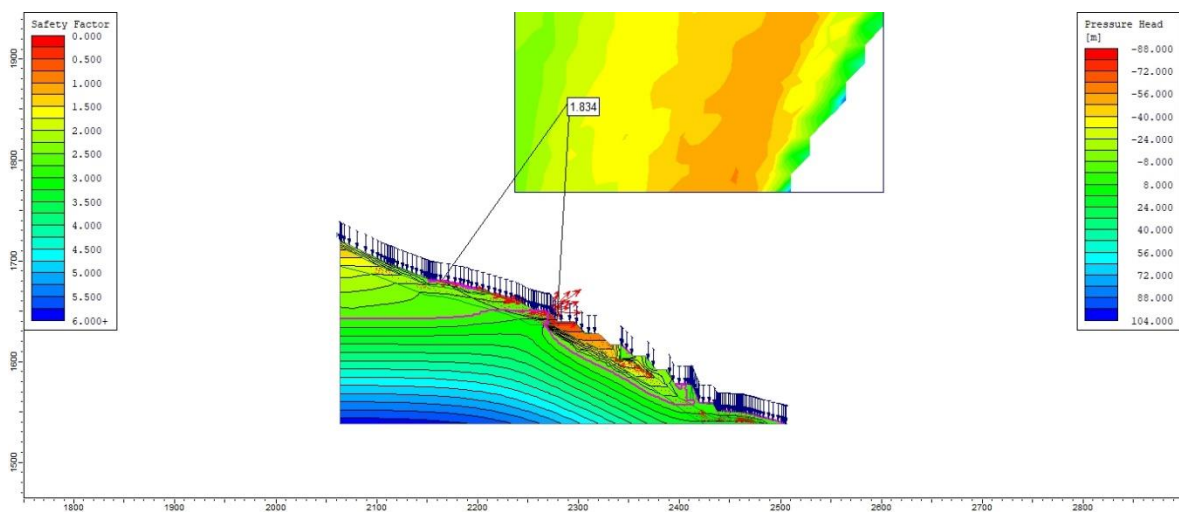
		Spencer	0.423	Global
		Morgenstern - Price	0.420	

Fuente: Elaboración propia, 2018

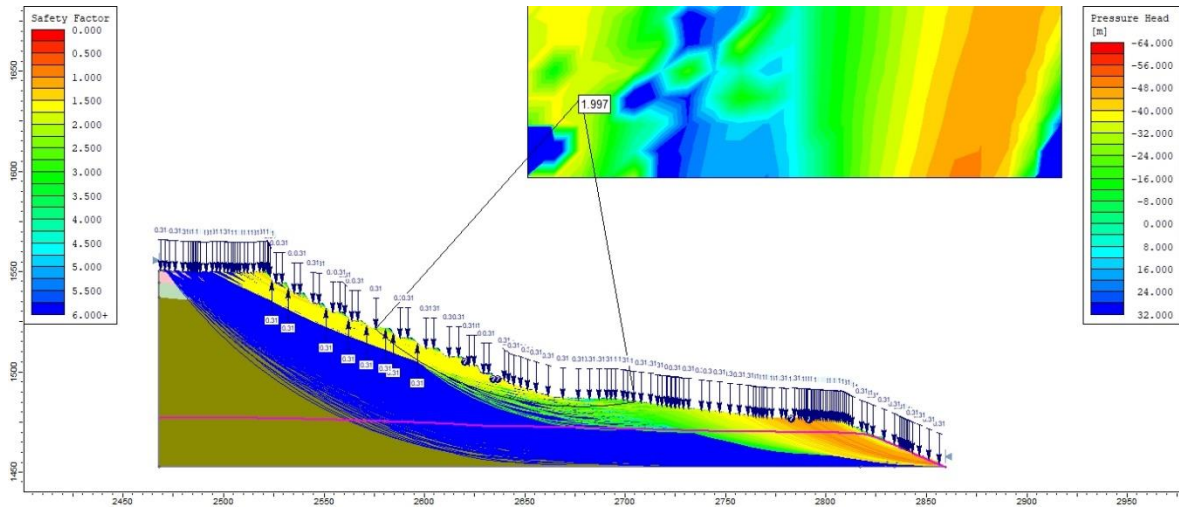
La tabla 42 muestra valores en condición estática y pseudoestática para el evento 1 y 2 afectados por la infiltración, se evidencia que para ambas condiciones es inestable la ladera, generando así el deslizamiento. Arroja valores muy por debajo de la norma, y ante un evento de este tipo se debe proponer medidas de estabilidad.



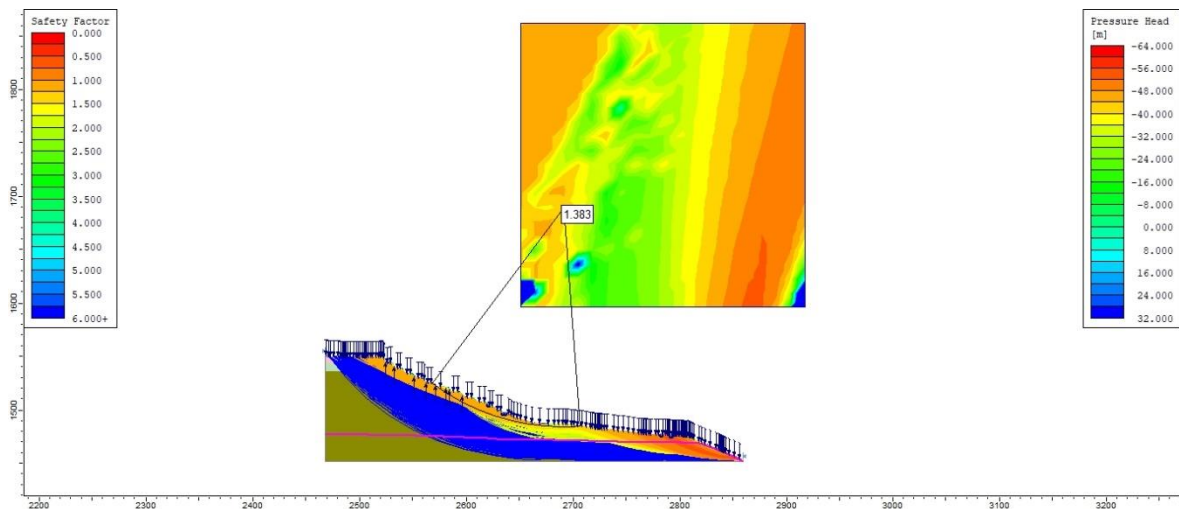
**Figura 39.**Factor de Seguridad por Morgenstern – Price (1.297), condición Pseudoestático con infiltración, evento 1 global, aplicando métodos de estabilidad. (Fuente: Elaboración propia, 2018)



**Figura 40.**Factor de Seguridad por Morgenstern – Price (1.834), condición estática con infiltración, evento 1 global, aplicando métodos de estabilidad. (Fuente: Elaboración propia, 2018)



**Figura 41.**Factor de Seguridad por Morgenstern – Price (1.997), condición estática con infiltración, evento 2 global, aplicando métodos de estabilidad.(Fuente: Elaboración propia, 2018)



**Figura 42.**Factor de Seguridad por Morgenstern – Price (1.383), condición Pseudoestático con infiltración, evento 2 global, aplicando métodos de estabilidad. (Fuente: Elaboración propia, 2018)

**Tabla 43.** Resultados SLIDE para evento 1 y 2 con método de estabilidad, en condición estática y pseudoestática mas infiltración.

Evento	Método de estabilización	Método aplicado	Factor de seguridad	Ubicación de análisis
1	Banquetas	Bishop simplificado	1.296	Global
		Spencer	1.302	
		Morgenstern - Price	1.297	
2	Banquetas	Bishop simplificado	1.391	Global
		Spencer	1.376	
		Morgenstern - Price	1.383	

Fuente: Elaboración propia, 2018

**Interpretación:** En la tabla 43 se muestra el factor de seguridad para cada evento, aplicando la medida de corrección de la ladera, en este caso se aplica las banquetas o andenerías, para lo cual el software Slide muestra una clara mejoría, evidenciándose así que para condición de infiltración y sismo se respeta los factores que muestra la norma peruana por lo cual es una mejora muy significativa la aplicación de banquetas para la estabilidad.

### 3.7. Contratación de Hipótesis

**3.7.1.** flujo de filtraciones para la estabilidad física del deslizamiento-cerro Tumbay Orcco- Lucre-Cusco

Ha: Él flujo de filtraciones influye en la estabilidad física del deslizamiento del cerro-Tumbay Orcco-Lucre-Cusco.

H<sub>0</sub>: El flujo de filtraciones no influye en la estabilidad física del deslizamiento del cerro-Tumbay Orcco-Lucre-Cusco.

Según los resultados se acepta la hipótesis alterna (Ha) y se niega la hipótesis nula(H<sub>0</sub>). En estos resultados se demuestra que la filtración, la cual se obtuvo de los datos y procesamiento de precipitación máxima de 24 horas, que mediante el factor de escorrentía se obtuvo un valor de 13.08 mm/h, la cual representa la tasa de infiltración, lo cual se insertó al software

Slide v6.0, arrojando un factor de seguridad de 0.786 en condición estática y 0.639 en condición pseudoestática para el evento 1. Así mismo para el evento 2 se obtuvo un valor de 0.571 en condición estática y 0.420 en condición pseudoestática. Por lo expuesto se evidencia que efectivamente la filtración afecta la estabilidad física del Cerro Tumbay Orcco.

**3.7.2 la influencia de la precipitación pluvial en la estabilidad física del deslizamiento.**

Ha: Con el incremento de la precipitación pluvial disminuye la estabilidad física del deslizamiento.

H0: Con el incremento de la precipitación pluvial no disminuye la estabilidad física del deslizamiento.

Se acepta la hipótesis alterna Ha, ya que al incrementarse la precipitación se verifica que afecta al Cerro Tumbay Orcco, por los siguientes resultados:

**Tabla 44.** Factor de seguridad del evento 1 para precipitación de 10 y 100 años

Periodo de retorno	Precipitación	Intensidad	Factor de seguridad
10	43.43	19.62	0.789
100	57.90	26.16	0.639

Fuente: Elaboración propia, 2018

De la anterior tabla se verifica que mientras mayor es la precipitación e intensidad, menor será el factor de seguridad, lo que indica lo propuesto en la hipótesis alterna donde el incremento de la precipitación pluvial disminuye la estabilidad física del deslizamiento Cerro Tumbay Orcco.

**3.7.3. la incidencia de la infiltración en la estabilidad física del deslizamiento**

Ha: A mayor infiltración se minimiza la estabilidad física del deslizamiento

H0: A mayor infiltración no se minimiza la estabilidad física del deslizamiento

El valor de infiltración para un periodo de retorno de 100 años con una intensidad de 26.16mm/h, se obtuvo un valor de 13.08mm/h y mediante la ecuación de Horton una capacidad de infiltración de 14.19mm, esto plasmado en el software Slide v6.0, como lo expuesto en el siguiente cuadro.

**Tabla 45.** Factor de seguridad para 2, 10 y 100 años de retorno con infiltración en una hora

Periodo de retorno	Intensidad	infiltración		Factor de seguridad
2	14.38	7.19mm/h	0.17256m/día	0.875
10	19.62	9.81mm/h	0.23544m/día	0.789
100	26.16	13.08mm/h	0.31329m/día	0.645

Fuente: Elaboración propia, 2018

Esto demuestra que a mayor infiltración se minimiza la estabilidad física del Cerro Tumbay Orcco.

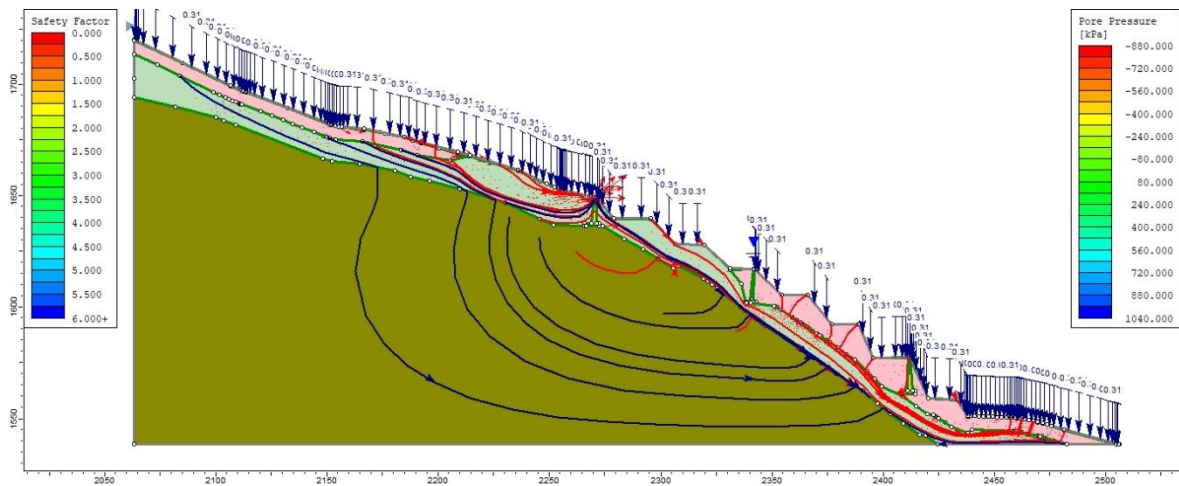
#### 3.7.4. la influencia de la escorrentía en la estabilidad física del deslizamiento

Ha: Con el incremento de escorrentía disminuye la estabilidad física del deslizamiento

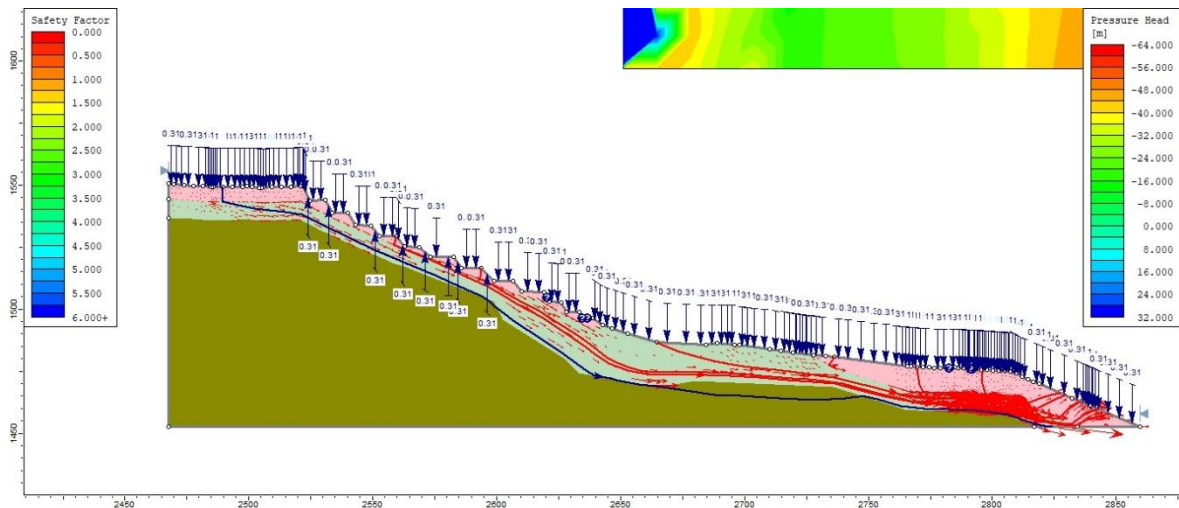
H<sub>0</sub>: Con el incremento de escorrentía no disminuye la estabilidad física del deslizamiento

Mediante la fórmula del método racional se verifica el caudal de escorrentía, el cual arroja el valor de 0.54m<sup>3</sup>/s y de igual manera se hizo el cálculo de velocidad de erosión hídrica mediante la fórmula de velocidad de Manning obteniendo así un valor de 1.09m/s (3.57pies/s), el cual al comparar con el cuadro descrito en el libro de Ven Te Chow de velocidades máximas permisibles, que tiene una velocidad de 3,50pies/s para las características geológicas de la zona, lo supera por lo que se entiende que existe un lavado de partículas finas, lo que se evidencio en la visita a campo donde la parte del pie del Cerro Tumbay Orcco existe una erosión hídrica producida por la velocidad y caudal de escorrentía, forjando cárcavas transversales al Cerro Tumbay Orcco, y posteriormente como se verificó en el software Slide v6.0 arrojando factores de seguridad por debajo de 1.0 y produciendo el deslizamiento





**Figura 43.**Modelo hidrogeológico conceptual del flujo de filtraciones, geometría y estratos, evento 1. (Fuente: Elaboración propia, 2018)



**Figura 44.**Modelo hidrogeológico conceptual del flujo de filtraciones, geometría y estratos, evento 2. (Fuente: Elaboración propia, 2018)

La imagen anterior nos describe y grafica de mejor forma la dinámica del flujo de filtraciones en los diferentes estratos así mismo la medida de estabilidad, donde el modelo hidrogeológico se evidencia de mejor manera.

#### **IV. DISCUSIONES**

## **PRIMERA DISCUSIÓN:**

La tasa de filtración es de 13.08mm/h, obtenida de la precipitación máxima de 24 horas, lo cual se insertó al software Slide v6.0, arrojando un factor de seguridad de 0.786 en condición estática y 0.639 en condición pseudoestática para el evento 1. Así mismo para el evento 2 se obtuvo un valor de 0.571 en condición estática y 0.420 en condición pseudoestática. Por lo expuesto se evidencia que efectivamente la filtración afecta la estabilidad física del Cerro Tumbay Orcco. Aplicando las banquetas se muestra una mejora muy significativa respecto a la normativa peruana en 1.29 y 1.38 en condición crítica.

Al respecto (Ares,2014, p.ix), se recopila información de precipitación máxima de 24 horas, se realiza análisis probabilístico, para así determinar la mejor función de probabilidad. En lo que representa la infiltración, se determinó que para un tipo de suelo B obtenido para N se aprecia que la infiltración presenta mayores resultados de 98.81%, lo cual genera la saturación. Así mismo (Sackschewski, 2017, p.83), concluye el tema de investigación indicando que la mejor opción para estabilizar los taludes de la carretera Canta-Huayllay entre las progresivas km 102 al km 110, es el control de filtraciones de agua y adoptar banquetas para garantizar la estabilidad según los lineamientos de la norma.

Se puede verificar que la filtración producida por el registro meteorológico de las precipitaciones máximas de 24 horas otorga el mejor cálculo de filtraciones en estabilidad de laderas, así mismo el tipo de suelo y la permeabilidad. También se concuerda con que la aplicación de banquetas es la mejor opción para estabilizar laderas de grandes pendientes, todo esto se refleja en el software Slide v6.0.

## **SEGUNDA DISCUSIÓN:**

Para el cálculo de la curva IDF se utilizó lo recomendado por el Manual de Hidrología, Hidráulica y Drenaje del MTC, en la cual se usa la relación de intensidad - precipitación - duración, la cual se basa en el cálculo de la precipitación de diseño, el cual se deriva de la precipitación máxima de 24 horas, obteniendo así por ejemplo para un periodo de retorno de 100 años y una duración de 1 hora, una precipitación de diseño de 26.16 mm y una intensidad de 26.16mm/h, de la cual se genera la curva IDF, esto se puede verificar en las tablas 32 y 33.

Al respecto (Rojas, 2017, pp. 53-69), emplea el mismo Manual del MTC, pero adicionalmente uso coeficientes que aumenten la precipitación y la intensidad (para cada

duración en horas, por ejemplo, para 100 años de retorno y una hora de duración un coeficiente de 0.25, el cual genera una intensidad de 16.65mm/h) esto en búsqueda de ver la situación más crítica, generando además hidrogramas para representar un área más extensa. La aplicación de los métodos de teoría distribucional como el método de Gumbel, Log normal, Log Pearson. Asimismo (Giraldo & Tejeda, 2016, p.60) menciona que, el criterio que tomaron para seleccionar la lluvia de diseño se determinó escogiendo las condiciones más críticas de las estaciones, por ende, la duración e intensidad juegan un papel muy importante, a partir de este criterio se determina que la lluvia a usar se calcula en software con una duración de 4 y 11 horas de lluvia crítica.

Como se puede observar, Entonces la principal diferencia recae en la búsqueda de la condición más crítica (precipitación extrema e intensidad) y el área a evaluar, donde ambas explicaciones son válidas, especialmente la que se desarrolla en esta tesis al ser un área pequeña (0.15 km<sup>2</sup>). Así mismo se usa la estación con precipitación más crítica y no se usa factores que aumenten la carga de precipitación, dejando de lado el uso de hidrogramas y adecuándose a la precipitación de diseño e intensidad, para distintos periodos de retorno.

### **TERCERA DISCUSIÓN:**

El caudal de escorrentía es de 0.54m<sup>3</sup>/s, se encuentra como valor de coeficiente de escorrentía 0.50, este factor sirve para calcular la escorrentía o precipitación efectiva la cual es 13.08mm/h. luego se calcula la velocidad máxima permisible de erosión según Manning sale 1.16 m/s, esto al cambiar de unidades nos da 3.57 pies/s, lo cual al comparar con la tabla 38 y según la clasificación geológica de la zona, nos indica que la velocidad es mayor a la permisible (3.50 pies/s), por lo que se infiere que existe un lavado de partículas finas y consecuentemente erosión hídrica, la que genera la aparición de cárcavas . Al identificar que los suelos del Cerro Tumbay Orcco son propensos a erosión Hídrica, esto reflejado por la velocidad de escorrentía y la pendiente (mayor a 40%), y al tener una intensidad de 26.16 mm/h para 1 hora en un periodo de retorno de 100 años, se presentan los deslizamientos con factor de seguridad de 0.786, lo cual comprende el deslizamiento.

Al respecto, (Flores, 2016, pp. 153-155), indica que los suelos de río Purapel es un territorio con más de 60% de suelos con erosión hídrica, presentando pendientes mayores a 55%, así mismo indica que intensidades mayores a 10 mm/h dieron un factor de seguridad de 0.5 y 1. Esto indica la relación inversa de intensidad y duración con factor de seguridad. Lluvias de 200 mm inducen a deslizamientos superficiales, mientras que mayores a esta generan

deslizamiento más profundo. Así mismo (Ares,2014, p.96), indica que: En primer lugar, fue posible identificar diferencias en cuanto a los factores que están involucrados en la respuesta lluvia escurrimiento-concentración y producción de sedimentos en períodos de alta cobertura y de media a baja cobertura. Así, para el primero de los períodos mencionados, la intensidad máxima de las precipitaciones en 30 minutos fue la variable de la precipitación asociada al escurrimiento. Esto sería indicativo de preponderancia de flujo superficial Hortoniano como mecanismo de generación de escurrimiento en este caso.

Se concuerda con los cálculos y tesis planteadas, ya que se identificó que, mientras más tiempo dura la precipitación, es menos intensa, esto demuestra que mientras menos dura la precipitación más es su intensidad generando así en esos momentos la erosión hídrica, por lo cual se concuerda con los dos antecedentes presentados presentando como conclusión que la erosión hídrica se presenta en los tres casos expuestos.

#### **CUARTA DISCUSIÓN:**

El valor de infiltración para un periodo de retorno de 100 años con una intensidad de 26.16mm/h, se obtuvo luego de verificar el factor de escorrentía, así se obtiene un valor de 13.08mm/h y mediante la ecuación de Horton una capacidad de infiltración de 14.19mm. Para el evento 1 se tiene un tiempo de infiltración de 6.105 horas, esto se evidencia para un periodo de retorno de 1000 años, así mismo se calcula para los diferentes tiempos de retorno, La capacidad de infiltración desarrollado por el método de Horton, el cual arroja un valor de 14.19 mm/hr para el estrato de grava limosa y arcilla limosa.

Al respecto (Alamo,2014 págs. 63-64), considera que, para un suelo tipo B,  $N_b=60.3$ , el porcentaje de infiltración es de 50.3% con un tiempo base de 16.45 horas, una duración de infiltración de 11.08 horas y una capacidad de infiltración de 3.41mm/hr, también desarrollado mediante la fórmula de Horton. Así mismo (Orduz Gómez, 2012 p.90), señala La textura de los suelos influye para que ocurran deslizamientos, debido a su capacidad de almacenar o no lluvia acumulada y de responder rápidamente o no ante lluvias intensas de corta duración; los suelos con textura fina almacenan infiltración proveniente de lluvia con intensidades moderadas aumentando lentamente su cabeza de presión, mientras que los suelos de textura gruesa no almacenan tanta lluvia sino que responden rápidamente ante lluvias intensas, es decir aumentan rápidamente su cabeza de presión y así mismo disminuyen su resistencia

En esta parte se muestra concordancia por hacer uso del mismo método de la fórmula de Horton y encontrar valores significativos para el análisis de la zona, evidenciando que esta metodología es aplicable para diferentes realidades. Así también se verifica que los suelos con mayor capacidad de infiltración, son los que almacenan mayor cantidad de precipitación, como el caso de gravas, descritas en la investigación.

## **V. CONCLUSIONES**

1. Se pudo determinar que el flujo de filtraciones, influye altamente en la estabilidad física del deslizamiento, esto se comprueba con el factor de seguridad arrojado para 1 hora en 100 años (más crítico) nos indica un valor de 13.08 mm/h (0.31329 m/día) de capacidad de infiltración generando así un factor de seguridad de 0.789 y 0.889 para el evento 1 y 2 respectivamente, con lo cual nos indica que al no existir registros sísmicos altos en la zona, es el flujo de filtraciones el principal desencadenante del deslizamiento del Cerro Tumbay Orcco.
2. Para la construcción de curvas IDF se seleccionó la estación con registros mayores, en este caso estación Kayra. Para un periodo de retorno de 100 años y una precipitación de 1 hora se genera una precipitación de diseño de 26.16mm, de la cual se obtiene la intensidad máxima de 26.16 mm/h. El tiempo de concentración calculado mediante la fórmula de Kirpich, arrojo 2.98 minutos para el evento 1 y 3,23 minutos para el evento 2.
3. El caudal de escorrentía calculado mediante la fórmula del método racional, arroja un valor de  $0.54\text{m}^3/\text{s}$ . así mismo El principal fenómeno de geodinámica externa que afecta a las laderas inestables, es causado por la erosión regresiva hídrica o cárcavas, donde se genera una velocidad de escorrentía de 1.09m/s, obtenida mediante la fórmula de Manning, esta es superior a la máxima permitida, por lo que se genera lavado de partículas finas en la capa externa, especialmente en el pie de la ladera, que más adelante ayudan a generar el deslizamiento.
4. Para obtener el factor de infiltración, se siguió los parámetros y factores de la zona, así mismo el coeficiente de escorrentía obtenido del manual de Hidrología e Hidráulica y obras de Drenaje del MTC, se obtiene un valor de 13.08 mm/h. La tasa o capacidad de infiltración se calculó mediante la ecuación de Horton la cual arroja un valor de 14.19mm/h.



## **VI. RECOMENDACIONES**

- Realizar obras de estabilización, haciendo un análisis previo de los propuestos en esta investigación. Tomando en cuenta que el flujo de filtraciones afecta directamente a la estabilidad física del Cerro Tumbay Orcco.
- Se recomienda al estado implementar estaciones pluviograficos, esto con la intención de tener datos de precipitación más detallados y exactos Y Realizar un monitoreo constante ante precipitaciones con duración e intensidades máximas descritas en esta tesis.
- Se recomienda se revegetalice las zonas expuestas a erosión hídrica, para así aminorar la generación de cárcavas y futuros deslizamientos producidos por la esorrentía.
- Se recomienda implementar medidas de protección y obras de drenaje para captar la infiltración producida por la precipitación en la zona, así mismo zanjias de infiltración.
- Se recomienda continuar la mejora de la implementación del modelo hidrogeológico, para así incorporar la información y plasmar en el modelo numérico, así mismo contemplar las obras construidas para fines de drenaje y estabilidad (banquetas). Así mismo realizar estudios de sondeo eléctrico vertical.

## **VII. REFERENCIAS**

ARIAS, Fidias G. El proyecto de investigación: Introducción a la metodología científica. 6a ed. Caracas: Editorial Episteme, 2012. 144 pp. ISBN: 980-07-8529-9

BETÚN Chulca, Luis y QUISHPE Cushicondor, Gabriela. Análisis de alternativas para la estabilidad del talud con el programa Geo-slope en el sector el prado Cantón Piñas, provincia de el Oro. Trabajo de graduación (Ingeniero Civil). Ecuador, Quito: Universidad Central del Ecuador, 2016. Disponible en: <http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/8006>

CCALTA Tony, ARIAGA Liz, ALANOCA Elisban, CONDORI Thaia, [et al]. Informe del manejo del equipo de sondeo eléctrico vertical. Informe. Cusco: UNSAAC, 2017. 25 pp.

CHAHUA, Luis. Consideraciones sobre los acantilados de Miraflores ante la carga de las edificaciones. Tesis (licenciado en ingeniería civil). Lima: Universidad Nacional de Ingeniería, 2010. 291 pp.

CARLOTTO, Victor, CARDENAS Jose y CARLIER Gabriel. Geología del Cuadrángulo de Cusco 28-s-1:50000 INGEMMET, boletín, Lima: INGEMMET, 2011. 258p.  
serie A: 138, 258.

CARTA Geológica Nacional. Lima, Ingemmet. [en línea]  
[citado el: 15 de mayo de 2018.] Disponible en:  
[http://geocatminapp.ingemmet.gob.pe/complementos/Descargas/Mapas/publicaciones/serie\\_a/mapas/indice.htm](http://geocatminapp.ingemmet.gob.pe/complementos/Descargas/Mapas/publicaciones/serie_a/mapas/indice.htm).

DAS, Braja M. Fundamentos de ingeniería geotécnica. 4a ed. México: Cengage Learning, 2015. 656 pp.  
ISBN: 978-607-519-373-1

FLORES, Deivi. Análisis comparativo de la aplicación de los métodos indirectos que determinan la estabilidad de taludes en la presa Malcomayo. Tesis (Licenciado en Ingeniería Agrícola). Puno: Universidad Nacional del Altiplano, 2015. 123 pp.

FLORES Villanelo, Juan Pablo. Diseño de zanjas de infiltración para eventos extremos de precipitación. Aplicación a la región central de Chile. Tesis (Doctor en Hidráulica Ambiental). Córdoba: Universidad de Córdoba. 2015. 272 pp.

GIRALDO, Katherine, y Tejeda, Alejandro. Análisis de estabilidad de taludes bajo condiciones de infiltración por lluvia. Tesis (licenciado en ingeniería civil). Santiago de Cali. Pontificia universidad Javeriana de Cali, 2016. 108 pp.

GONZALES Álamo, Vania. Comportamiento de la Infiltración Bajo distintas condiciones del suelo en la cuenca del arroyo Loma Ancha. Tesis (Ingeniero Civil). México D.F: Instituto Politécnico Nacional, 2014. 90p.

INGENIERÍA Geológica por Gonzales Luis [et al]. Madrid: Pearson Education, 2002. 744 Pp.  
ISBN: 84-205-3104-9

Hydrological Engineering Center - Geospatial River Analysis System. United States: s.n., November, 2006. 4ta. ed. 251 pp.

HERNÁNDEZ Sampieri, Roberto; FERNÁNDEZ COLLADO, Carlos y BAPTISTA LUCIO, María del Pilar. Metodología de la investigación. 6a ed. México D.F: McGraw-Hill, 2014. 630 pp.  
ISBN: 978-1-4562-2396-0

INGEMMET. Geología, Geodinámica y estabilidad de taludes de la quebrada Chingo Grande Saylla-Cusco. 2008. pp. 6

INGEMMET. Geología del cuadrángulo de Cusco hoja 28-S, boletín N° 138 serie A [en línea] [citado el: 15 de mayo de 2018.] disponible en [http://geocatminapp.ingemmet.gob.pe/complementos/Descargas/Mapas/publicaciones/serie\\_a/mapas/28-s.htm](http://geocatminapp.ingemmet.gob.pe/complementos/Descargas/Mapas/publicaciones/serie_a/mapas/28-s.htm)

MENDOZA LOAYZA, Joel Arturo. Análisis de estabilidad de taludes de suelos de gran altura en la mina Antapaccay. Tesis (Ingeniero Civil). Lima, Perú: Pontificia Universidad Católica del Perú, 2016.

MINISTERIO de TRANSPORTES Y COMUNICACIONES. Manual de Hidrología, Hidráulica y drenaje. Lima, 2012. 250 pp. Disponible en: <http://spij.minjus.gob.pe/Graficos/Peru/2011/octubre/10/RD-202011-MTC-14.pdf>

MOGROVEJO Gutiérrez, Rubén. Modelación numérica con FEFLOW+FMH3 para el estudio definitivo de las galerías de drenaje: caso Derrumbe 5-complejo hidroeléctrico del Mantaro. Tesis (maestría en Ingeniería Hidráulica con mención en Hidráulica Computacional). Lima: Universidad Nacional Mayor de San Marcos. 2016. 293p

MORALES Alvarado, Diego. Procedimientos de investigación y comparación de los métodos de Bishop Modificado, Janbú y Fellenius para el cálculo de estabilidad de taludes. Trabajo de graduación (Ingeniero Civil). Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala, 2009. Disponible en: [http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08\\_3057\\_C.pdf](http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_3057_C.pdf)

OSPINO, Jairo. Metodología de la Investigación. Colombia: EDUCC, 2004. 233pp. ISBN: 9588205557

ORDUZ Gómez, John. Deslizamientos superficiales inducidos por infiltración. Tesis (Magister en Ingeniería Geotecnia). Bogotá: Universidad nacional de Colombia, 2012. 216 pp.

PÉREZ, Eduardo. Estabilidad de taludes [en línea]. Cataluña: Universidad Politécnica de Catalunya. [fecha de consulta: 17 de junio de 2018].

Disponible en: [https://portal.camins.upc.edu/materials\\_guia/250339/2015/Tema5--Taludes.pdf](https://portal.camins.upc.edu/materials_guia/250339/2015/Tema5--Taludes.pdf)

REGLAMENTO NACIONAL DE EDIFICACIONES (Perú). Norma E.030: Diseño Sismorresistente. Lima: RNE, 2016. 30 pp.

REGLAMENTO NACIONAL DE EDIFICACIONES Norma E-050 Suelos y Cimentaciones. Lima, Perú, s.n., 2010.

REGLAMENTO NACIONAL DE EDIFICACIONES (Perú). Norma CE.020: Estabilización de suelos y taludes. Lima: RNE, 2012. 18 pp.

ROJAS Marmolejo, Sheyla. Calculo de precipitaciones y caudales de diseño para sistemas de drenaje pluvial urbano en zonas de Huancavelica, Junín y Ayacucho. Tesis (para optar el título de Ingeniera Civil). Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú. 2017. 87p.

SACKSCHEWSKI Chapman, Carlos. Soluciones para la estabilidad de taludes de la carretera Canta –Huayllay entre las progresivas del km 102 al km 11. Tesis (ingeniero civil). Lima: Perú. 2017. 191 Pp.

SALAZAR ACUÑA, Christian Rubén. Metodología de optimización del diseño geotécnico para la estabilización de taludes de un proyecto en la Costa Verde. Tesis (Ingeniero Civil). Lima, Perú: Universidad Nacional de Ingeniería, 2015

SANHUEZA PLAZA, C. y RODRÍGUEZ CIFUENTES, L. Análisis comparativo de métodos de cálculo de estabilidad de taludes finitos aplicados a laderas naturales. Revista de la Construcción [en línea]. Abril - Sin mes 2013, vol. 12, n°1. [Fecha de consulta: 25 de Abril de 2018] Disponible en: <https://repositorio.uc.cl/handle/11534/11514>  
ISSN: 0717-792

SENAMHI. Servicio Nacional de Meteorología e Hidráulica del Perú. [En línea] [Citado el: 15 de Mayo de 2018.] Disponible en: <http://www.senamhi.gob.pe/>

SUAREZ, Jaime. Deslizamientos y estabilidad de taludes en zonas tropicales. Bucaramanga: Colombia,1998.541 pp.

SUÁREZ Díaz, Jaime. Control de erosión en zonas tropicales [En línea]. 1a ed. Bucaramanga, Colombia: División editorial y de publicaciones Universidad Industrial de Santander, 2001. [fecha de consulta: 20 de Mayo de 2018]. Disponible en: <http://www.erosion.com.co/control-de-erosion-en-zonastropicales.html>

ISBN: 958-33-2734-4.

TORO, Miguel. Evaluación de filtraciones en presas. modelación numérica de flujo en medios porosos saturados y no saturados. tesis (ingeniería civil). Santiago: Chile 2009. 96 pp.

UNIVERSIDAD AGRARIA LA MOLINA, Facultad de Ingeniería Agrícola-Hidrología aplicada. Lima. 2004, 11 pp.

VILLÓN Béjar, Máximo. Hidrología. 2a ed. Lima, Perú: Editorial Villón, 2002. 474 pp.

ISBN 9977-66-159-6.

VALIENTE Sanz, Ricardo; SOBRECASES Martí, Salvador y DÍAZ Orrego, Aníbal. Estabilidad de taludes: conceptos básicos, parámetros de diseño y métodos de cálculo. Revista Civilízate [en línea]. Sin mes 2015, n°7. [Fecha de consulta: 25 de setiembre de 2018]. Disponible en: <http://revistas.pucp.edu.pe/index.php/civilizate/article/view/16157/16579>  
ISSN: 2411-944X.



## **VIII. ANEXOS**

## 8.1. Matriz de consistencia

### MATRIZ DE CONSISTENCIA

**TITULO:** ANÁLISIS DEL FLUJO DE FILTRACIONES PARA LA ESTABILIDAD FÍSICA DEL DESLIZAMIENTO- CERRO TUMBAY ORCCO- LUCRE-CUSCO

**AUTOR:**DENNIS JUAN ALAGON MENDOZA

PROBLEMAS	OBJETIVOS	HIPOTESIS	VARIABLES E INDICADORES		METODOLOGIA	
<b>Problema General</b>	<b>Objetivo General</b>	<b>Hipótesis General</b>	<b>Variable 1:Flujo de filtraciones</b>		<b>DISEÑO DE INVESTIGACIÓN</b> <b>Método: Científico</b> Se utilizará el método científico; ya que se menciona un problema de interés, el cual se pone a prueba con la hipótesis formulada. <b>Tipo: Aplicada</b> Es de tipo aplicada, porque se utiliza los conceptos y conocimientos básicos aprendidos para aplicarlos de forma práctica a un problema y dar posibles soluciones con la finalidad de beneficiar a la sociedad. Nivel: Descriptivo (Hernández, 2014, Pg.92), el estudio descriptivo tiene por fin "especificar las propiedades, las características y los perfiles de personas, grupos, comunidades, procesos, objetos o cualquier otro fenómeno que se someta a un análisis". Diseño: No experimental de división transversal Se basa en un diseño no experimental porque no habrá manipulación en los valores de las variables y es un diseño transversal, ya que tenemos uno o más recopilaciones de datos del presente para indagar una solución en el futuro. <b>METODO DE INVESTIGACIÓN</b> POBLACIÓN: En el trabajo de tesis desarrollado la población está conformada por todos los movimientos en masa afectados por la geodinámica externa del distrito de lucre MUESTRA: En la tesis presente la muestra viene hacer el deslizamiento del cerro tumbay orcco específicamente el evento 1 y 2 del distrito de lucré-cusco.. TECNICA: el trabajo de investigación utilizará una técnica de observación directa a los hechos más relevantes. INSTRUMENTO: Se utilizará como instrumento fichas de recolección de datos propuesto por el investigador.	
¿De qué manera el flujo de filtraciones influye en la estabilidad física del deslizamiento-cerro Tumbay orcco-lucre-cusco?	Analizar el flujo de filtraciones para la estabilidad física del deslizamiento-cerro Tumbay orcco-lucre-cusco.	El flujo de filtraciones influye negativamente en la estabilidad física del deslizamiento del cerro Tumbay Orcco - Lucre - Cusco.	<b>Dimensiones</b>	<b>Indicadores</b>		
			precipitación pluvial	Precipitacion de diseño		
				Intensidad		
Escorrentía	Analisis consistencia	coeficiente	area	Caudal		
		Infiltración	tipo de suelo	conductividad hidraulica		pendiente
			<b>Variable 2: Estabilidad física de Deslizamiento</b>			
<b>Dimensiones</b>	<b>Indicadores</b>					
¿La infiltración incide en la estabilidad física del deslizamiento-cerro-tumbay orcco-lucre-cusco?	Evaluar la incidencia de la infiltración en la estabilidad física del deslizamiento.	A mayor infiltración se minimiza la estabilidad física del deslizamiento	Parámetro geométrico	Altura		
				Inclinacion		
				Pendiente		
¿Qué efecto tiene la escorrentía en la estabilidad física del deslizamiento-cerro-tumbay orcco-lucre-cusco?	Evaluar la influencia de la escorrentía en la estabilidad física del deslizamiento.	Con el incremento de la escorrentía disminuye la estabilidad física del deslizamiento	Parametro Geomecanico	Angulo de friccion		
				Peso especifico		
				Cohesion		
¿Qué efecto tiene la escorrentía en la estabilidad física del deslizamiento-cerro-tumbay orcco-lucre-cusco?	Evaluar la influencia de la escorrentía en la estabilidad física del deslizamiento.	Con el incremento de la escorrentía disminuye la estabilidad física del deslizamiento	Parámetro geológico	Características del movimiento en masa del deslizamiento		
				Estatigrafía		
				geodinamica		

Fuente: Elaboracion Propia, 2018

## 8.2. Ficha de validación por juicio de expertos

UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO		FICHA TÉCNICA	N° 1	FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL				
PROYECTO	"ANÁLISIS DEL FLUJO DE FILTRACIONES PARA LA ESTABILIDAD FÍSICA DEL DESLIZAMIENTO- CERRO TUMBAY ORCCO- LUCRE-CUSCO"			ASPECTO DE VALIDACIÓN				
NOMBRE	DENNIS JUAN ALAGON MENDOZA							
I. INFORMACION GENERAL								
UBICACIÓN	DEPARTAMENTO	CUSCO						
	DISTRITO	LUCRE						
	PROVINCIA	QUISPICANCHI						
	LOCALIDAD	URBANIZACION SANTA ROSA						
	CLIMA	FRIO, CON PRECIPITACIONES						
	ALTITUD	3000 msnm						
II. ESTUDIO DEL PROYECTO:								
VARIABLE INDEPENDIENTE								
FACTOR DE SEGURIDAD	PARAMETRO GEOMETRICO			TOPOGRAFIA				
				SECCION TRANSVERSAL (CIVIL 3D)				
	ALTURA (m)							
		0-50	50-100	100-150	150-200	1	1	
	INCLINACION (Pendiente topografica)							
	PORCENTAJE							
		0-10	11-50	50-100	Mayor A 100	1	1	
	GRADOS							
		0-5.7°	5.8°-26.6°	26.7°-45°	Mayor a 45°	1	1	
	TIPO DE TERRENO							
	LLANO	ONDULADO	ACCIDENTADO	MUY ACCIDENTADO O ESCARPADO	1	1		
III. IDENTIFICACION DEL PROFESIONAL								
DATOS DEL PROFESIONAL:	PADILLA PICHENSANTOS		TRUJILLO BARRIOS ALONSO					
CARRERA PROFESIONAL:	ING. CIVIL		ING. MECANICA DE FLUIDOS					
INSTITUCION DONDE SE DESEMPEÑA	UCV-LN		UC-LN					
CARGO:	DTC		DTP-LN.					
CP	51630							
TELEFONO	941724761		996571202					
CORREO	spadilla@ucv.edu.pe		alonso.trujillo@ucv.edu.pe					
					PROMEDIO DE VALORACION			

.....  
 SANTOS RICARDO PADILLA PICHEN  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP 51630

*Alonso Trujillo Barríos*

UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO		FICHA TECNICA	Nº2	FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL			
PROYECTO	"ANÁLISIS DEL FLUJO DE FILTRACIONES PARA LA ESTABILIDAD FÍSICA DEL DESLIZAMIENTO- CERRO TUMBAY ORCCO- LUCRE-CUSCO"			ASPECTO DE VALIDACION			
NOMBRE	DENNIS JUAN ALAGON MENDOZA						
I. INFORMACION GENERAL							
UBICACIÓN	DEPARTAMENTO	CUSCO					
	DISTRITO	LUCRE					
	PROVINCIA	QUISPICANDI					
	LOCALIDAD	URBANIZACION SANTA ROSA					
	CLIMA	FRIO, CON PRECIPITACIONES					
	ALTITUD	3000 msnm					
II. ESTUDIO DEL PROYECTO:							
VARIABLE DEPENDIENTE							
FACTOR DE SEGURIDAD	PARAMETRO GEODINAMICO				1	2	3
	CARACTERISTICAS DE MOVIMIENTO EN MASA				1	1	
	DESPLAZAMIENTO	CARCAVA	FLUJO DE DETRITOS	DERRUMBE	1	1	
	TIPO DE DESLIZAMIENTO				1	1	
	ROTACIONAL		TRASLACIONAL				
	TIPO DE MATERIAL (ESTATIGRAFIA)				1	1	
	ROCA	SUELO RESIDUAL (mayor a 2 mm)	TERRA (menor a 2 mm)	COMPLEJO	1	1	
	HUMEDAD IN-SITU				1	1	
	SECO	HUMEDO	MOJADO	MUY MOJADO	1	1	
	METODO DE ANALISIS				1	1	
	EQUILIBRIO LIMITE						
	BISHOP SIMPLIFICADO	SPENCER	Morgenstern e Price		1	1	
PERMEABILIDAD				1	1		
TABLAS (REGISTROS DE LA ZONA)			BIBLIOGRAFIA NACIONAL				
III. IDENTIFICACION DEL PROFESIONAL							
DATOS DEL PROFESIONAL:	Padilla Pedro Santos	TRUJILLO BORJEN ALB					
CARRERA PROFESIONAL:	ING. CIVIL	ING. MECANICA DE TUBOS					
INSTITUCION DONDE SE DESSEMPEÑA	UCV. LN	UCV - LN					
CARGO:	DTC.	OTP					
OTR	51630						
TELEFONO	941724761	996571202					
CORREO	spadilla@ucv.edu.pe	alxttrujillo@hotmail.com					
PROMEDIO DE VALORACION							

SANTOS RICARDO PADILLA PICHEN  
INGENIERO CIVIL  
CIP 51630

*[Handwritten signature]*

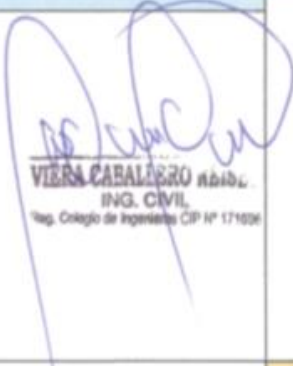
UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO		FICHA TECNICA	N° 3	FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL		
PROYECTO	"ANÁLISIS DEL FLUJO DE FILTRACIONES PARA LA ESTABILIDAD FÍSICA DEL DESLIZAMIENTO- CERRO TUMBAY ORCCO- LUCRE-CUSCO"					ASPECTO DE VALIDACION
NOMBRE	DENNIS JUAN ALAGON MENDOZA					
I. INFORMACION GENERAL						
UBICACIÓN	DEPARTAMENTO	CUSCO				
	DISTRITO	LUCRE				
	PROVINCIA	QUISPICANCHI				
	LOCALIDAD	URBANIZACION SANTA ROSA				
	CLIMA	FRIO, CON PRECIPITACIONES				
	ALTITUD	3000 msnm				
II. ESTUDIO DEL PROYECTO:						
VARIABLE INDEPENDIENTE						
FLUJO DE FILTRACIONES	MODELO HIDROGEOLOGICO	SECCION TRANSVERSAL	modelo digital del terreno	(levantamiento topografico-civil 3D)	1	1
		COMPORTAMIENTO DEL FLUJO	calculo de infiltracion y conductividad hidraulica	precipitacion maxima	1	1
III. IDENTIFICACION DEL PROFESIONAL						
DATOS DEL PROFESIONAL:	Padilla Pichen Santos R.	Alexandro Garza ACS				
CARRERA PROFESIONAL:	Ing. Civil	ING. MECANICO DE TUBOS				
INSTITUCION DONDE SE DESEMPEÑA	UCU- Lima norte	UCU- LIMA NORTE				
CARGO:	DTC	DTP				
CIP	51630					
TELEFONO	941724761	996571202				
CORREO	spadilla@ucu.edu.pe	alextrujillo@hoteles.com				
					PROMEDIO DE VALORACION	

SANTOS RICARDO PADILLA PICHÉN  
INGENIERO CIVIL  
CIP 51630

*ed mello*

Activar Windows




UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO		FICHA TECNICA		N°2	FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL
PROYECTO	"ANÁLISIS DEL FLUJO DE FILTRACIONES PARA LA ESTABILIDAD FÍSICA DEL DESLIZAMIENTO- CERRO TUMBAY ORCCO- LUCRE-CUSCO"				ASPECTO DE VALIDACION
NOMBRE	DENNIS JUAN ALAGON MENDOZA				
I. INFORMACION GENERAL					
UBICACIÓN	DEPARTAMENTO	CUSCO			
	DISTRITO	LUCRE			
	PROVINCIA	QUISPICANCHI			
	LOCALIDAD	URBANIZACION SANTA ROSA			
	CLIMA	FRIO, CON PRECIPITACIONES			
	ALTITUD	3000 msnm			
II. ESTUDIO DEL PROYECTO:					
VARIBLE DEPENDIENTE					
FACTOR DE SEGURIDAD	PARAMETRO GEOLOGICO				0,08
	CARACTERISTICAS DE MOVIMIENTO EN MASA				
	DESPLAZAMIENTO	CARCAVA	FLUJO DE DETRITOS	DERRUMBE	0,07
	TIPO DE DESLIZAMIENTO				
	ROTACIONAL		TRASLACIONAL		0,08
	TIPO DE MATERIAL (ESTATIGRAFIA)				
	ROCA	SUELO RESIDUAL (mayor a 2 mm)	TIERRA (menor a 2 mm)	COMPLEJO	0,08
	HUMEDAD IN-SITU				
	SECO	HUMEDO	MOJADO	MUY MOJADO	0,08
	METODO DE ANALISIS				
	EQUILIBRIO LIMITE				
	BISHOP SIMPLIFICADO	SPENCER	Morgenstern e Price		0,08
PERMEABILIDAD					
TABLAS (REGISTROS DE LA ZONA)		BIBLIOGRAFIA NACIONAL			
III. IDENTIFICACION DEL PROFESIONAL					
DATOS DEL PROFESIONAL:	Viera Caballero Neise				 <b>VIERA CABALLERO NEISE</b> ING. CIVIL <small>Reg. Colegio de Ingenieros CIP N° 171036</small>
CARRERA PROFESIONAL:	Ingenieria Civil				
INSTITUCION DONDE SE DESEMPEÑA	Municipalidad de puente piedra				
CARGO:	Formulador de Expediente tecnico				
CIP	17 16 96				
TELEFONO					
CORREO					
PROMEDIO DE VALORACION					100

 UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO		FICHA TECNICA	N° 3	FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL	
PROYECTO	"ANÁLISIS DEL FLUJO DE FILTRACIONES PARA LA ESTABILIDAD FÍSICA DEL DESLIZAMIENTO- CERRO TUMBAY ORCCO- LUCRE-CUSCO"			ASPECTO DE VALIDACION	
NOMBRE	DENNIS JUAN ALAGON MENDOZA				
I. INFORMACION GENERAL					
UBICACIÓN	DEPARTAMENTO	CUSCO			0,20
	DISTRITO	LUCRE			
	PROVINCIA	QUISPICANCHI			
	LOCALIDAD	URBANIZACION SANTA ROSA			
	CLIMA	FRIO, CON PRECIPITACIONES			
	ALTITUD	3000 msnm			
II. ESTUDIO DEL PROYECTO:					
VARIABLE INDEPENDIENTE					
FLUJO DE FILTRACIONES	MODELO HIDROGEOLOGICO	SECCION TRANSVERSAL	modelo digital del terreno (levantamiento topografico-civil 3D)	0,40	
		COMPORTAMIENTO DEL FLUJO	calculo de infiltracion y conductividad hidraulica	precipitacion maxima 0,40	
III. IDENTIFICACION DEL PROFESIONAL					
DATOS DEL PROFESIONAL:	Viera Caballero Neise			 <b>VIERA CABALLERO NEISE</b> ING. CIVIL <small>Reg. Colegio de Ingenieros CIP N° 12101</small>	
CARRERA PROFESIONAL:	Ingenieria Civil				
INSTITUCION DONDE SE DESEMPEÑA	Municipalidad de puente piedra				
CARGO:	Formulador de Expediente tecnico				
CIP	171696				
TELEFONO					
CORREO					
PROMEDIO DE VALORACION				1.00	

 UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO		FICHA TECNICA	N° 3	FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL		
PROYECTO	"ANÁLISIS DEL FLUJO DE FILTRACIONES PARA LA ESTABILIDAD FÍSICA DEL DESLIZAMIENTO- CERRO TUMBAY ORCCO- LUCRE-CUSCO"				ASPECTO DE VALIDACION	
NOMBRE	DENNIS JUAN ALAGON MENDOZA					
I. INFORMACION GENERAL						
UBICACIÓN	DEPARTAMENTO	CUSCO				0,15
	DISTRITO	LUCRE				
	PROVINCIA	QUISPICANCHI				
	LOCALIDAD	URBANIZACION SANTA ROSA				
	CLIMA	FRIO, CON PRECIPITACIONES				
	ALTITUD	3000 msnm				
II. ESTUDIO DEL PROYECTO:						
VARIABLE INDEPENDIENTE						
FLUJO DE FILTRACIONES	MODELO HIDROGEOLOGICO	SECCION TRANSVERSAL	modelo digital del terreno	(levantamiento topografico-civil 3D)	0,40	
		COMPORTAMIENTO DEL FLUJO	calculo de infiltracion y conductividad hidraulica	precipitacion maxima	0,40	
III. IDENTIFICACION DEL PROFESIONAL						
DATOS DEL PROFESIONAL:	De la Cruz Salazar Elsa				 ELISA JANETTE DE LA CRUZ SALAZAR INGENIERA CIVIL Reg. CIP N° 173818	
CARRERA PROFESIONAL:	Ingenieria Civil					
INSTITUCION DONDE SE DESEMPEÑA	Municipalidad de Puente Piedra					
CARGO:	Formuladora de expedientes tecnicos					
CIP	173818					
TELEFONO						
CORREO						
PROMEDIO DE VALORACION					0,95	

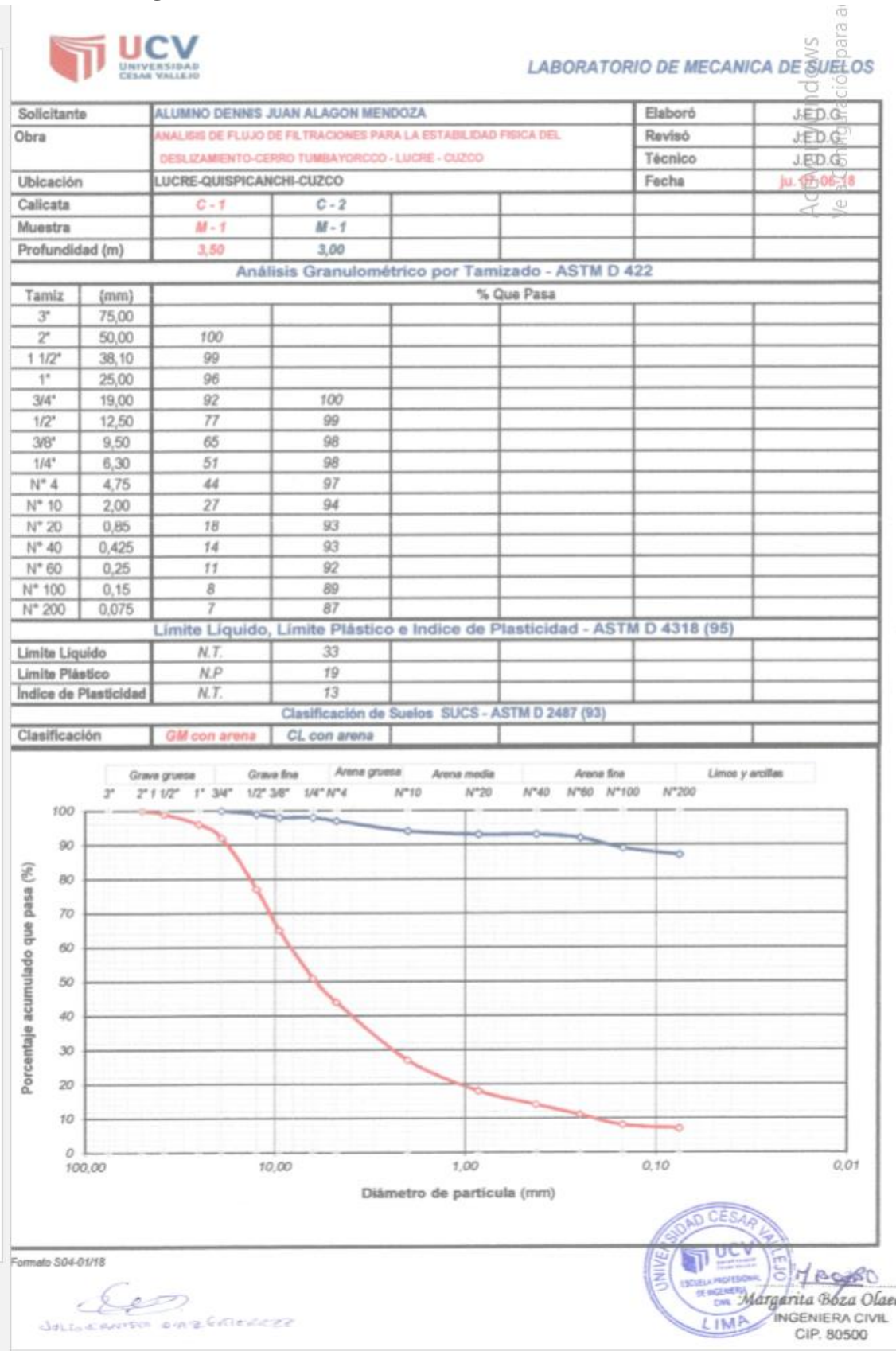


UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO		FICHA TÉCNICA		N° 1		FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL	
PROYECTO	"ANÁLISIS DEL FLUJO DE FILTRACIONES PARA LA ESTABILIDAD FÍSICA DEL DESLIZAMIENTO- CERRO TUMBAY ORCCO- LUCRE-CUSCO"					ASPECTO DE VALIDACION	
NOMBRE	DENNIS JUAN ALAGON MENDOZA						
I. INFORMACION GENERAL							
UBICACIÓN	DEPARTAMENTO				CUSCO		0,10
	DISTRITO				LUCRE		
	PROVINCIA				QUISPICANCHI		
	LOCALIDAD				URBANIZACION SANTA ROSA		
	CLIMA				FRIO, CON PRECIPITACIONES		
	ALTITUD				3000 msnm		
II. ESTUDIO DEL PROYECTO:							
VARIBLE DEPENDIENTE							
FACTOR DE SEGURIDAD	PARAMETRO GEOMETRICO				TOPOGRAFIA		0,09
					SECCION TRANSVERSAL (CIVIL 3D)		
	ALTURA (m)						
	0-50	50-100	100-150	150-200			0,08
	INCLINACION (Pendiente topografica)						
	PORCENTAJE						
	0-10	11-50	50-100	Mayor A 100			0,08
	GRADOS						
	0-5.7°	5.8°-26.6°	26.7°-45°	Mayor a 45°			0,09
	TIPO DE TERRENO						
LLANO	ONDULADO	ACCIDENTADO	MUY ACCIDENTADO O ESCARPADO			0,09	
III. IDENTIFICACION DEL PROFESIONAL							
DATOS DEL PROFESIONAL:	Viera Caballero Neise					 <b>VIERA CABALLERO NEISE</b> ING. CIVIL Reg. Colegio de Ingenieros Civiles	
CARRERA PROFESIONAL:	Ingenieria Civil						
INSTITUCION DONDE SE DESEMPEÑA	Municipalidad de Puente piedra						
CARGO:	Formulador de Expediente tecnico						
CIP	17 1696						
TELEFONO							
CORREO							
PROMEDIO DE VALORACION						0,53	

Activar Window

### 8.3. Resultados de estudio de suelos

#### 8.3.1. Análisis granulométrico



Solicitante: Alumno Dennis Juan Alagon Mendoza  
 Proyecto: Análisis de Flujo de Filtraciones en el Deslizamiento del  
 Cerro Tumbayoroco - Lucre - Cuzco  
 Ubicación: Cuzco  
 Fecha: Lima 07 de junio de 2018

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO ASTM D 422				
Tamiz	Abertura (mm)	Peso Retenido (gr)	Porcentaje Retenido (%)	Porcentaje Que Pesa (%)
3"	75,000			
2"	50,000			
1-1/2"	37,500			
1"	25,000			100,00
3/4"	19,000	44	0,49	99,51
1/2"	12,500	93	1,04	98,47
3/8"	9,500	49	0,55	97,92
1/4"	6,300	111	1,24	96,67
Nº 4	4,750	278	3,11	93,56
Nº 10	2,000	0,82	0,47	93,09
Nº 20	0,840	0,77	0,44	92,66
Nº 40	0,425	0,79	0,45	92,21
Nº 60	0,250	0,98	0,56	91,65
Nº 140	0,108	4,86	2,78	88,00
Nº 200	0,075	3,84	2,18	86,72
Fondo	-	0,07		
Peso suelo Seco Total (gr)			8927	
Peso suelo seco < 3/4" (gr)			164,96	
Calicata C - 1; Profundidad: 3,50 m.				

  
 Julia Constanza Díaz Guzmán


  
 Margarita Boza Olaechea  
 INGENIERA CIVIL  
 CIP: 80500

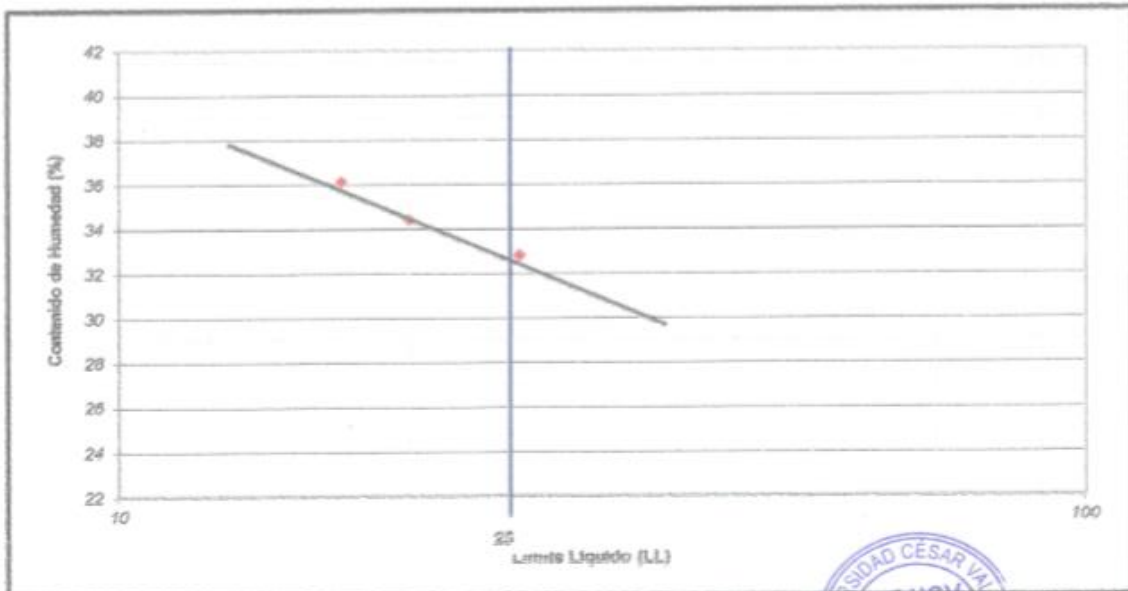
### 8.3.2. Resultados de limite liquido e índice de plasticidad



Activar Window:  
Vela Configuración pi

Solicitante	ALUMNO DENNIS JUAN ALAGON MENDOZA		
Proyecto	ANALISIS DE FLUJO DE FILTRACIONES PARA LA ESTABILIDAD FISICA DEL DESPLAZAMIENTO-CERRO TUMBAYORCCO - LUCRE - CUZCO		
Ubicación	CUZCO		
Calicata	C - 1	Elaboró	J.E.D.G
Muestra	M - 1	Revisó	J.E.D.G
		Realizado	J.E.D.G
Profundidad	3,50 m.	Fecha	Ju 07-08-18

Limite Liquido (LL) , Limite Plástico (LP) e índice de Plasticidad (IP) - ASTM D 4318 (95)				
<b>Limite Liquido (LL) - Método A</b>				
Peso del suelo húmedo + Tara	32,32	31,48	30,49	
Peso del suelo seco + Tara	29,64	28,80	28,00	
Peso de tara	21,48	21,00	21,10	
Peso de agua	2,58	2,68	2,49	
Peso del suelo Seco	8,18	7,80	6,90	
Contenido de Humedad	32,8	34,4	36,1	
Número de golpes	28	20	17	
<b>Limite Plástico (LP)</b>				
Peso del suelo húmedo + Tara	30,65	29,88		
Peso del suelo seco + Tara	29,23	28,43		
Peso de tara	20,97	20,92		
Peso de agua	1,82	1,45		
Peso del suelo seco	8,28	7,51		
Contenido de humedad	19,81	19,31		
Limite Liquido (LL)	32,60	Limite Plástico (LP)	19,48	Indice de Plasticidad (IP)
				SUCS
				CL
<b>Observaciones</b>				



Formato 05/18

*JULIO CESAR DIAZ GARCIA*



*Margarita Boza Olaec*  
INGENIERA CIVIL  
CIP. 80500

### 8.3.3. Densidad de suelo In-situ



LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS

Solicitante: Alumno Dennis Juan Alagon Mendoza  
Proyecto: ANALISIS DE FLUJO DE FILTRACIONES PARA LA ESTABILIDAD FISICA DEL  
DESPLAZAMIENTO-CERRO TUMBAYORCCO - LUCRE - CUZCO  
Cerro Tumbayorcco - Lucre - Cuzco  
Ubicación: Cuzco  
Fecha: Lima 07 de junio de 2018

DENSIDAD DEL SUELO IN-SITU		C - 1	C - 2
		3,50	3,00
1	Peso de Suelo humedo + recipiente (gr)	2381	2803
2	Peso de recipiente (gr)	247	245
3	Peso Suelo humedo (gr) (1-2)	2134	2558
4	Volumen molde (cm <sup>3</sup> )	1207	1207
5	Densidad humeda del suelo (4/5) (gr/cm <sup>3</sup> )	1,768	2,119
6	Contenido de humedad (%)	8,82	1,79
7	Densidad Seca (gr/cm <sup>3</sup> )	1,625	2,082

  
Julián Carlos Díaz Gutiérrez



  
Margarita Boza Olaechea  
INGENIERA CIVIL  
CIP. 80500



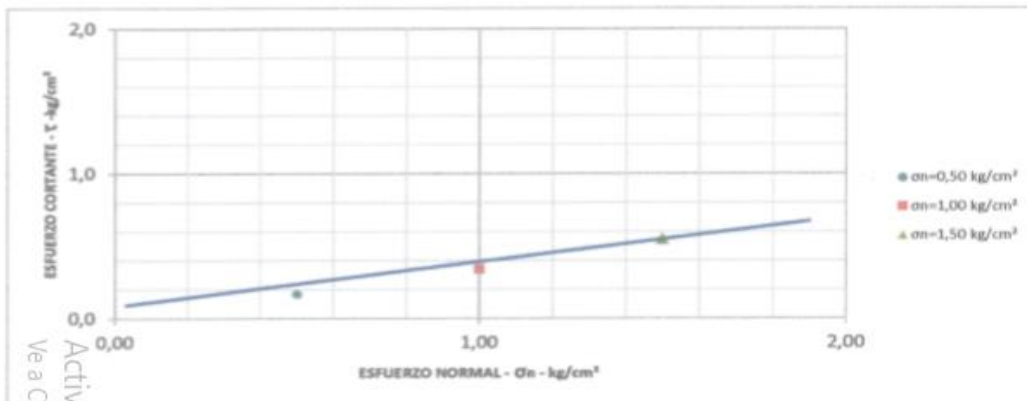
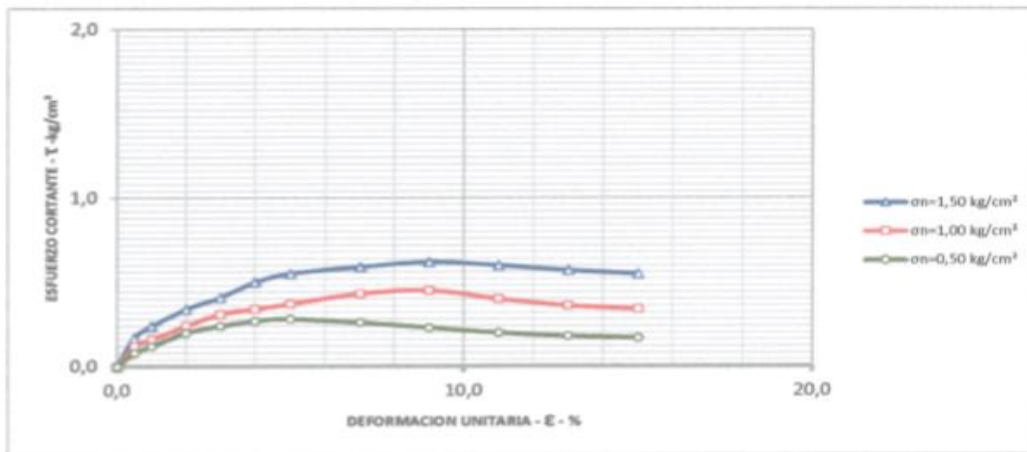
## 8.4. Resultados de estudio de suelos



Solicitante	ALUMNO DENNIS JUAN ALAGON MENDOZA	Elaboró	J.E.D.G.
Proyecto	ANALISIS DE FLUJO DE FILTRACIONES PARA LA ESTABILIDAD FISICA DEL DESPLAZAMIENTO-CERRO TUMBAYORCCO - LUCRE - CUZCO	Revisó	J.E.D.G.
		Técnico	J.E.D.G.
Ubicación	LUCRE-QUISICANCHI-CUZCO	Fecha	ma. 05-06-18

### ENSAYO DE CORTE DIRECTO ASTM D - 3080

Angulo de Friccion Interna del Suelo	17,57 (°)
Cohesion Aparente del Suelo	0,150 (kg/cm <sup>2</sup> )
Densidad Seca	1,59 (g/cm <sup>3</sup> )
Humedad Natural	8,85 (%)



Formato 26-018

Active Windows  
Ve a Configuración para activar

*[Handwritten signature]*  
Dennis Juan Alagon Mendoza

*[Handwritten signature]*  
Margarita Boza Olaechea  
INGENIERA CIVIL  
CIP. 80500  
UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL  
LIMA

Solicitante	ALUMNO DENNIS JUAN ALAGON MENDOZA	Elaboró	J.E.D.G.
Proyecto	ANALISIS DE FLUJO DE FILTRACIONES EN EL DESLIZAMIENTO DEL CERRO TUMBAYORCCO - LUCRE - CUZCO	Revisó	J.E.D.G.
		Técnico	J.E.D.G.
Ubicación	LUCRE-QUISICANCHI-CUZCO	Fecha	ma. 05-06-18
Calicata	C - 1		
Muestra	M - 1		
Profundidad (m)	3,50		

ENSAYO DE CORTE DIRECTO ASTM D - 3080				
Especimen :		A	B	C
Lado :	(cm)	6,30	6,30	6,30
Altura :	(cm)	2,20	2,20	2,20
Densidad Seca :	(g/cm <sup>3</sup> )	1,59	1,59	1,59
Humedad Inicial :	(%)	8,85	8,85	8,85
Humedad Saturado :	(%)	15,39	16,07	15,64
Esfuerzo Normal :	(kg/cm <sup>2</sup> )	0,50	1,00	1,50

Deformación Unitaria (ε-%)	Esfuerzo Cortante (kg/cm <sup>2</sup> )		
0,0	0,00	0,00	0,00
0,5	0,08	0,12	0,17
1,0	0,12	0,16	0,24
2,0	0,20	0,24	0,34
3,0	0,24	0,31	0,41
4,0	0,27	0,34	0,50
5,0	0,28	0,37	0,55
7,0	0,26	0,43	0,59
9,0	0,23	0,45	0,82
11,0	0,20	0,40	0,60
13,0	0,18	0,36	0,57
15,0	0,17	0,34	0,55

Angulo de Friccion Interna del Suelo      17,57      (°)  
 Cohesion Aparente del Suelo                0,150      (kg/cm<sup>2</sup>)



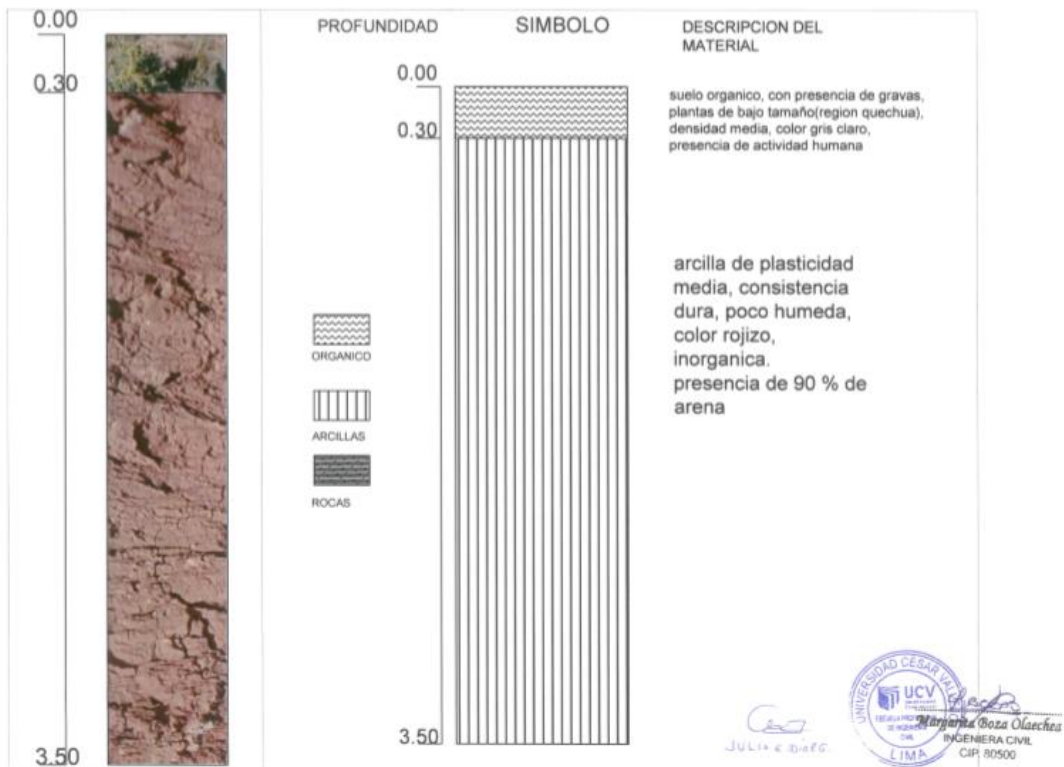
JULIA BENITEZ DIAZ GUTIERREZ



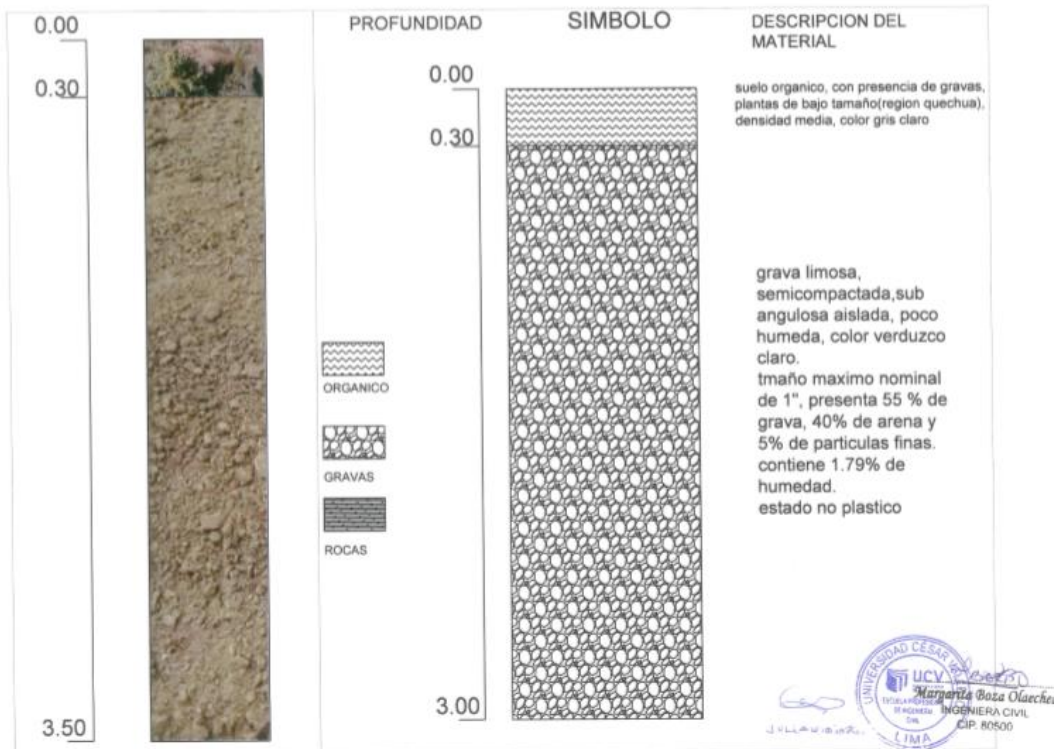
Margarita Boza Olaechea  
 INGENIERA CIVIL  
 CIP. 80500

## 8.5. Estratigrafía

### Calicata N° 1






### Calicata N°2



Activar 1



8.6. Ficha de recolección de Datos

 UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO		FICHA TÉCNICA: RECOLECCION DE DATOS		N° 1		FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL	
PROYECTO NOMBRE		"ANÁLISIS DEL FLUJO DE FILTRACIONES PARA LA ESTABILIDAD FÍSICA DEL DESLIZAMIENTO- CERRO TUMBAY ORCCO- LUCRE-CUSCO" DENNIS JUAN ALAGON MENDOZA					
I. INFORMACION GENERAL							
UBICACIÓN	DEPARTAMENTO	CUSCO					
	DISTRITO	LUCRE					
	PROVINCIA	QUISPICANCHI					
	LOCALIDAD	URBANIZACION SANTA ROSA					
	CLIMA	FRIO, CON PRECIPITACIONES					
	ALTITUD	3000 msnm					
II. ESTUDIO DEL PROYECTO- VARIABLE DEPENDIENTE							
FACTOR DE SEGURIDAD	PARAMETRO GEOMETRICO					TOPOGRAFIA SECCION TRANSVERSAL (CIVIL 3D)	
	ALTURA (m)						
	0-50	50-100	100-150	<input checked="" type="checkbox"/> 150-200			
	INCLINACION ( Pendiente topografica)						
	PORCENTAJE						
	0-10	11-50	<input checked="" type="checkbox"/> 50-100				Mayor A 100
	GRADOS						
	0-5.7°	5.8°-26.6°	26.7°-45°	<input checked="" type="checkbox"/> Mayor a 45°			
	TIPO DE TERRENO						
	LLANO	ONDULADO	ACCIDENTADO	<input checked="" type="checkbox"/> MUY ACCIDENTADO O ESCARPADO			
III. IMAGEN DE LA ZONA DE ESTUDIO							
							
imagen N°1. TOPOGRAFIA DE LA ZONA				imagen N°2 . PENDIENTE DE LA ZONA			



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FICHA TÉCNICA:  
RECOLECCION DE DATOS

N°2

FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

PROYECTO	"ANÁLISIS DEL FLUJO DE FILTRACIONES PARA LA ESTABILIDAD FÍSICA DEL DESLIZAMIENTO- CERRO TUMBAY ORCCO- LUCRE-CUSCO"
NOMBRE	

## I. INFORMACION GENERAL

UBICACIÓN	DEPARTAMENTO	CUSCO
	DISTRITO	LUCRE
	PROVINCIA	QUISPICANCHI
	LOCALIDAD	URBANIZACION SANTA ROSA
	CLIMA	FRIO, CON PRECIPITACIONES
	ALTITUD	3000 msnm

## II. ESTUDIO DEL PROYECTO:

## VARIABLE DEPENDIENTE

FACTOR DE SEGURIDAD	PARAMETRO GEOLOGICO			
	CARACTERISTICAS DE MOVIMIENTO EN MASA			
	DESLIZAMIENTO	<input checked="" type="checkbox"/> CARCAVA	<input checked="" type="checkbox"/> FLUJO DE DETRITOS	<input type="checkbox"/> DERRUMBE
	TIPO DE DESLIZAMIENTO			
	ROTACIONAL		<input checked="" type="checkbox"/>	TRASLACIONAL <input checked="" type="checkbox"/>
	TIPO DE MATERIAL (ESTATIGRAFIA)			
	ROCA	SUELO RESIDUAL (mayor)	<input checked="" type="checkbox"/> TIERRA (menor a 2 mm)	<input checked="" type="checkbox"/> COMPLEJO
	HUMEDAD IN-SITU			
	SECO	HUMEDO	<input checked="" type="checkbox"/> MOJADO	<input type="checkbox"/> MUY MOJADO
	METODO DE ANALISIS			
	EQUILIBRIO LIMITE			
	<input checked="" type="checkbox"/> BISHOP SIMPLIFICADO	<input type="checkbox"/> SPENCER	<input checked="" type="checkbox"/>	Morgenstern e Price <input checked="" type="checkbox"/>
	PERMEABIUDAD			
TABLAS (REGISTROS DE LA ZONA)		<input checked="" type="checkbox"/>	BIBLIOGRAFIA NACIONAL <input checked="" type="checkbox"/>	


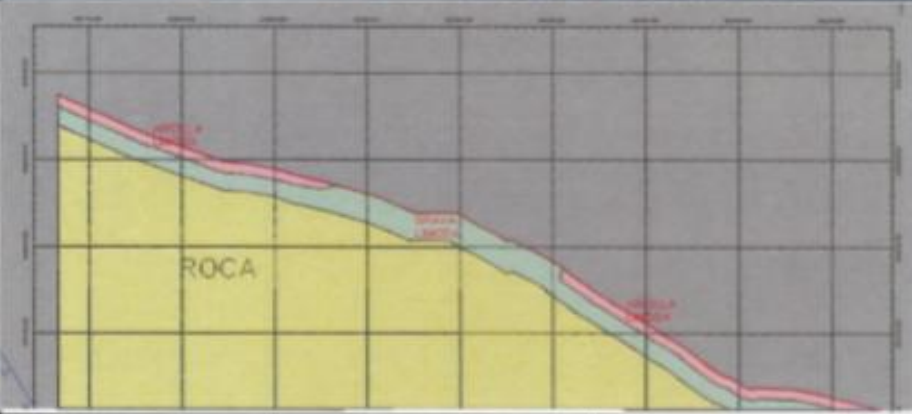


Imagen N°1. HUMEDAD DE LA ZONA



Imagen N°2. ANALISIS GRANULOMETRICO

OBSERVACION

 <b>UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO</b>		<b>FICHA TECNICA:</b> <b>RECOLECCION DE DATOS</b>		<b>N° 3</b>		<b>FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL</b>	
<b>PROYECTO</b> <b>NOMBRE</b>		<b>"ANÁLISIS DEL FLUJO DE FILTRACIONES PARA LA ESTABILIDAD FÍSICA DEL DESLIZAMIENTO- CERRO TUMBAY ORCCO- LUCRE-CUSCO"</b>					
		<b>DENNIS JUAN ALAGON MENDOZA</b>					
<b>I. INFORMACION GENERAL</b>							
<b>UBICACIÓN</b>		<b>DEPARTAMENTO</b>		<b>CUSCO</b>			
		<b>DISTRITO</b>		<b>LUCRE</b>			
		<b>PROVINCIA</b>		<b>QUISPICANCHI</b>			
		<b>LOCALIDAD</b>		<b>URBANIZACION SANTA ROSA</b>			
		<b>CLIMA</b>		<b>FRIO, CON PRECIPITACIONES</b>			
		<b>ALTITUD</b>		<b>3000 msnm</b>			
<b>II. ESTUDIO DEL PROYECTO:</b>							
<b>VARIBLE INDEPENDIENTE</b>							
<b>FLUJO DE FILTRACIONES</b>		<b>MODELO HIDROGEOLOGICO</b>		<b>SECCION TRANSVERSAL</b>		<b>modelo digital del terreno</b> <b>(levantamiento topografico-civil 3D)</b>	
				<b>COMPORTAMIENTO DEL FLUJO</b>		<b>calculo de infiltracion y conductividad hidraulica</b> <b>precipitacion maxima</b>	
<b>III. IDENTIFICACION DEL PROFESIONAL</b>							
<b>DESCRIPCION</b>  ESTE MODELO HIDROGEOLOGICO AYUDA A ENTENDER DE MEJOR MANERA EL MECANISMO Y DINAMICA DE PREDICION DE FLUJO DE FILTRACIONES Y EL COLAPSO DEL DESLIZAMIENTO						<b>RECOMENDACIÓN</b>  PARA ESTE ANALISIS SE RECOMIENDA TOMAR UN ENSAYO DE TOMOGRAFIA ELECTRICA O UN SONDEO VERTICAL, PARA ASI ARROJAR MEJORES RESULTADOS EN CUANTO A LAS CPAS A MAS DE 30 m DE PROFUNDIDAD	

AC



## 8.7. Datos de precipitación

### MAP GRANJA KAYRA

PRECIPITACION TOTAL MENSUAL EN (mm)

Año	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
1970	170.6	92.6	132.5	86.1	2.3	1.0	3.7	3.4	42.1	46.1	48.2	177.4
1971	128.9	161.6	83.6	40.0	1.5	0.1	0.0	5.7	3.5	55.7	51.0	127.5
1972	192.1	66.8	57.2	29.7	3.4	0.0	6.5	27.3	12.2	7.9	50.2	100.2
1973	221.3	120.9	99.6	75.2	14.0	0.0	9.1	11.8	14.5	65.1	88.8	96.5
1974	102.5	157.7	121.5	34.5	3.6	8.2	1.0	34.6	5.9	43.3	60.9	108.0
1975	124.7	131.0	55.3	66.8	22.5	0.7	0.3	0.6	51.1	47.5	51.0	170.1
1976	119.6	83.1	123.1	42.9	13.0	8.7	0.7	2.5	26.8	25.3	47.8	66.8
1977	116.7	122.8	69.3	47.6	7.9	0.0	4.4	0.0	29.9	65.0	71.5	78.0
1978	175.4	106.1	88.5	48.7	11.4	0.0	3.4	0.0	13.7	12.3	86.7	117.9
1979	101.1	131.6	108.8	46.8	6.2	0.0	0.9	8.1	11.5	18.4	85.6	81.8
1980	106.2	126.4	135.0	23.2	3.7	0.0	5.3	1.0	12.6	62.9	60.2	83.1
1981	225.4	80.8	124.4	56.9	1.8	3.9	0.0	9.8	45.9	108.9	120.8	144.3
1982	178.9	115.5	143.1	58.8	0.0	9.2	3.4	4.9	14.0	37.9	122.5	98.6
1983	128.4	84.0	54.5	29.8	3.4	6.2	0.5	0.9	5.5	26.0	44.3	100.2
1984	198.6	142.4	71.0	82.8	0.0	2.0	1.3	11.4	4.2	114.6	69.4	102.8
1985	129.1	119.4	74.2	33.2	15.6	11.6	0.9	0.0	43.3	62.1	116.5	122.4
1986	76.4	92.2	125.7	65.5	6.2	0.0	1.8	4.2	7.5	17.3	69.6	102.7
1987	224.3	87.9	48.6	13.1	2.1	1.3	9.2	0.0	8.2	26.5	101.8	107.6
1988	163.8	84.3	166.5	108.9	4.6	0.0	0.0	0.0	9.9	36.2	47.6	103.7
1989	151.4	126.8	119.3	38.6	6.4	9.1	0.0	6.1	30.7	48.7	60.7	88.5
1990	157.6	90.4	60.2	47.4	7.5	31.8	0.0	5.8	13.3	73.7	86.9	66.5
1991	97.6	163.6	105.2	45.1	11.0	5.1	1.5	0.0	21.4	49.3	83.6	99.0
1992	114.1	102.4	104.0	14.9	0.0	19.4	0.0	21.4	8.0	50.7	117.4	57.0
1993	206.7	110.5	75.8	18.8	0.9	0.0	2.7	6.9	18.0	46.2	111.9	201.5
1994	177.0	163.9	173.9	45.5	11.8	0.0	0.0	0.0	25.7	40.2	40.5	119.9
1995	122.0	94.8	95.3	17.8	0.0	0.0	0.6	1.2	28.8	26.7	70.2	102.6
1996	131.9	98.0	70.5	32.3	11.0	0.0	0.0	6.3	19.6	58.4	49.0	133.2
1997	123.3	127.7	104.8	31.0	4.8	0.0	0.0	7.1	12.3	44.4	201.5	148.4
1998	116.3	156.2	22.6	31.0	1.6	1.9	0.0	1.6	4.3	49.8	49.7	58.9
1999	89.3	92.2	92.0	42.8	1.3	3.4	1.0	0.0	43.1	18.8	39.7	119.5
2000	197.4	137.3	119.5	10.9	2.6	5.8	2.7	4.5	10.7	49.3	29.3	82.0
2001	233.0	173.1	137.4	36.4	11.5	0.0	17.4	10.2	20.6	38.3	96.8	89.4
2002	134.5	184.6	112.7	21.6	16.2	2.5	27.1	3.7	10.3	78.7	97.8	132.4
2003	163.9	135.5	142.9	56.5	2.0	6.4	0.0	21.3	3.7	34.6	23.1	123.8
2004	173.7	125.8	66.5	21.0	2.4	20.5	17.0	9.0	21.7	25.6	60.9	87.9
2005	140.8	130.6	120.2	33.1	3.2	0.4	1.2	4.0	4.5	39.1	59.3	102.5
2006	203.4	155.5	145.9	40.9	0.2	4.9	0.0	10.5	7.5	72.5	67.8	147.2
2007	140.8	58.7	107.3	93.6	5.8	0.0	4.0	0.0	1.0			88.4
2008	108.8	109.2	64.4	7.6	8.7	2.1	0.0	3.9	13.9	51.7	90.2	131.9
2009	112.5	108.3	79.1	21.3	5.3	0.0	3.3	0.7	15.1	8.3	88.7	82.9
2010	268.5	168.5	129.2	16.6	1.3	0.0	1.4	4.7	8.2	70.0	40.0	172.7
2011	103.4	179.3	131.9	67.6	3.9	3.2	3.7	0.0	38.9	38.2	60.2	110.2
2012	70.5	167.7	41.7	48.1	4.5	1.2	0.0	0.1	18.4	19.5	138.2	179.5
2013	180.5	137.2	75.5	13.0	25.3	6.1	2.0	12.4	6.3	105.0	86.0	159.4
2014	161.9	116.5	36.5	35.0	10.1	0.0	3.2	5.8	12.6		29.6	152.1
2015	169.8	146.5	66.7	69.8	18.6	3.9	10.3	4.6	16.1	19.1	48.6	113.0
2016	104.0	153.1	54.3	24.4	3.0	0.0	4.5	0.5	7.0	79.5	28.0	89.8
2017	111.2		122.8	47.5	11.2	5.9	0.0	8.4	19.0	33.7	61.4	101.7

Activar Windo  
Ve a Configuración



PRECIPITACION MAXIMA EN 24 HORAS EN (mm)													
Año	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	anual
1970	44.8	17.9	17.9	13.6	0.8	0.9	1.7	1.3	19.3	10.7	10.7	32.0	171.6
1971	27.3	23.3	14.7	10.0	0.8	0.1	0.0	1.9	3.0	13.2	9.0	36.1	139.4
1972	36.6	29.0	10.5	7.0	2.0	0.0	4.6	7.1	6.7	2.2	8.2	19.2	133.1
1973	28.4	24.2	18.6	24.0	4.5	0.0	5.9	7.2	3.2	12.8	15.5	15.2	159.5
1974	12.6	17.6	20.2	11.2	3.4	5.3	1.0	9.4	4.6	22.8	12.3	22.0	142.4
1975	24.6	15.4	18.1	15.9	6.0	0.4	0.3	0.4	25.0	13.0	14.4	16.9	150.4
1976	13.4	15.8	20.0	12.7	5.9	5.2	0.5	1.0	7.6	16.2	12.8	18.8	129.9
1977	33.9	20.3	22.0	16.0	7.1	0.0	2.2	0.0	10.7	19.1	16.5	18.3	166.1
1978	27.2	16.4	21.1	20.2	7.1	0.0	3.4	0.0	6.0	7.4	21.4	19.3	149.5
1979	20.0	39.0	12.8	15.1	3.9	0.0	0.9	4.3	10.5	8.2	17.1	12.7	144.5
1980	23.9	38.2	27.1	10.4	3.7	0.0	5.1	0.4	4.8	11.0	9.6	19.5	153.7
1981	28.6	10.4	15.8	22.4	1.8	3.9	0.0	4.0	7.6	40.2	25.2	19.1	179.0
1982	27.4	16.0	29.6	17.1	0.0	5.0	3.4	1.4	3.2	13.4	21.4	18.0	155.9
1983	17.4	21.4	13.1	7.5	2.8	2.6	0.5	0.5	4.4	8.2	10.5	20.7	109.6
1984	36.5	19.4	14.3	25.9	0.0	0.9	1.0	7.0	2.1	18.6	9.6	31.4	166.7
1985	18.1	31.2	24.6	5.0	6.2	4.8	0.9	0.0	13.0	13.1	13.6	20.1	150.6
1986	12.5	26.2	14.5	20.8	2.8	0.0	1.8	2.6	3.4	8.0	18.0	27.5	138.1
1987	42.1	11.2	19.9	4.4	1.0	0.8	4.6	0.0	4.1	4.9	18.0	20.4	131.4
1988	28.4	14.3	35.2	23.8	1.8	0.0	0.0	0.0	7.7	20.2	18.4	25.2	175.0
1989	21.2	41.9	15.5	16.3	3.6	6.1	0.0	3.8	16.0	11.3	14.0	24.1	173.8
1990	26.5	20.3	11.3	8.9	3.6	9.3	0.0	3.6	5.3	14.0	14.5	19.5	136.8
1991	25.5	37.6	37.1	14.2	4.8	2.7	1.5	0.0	12.8	13.4	17.5	25.2	192.3
1992	13.9	18.8	21.2	6.8	0.0	19.1	0.0	14.0	5.2	16.2	22.6	15.4	153.2
1993	48.5	17.4	24.2	2.9	0.9	0.0	1.5	5.3	6.9	14.6	15.6	44.1	181.9
1994	39.6	30.0	20.4	12.3	8.6	0.0	0.0	0.0	10.5	17.4	7.1	28.3	174.2
1995	23.2	18.5	14.3	6.8	0.0	0.0	0.4	1.2	19.8	8.3	34.6	20.7	147.8
1996	24.6	17.3	31.3	7.4	6.0	0.0	0.0	3.0	8.3	11.6	10.5	23.8	143.8
1997	20.1	18.2	24.9	9.5	4.1	0.0	0.0	3.5	5.1	12.9	47.0	30.0	175.3
1998	35.9	23.1	4.9	11.7	1.0	1.9	0.0	1.5	3.3	11.1	18.9	14.1	127.4
1999	12.7	14.9	17.0	13.6	1.3	3.2	1.0	0.0	10.9	7.2	19.3	16.4	117.5
2000	25.5	24.9	22.6	5.7	0.8	4.5	1.5	2.4	4.9	9.5	17.3	11.4	131.0
2001	15.6	31.0	21.4	10.6	4.3	0.0	9.9	3.6	5.4	15.9	23.1	11.6	152.4
2002	21.2	25.1	13.5	8.1	5.7	1.0	6.9	2.4	2.6	15.2	26.7	23.5	151.9
2003	24.6	24.0	18.0	39.1	1.0	6.4	0.0	10.8	1.7	10.2	7.0	23.4	166.2
2004	24.5	30.8	12.6	6.4	1.4	12.6	8.0	4.9	7.3	14.7	11.0	25.2	159.4
2005	23.0	13.2	27.8	23.2	2.0	0.4	1.2	2.2	2.1	13.6	11.7	17.2	137.6
2006	37.3	51.6	26.4	30.2	0.2	4.0	0.0	5.4	4.1	15.0	12.6	15.3	202.1
2007	26.7	13.7	19.7	32.9	3.4	0.0	3.0	0.0	1.0	13.0	20.7	16.9	151.0
2008	25.6	27.9	11.2	5.6	2.8	1.0	0.0	2.0	8.3	11.2	24.5	16.4	136.5
2009	27.8	17.8	23.6	5.9	2.5	0.0	1.8	0.4	7.6	2.2	24.1	11.9	125.6
2010	41.2	25.7	25.7	5.1	1.3	0.0	1.4	2.6	3.0	18.6	10.9	35.9	171.4
2011	22.6	22.0	25.0	15.6	1.7	3.2	3.0	0.0	9.6	18.9	29.8	14.6	166.0
2012	14.8	47.0	8.1	28.4	3.4	1.2	0.0	0.1	10.3	9.2	30.7	24.3	177.5
2013	20.5	21.1	18.7	4.5	14.6	3.0	1.0	6.2	2.7	17.9	13.7	27.2	151.1
2014	31.1	21.9	8.8	16.9	4.4	0.0	1.4	3.0	7.0	27.7	15.8	35.6	173.6
2015	38.3	23.6	9.7	12.5	8.0	2.3	5.5	3.0	6.2	6.3	16.5	23.1	155.0
2016	19.1	24.2	9.0	5.4	3.0	0.0	4.5	0.5	2.9	22.7	12.8	14.5	118.6
2017	24.6	20.1	24.9	9.8	5.9	5.8	0.0	7.0	12.7	7.1	14.8	12.9	145.6
media	26.2	23.6	19.1	13.7	3.4	2.5	1.9	2.9	7.3	13.5	17.2	21.6	153.0
max	48.5	51.6	37.1	39.1	14.6	19.1	9.9	14.0	25.0	40.2	47.0	44.1	202.1
min	12.5	10.4	4.9	2.9	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	2.2	7.0	11.4	109.6

ESTACION: CAICAY													LATITUD : 13° 35' 59.9"	DPTO: CUSCO	#DIV/0!
													LONGITUD: 71° 41' 45.0"	PROV: PAUCARTAMBO	
													ALTITUD : 3 148 m.s.n.m.	DIST: CAYCAY	
PRECIPITACION MAXIMA EN 24 HORAS EN (mm)															
Año	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	anual		
1970	10.5	6.5	6.5	6.3	4.8	0.0	0.0	0.0	3.5	10.0	8.0	12.9	69.0		
1971	15.9	24.6	6.2	7.5	0.0	0.0	0.0	0.0	1.8	0.0	2.2	6.9	65.1		
1972	6.6	6.0	6.3	3.3	0.0	0.0	0.0	8.4	0.0	0.0	6.8	12.6	50.0		
1973	9.6	16.5	18.4	46.5	8.4	2.6	3.6	8.8	5.0	5.6	6.3	17.5	148.8		
1974	16.8	28.4	16.3	8.2	2.6	0.0	0.0	5.0	0.0	4.0	5.6	10.0	96.9		
1975	14.0	15.6	20.3	6.4	6.4	2.8	0.0	3.8	19.5	6.5	5.3	20.4	121.0		
1976	16.4	13.8	15.8	16.0	6.4	4.3	0.0	0.0	3.7	2.0	4.8	6.5	89.7		
1977	4.7	24.0	8.4	11.7	0.0	0.0	2.4	0.0	20.8	3.4	8.9	8.0	92.3		
1978	22.1	10.6	10.6	9.6	2.2	0.0	0.0	0.0	3.0	0.0	10.0	12.0	80.1		
1979	25.0	33.2	11.9	5.4	2.3	0.0	0.0	0.0	2.0	2.8	8.5	14.9	106.0		
1980	8.9	16.6	10.5	4.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.6	4.6	8.0	56.7		
1981	16.6	22.0	23.5	7.4	0.0	0.0	0.0	4.5	4.2	5.2	20.0	7.5	110.9		
1982	21.8	5.2	6.7	3.4	0.0	2.2	0.0	0.0	2.0	6.3	23.8	6.8	78.2		
1983	14.7	5.6	3.2	3.6	3.3	3.0	1.4	0.0	4.4	2.3	6.8	4.8	53.1		
1984	8.9	9.0	9.7	4.6	0.0	2.8	0.0	3.5	0.0	2.5	9.0	10.2	60.2		
1985	12.5	16.7	4.8	3.4	3.3	3.4	0.0	0.0	2.2	2.6	10.7	27.2	86.8		
1986	12.3	6.5	24.8	8.9	2.6	0.0	0.0	0.0		3.6	2.8	4.6	66.1		
1987	23.2	6.5	12.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.2	18.5	8.4	71.8		
1988	17.5	21.6	10.0	4.2	3.2	0.0	0.0	0.0	0.0	3.0	3.6	16.8	79.9		
1989	18.7	7.5	14.3	5.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	8.5	6.8	8.6	69.4		
1990	10.3	10.3	4.2	4.6	3.4	8.4	2.2	2.2	0.0	6.3	10.9	14.8	77.6		
1991	10.8	18.5	6.3	4.5	3.6	4.5	0.0	0.0	0.0	4.7	19.7	28.1	100.7		
1992	14.2	12.5	11.5	10.2	0.0	5.8	0.0	5.2	2.3	5.9	16.2	9.6	93.4		
1993	18.9	13.5		12.8	0.0	0.0	0.0	2.2	0.0	2.2	16.5	24.6	90.7		
1994	11.8	18.6	18.9	8.5	0.0	0.0	0.0	0.0	12.0	13.5	8.4	8.6	100.3		
1995	12.6	6.8	14.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	6.2	6.2	12.2	58.6		
1996	12.0	6.5	14.7	13.1	6.2	0.0	0.0	6.2	0.0	18.5	7.5	22.0	106.7		
1997	14.5	23.0	12.6	4.5	3.0	0.0	0.0	3.5	4.0	4.8	12.5	8.5	90.9		
1998	8.0	19.0	12.8	3.6	0.0	2.2	0.0	4.5	0.0	3.5	9.0	18.3	80.9		
1999	16.6	21.6	21.4	19.6	0.8	0.0	2.5	0.0	5.2	6.4	6.7	21.3	122.1		
2000	28.5	14.8	15.6	1.6	1.8	5.5	9.0	1.7	3.4	7.9	9.9	16.7	116.4		
2001	21.5	18.4	14.4	6.9	5.9	0.0	8.6	8.6	11.5	15.7	10.5	18.7	140.7		
2002	8.7	25.7	11.5	10.3	4.2	0.0	11.4	0.0	10.4	14.7	13.5	21.2	131.6		
2003	18.3	18.6	43.7	16.7	2.5	4.2	0.0	9.8	5.7	4.6	5.7	18.3	148.1		
2004	18.5	20.2	12.2	11.6	1.6	18.5	0.0	4.0	4.6	5.0	12.3	19.3	127.8		
2005	17.5	9.1	17.0	16.7	2.7	0.0	1.1	3.2	4.8	7.1	14.3	14.6	108.0		
2006	49.1	29.3	17.0	16.3	0.0	4.5	4.3	7.0	5.7	11.3	14.9	15.5	174.9		
2007	23.4	50.1	22.1	10.0	2.7	0.0	5.4	1.1	0.0	11.7	19.3	13.4	159.2		
2008	19.2	19.3	15.6	5.8	5.7	6.7	0.0	6.9	3.5	18.7	30.2	21.7	153.3		
2009	27.4	13.5	27.0	12.9	5.7	0.0	1.3	2.0	6.7	4.5	13.5	10.7	125.2		
2010	35.4	11.4	11.7	0.7	6.8	0.0	1.4	4.1	8.7	15.4	6.7	15.6	117.9		
2011	40.3	32.5	25.7	20.0	0.3	2.3	4.4	0.0	9.7	20.3	17.4	26.2	199.1		
2012	19.4	20.7	6.2	1.8	1.9	0.8	1.3	1.7	3.4	3.2	16.8	13.5	90.7		
2013	25.4	16.5	22.2	7.3	2.6	2.7	2.8	2.7	3.0	39.5	15.5	28.7	168.9		
2014	26.3	23.3	11.5	13.9	2.9	0.0	1.7	0.3	7.4	26.5	5.7	15.0	134.5		
2015	22.8	18.9	12.1	18.9	4.3	0.0	5.7	6.3	2.8	8.8	7.5	27.5	135.6		
2016	12.3	17.7	16.8	5.6	6.8	0.7	8.1	1.2	8.6	16.4	8.0	8.6	110.8		
2017	6.8	14.4	23.0	17.3	8.9	4.9	0.0	5.7	7.5	6.3	27.4	16.5	138.7		
media	17.6	17.1	14.5	9.2	2.7	1.9	1.6	2.6	4.3	8.0	11.2	14.9	105.3		
max	49.1	50.1	43.7	46.5	8.9	18.5	11.4	9.8	20.8	39.5	30.2	28.7	199.1		
min	4.7	5.2	3.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.2	4.6	50.0		

ESTACION: CCATCCA		LATITUD: 13° 36' 35" DPTO.: CUSCO											
		LONGITUD: 71° 33' 3						PROV: QUISPICANCHIS					
		ALTITUD: 3 726 m.s.n.m. DIST. CCATCCA											
PRECIPITACION MAXIMA EN 24 HORAS EN (mm)													
Año	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	anual
1970	23.0	16.5	13.0	16.0	5.5	4.0	1.0	0.0	13.0	10.0	14.0	21.5	137.5
1971	14.5	18.0	11.5	24.0	0.5	2.5	0.0	0.0	2.0	10.3	22.3	9.0	114.6
1972	19.3	9.0	12.0	9.0	7.3	0.0	8.8	8.4	4.2	3.2	8.2	28.8	118.2
1973	28.8	27.0	19.0	16.0	5.8	3.8	3.8	4.8	5.2	15.2	12.0	16.4	157.8
1974	20.0	27.8	16.2	12.0	1.4	5.8	0.0	13.4	9.8	14.4	5.4	23.0	149.2
1975	20.4	38.6	21.4	9.2	6.6	2.4	1.0	5.2	29.0	3.8	13.8	15.8	167.2
1976	12.4	22.8	25.0	13.0	8.0	3.0	6.8	0.0	8.8	0.0	7.8	10.2	117.8
1977	24.4	31.8	16.6	24.2	4.8	0.0	3.8	0.0	14.8	11.4	19.2	10.2	161.2
1978	15.0	13.8	16.0	15.0	6.0	0.0	0.0	0.0	4.8	5.0	13.2	20.2	109.0
1979	17.4	33.0	32.0	8.2	2.0	0.0	0.0	6.0	5.8	10.2	24.8	22.8	162.2
1980	22.4	33.0	11.4	20.0	0.0	0.0	0.0	2.2	7.8	16.2	18.4	15.4	146.8
1981	31.0	26.6	34.0	21.0	4.8	0.0	0.0	5.2	1.4	25.0	35.8	17.0	201.8
1982	20.0	18.0	41.0	10.2	0.0	1.0	2.8	3.4	12.0	17.4	13.0	19.0	157.8
1983	14.6	26.0	7.8	4.0	5.6	0.0	1.5	1.4	3.2	13.4	21.4	18.0	116.9
1986	15.2	19.2	16.0	9.9	2.5	0.0	4.0	1.2	5.4	13.4	10.3	15.8	112.9
1987	38.0	19.0	14.8	8.5	5.8	3.0	13.0	0.0	0.0	12.0	15.4	11.5	141.0
1988	11.7	15.2	25.2	17.9	5.8	0.0	0.0	0.0	7.8	13.1	9.8	16.6	123.1
1989	43.2	17.9	19.4	21.0	8.5	6.7	0.0	3.6	10.4	11.0	11.6	14.5	167.8
1990	13.6	13.2	9.4	9.3	1.3	11.8	0.0	3.7	1.3	8.4	12.7	21.3	106.0
1991	11.6	27.2	18.9	10.2	2.2	13.4	0.0	0.0	9.0	7.9	20.5	20.3	141.2
1992	33.6	12.6	10.0	7.5	3.7	20.3	0.0	13.0	0.0	14.2	20.2	11.0	146.1
1993	26.5	17.6	19.5	6.3	2.3	2.1	0.0	28.1	3.8	7.0	17.9	29.5	160.6
1994	16.0	42.1	16.4	6.7	8.2	0.0	0.0	1.3	7.2	13.6	12.0	27.3	150.8
1995	19.9	16.9	27.5	25.8	8.6	0.0	0.0	0.0	5.8	4.4	19.3	14.4	142.6
1996	20.2	17.7	9.7	9.4	1.2	0.0	0.0	10.7	6.4	13.8	11.0	20.9	121.0
1997	16.8	23.7	25.0	6.1	5.1	0.0	0.0	4.0	4.2	14.8	15.8	12.5	128.0
1998	20.2	34.0	10.6	6.2	0.0	6.0	0.0	0.0	0.0	7.1	17.0	23.5	124.6
1999	15.6	14.8	18.3	9.2	0.0	0.0	1.7	0.0	7.9	6.2	7.7	14.1	95.5
2000	26.6	15.0	32.8	10.4	2.0	1.8	5.3	5.3	15.5	11.1	11.0	15.3	152.1
2001	24.5	27.2	28.5	31.7	8.2	0.0	7.4	8.9	4.8	31.8	15.3	18.9	207.2
2002	13.6	20.0	21.0	11.4	6.7	7.0	5.0	4.2	6.6	33.7	20.7	25.0	174.9
2003	17.3	26.0	34.0	9.5	4.5	9.2	2.5	8.8	2.3	4.5	5.3	18.8	142.7
2004	40.2	16.9	26.7	15.0	8.4	8.4	3.2	7.5	4.4	5.6	9.8	22.5	168.6
2005	18.4	15.6	28.4	13.5	2.8	0.0	1.5	5.6	5.5	7.7	11.5	20.0	130.5
2006	68.3	14.0	22.0	14.8	0.4	2.1	0.0	8.8	3.5	17.0	16.5	18.1	185.5
2007	19.1	13.8	12.6	9.7	5.2	0.0	3.0	1.9	2.5	14.7	8.3	11.8	102.6
2008	24.1	34.1	10.4	4.4	5.0	6.2	0.0	7.0	5.3	14.2	19.4	33.5	163.6
2009	29.2	22.2	20.0	9.1	1.2	0.0	5.1	4.0	16.7	4.5	19.2	23.4	154.6
2010	28.3	16.0	23.3	3.9	0.0	1.7	4.8	4.7	3.6	13.5	7.7	24.9	132.4
2011	27.7	36.8	18.5	12.0	5.0	2.5	5.6	1.2	9.8	10.6	8.7	32.8	171.2
2012	18.2	26.0	10.0	5.5	10.2	4.1	2.3	3.0	7.2	9.6	19.6	31.6	147.3
2013	28.5	25.8	23.1	11.0	3.1	0.9	9.6	13.9	4.8	19.2	15.4	30.0	185.3
2014	29.5	25.0	11.0	13.5	11.5	3.4	0.0	2.4	4.5	14.5	20.0	27.0	162.3
2015	26.0	27.0	22.0	20.0	4.1	0.0	7.5	6.3	4.3	12.2	9.0	30.5	168.9
2016	22.0	27.8	13.3	7.6	12.7	3.5	13.3	1.5	7.0	14.0	8.3	7.5	138.5
2017	20.5	23.6	31.0	16.5	7.5	8.4	0.0	2.4	5.0	5.4	15.3	17.3	152.9
media	23.2	22.7	19.7	12.5	4.6	3.2	2.7	4.6	6.6	11.9	14.6	19.8	146.1
max	68.3	42.1	41.0	31.7	12.7	20.3	13.3	28.1	29.0	33.7	35.8	33.5	207.2
min	11.6	9.0	7.8	3.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	5.3	7.5	95.5

CO PISAQ															
	ESTACION: PISAC				LATITUD 13° 24' 57" DPTO CUSCO										
	LONGITUD 71° 51' 59" PROV CALCA														
	ALTITUD 2 950 m.s.n.m. DIST. PISAC														
PRECIPITACION MAXIMA EN 24 HORAS EN (mm)															
Año	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	anual		
1970	40.5	32.2	40.2	26.3	4.2	4.2	4.1	6.2	16.2	24.4	12.1	40.0	250.6		
1971	22.4	33.4	25.1	21.1	4.1	2.4	2.1	7.0	0.0	21.2	6.0	7.5	152.3		
1972	23.4	15.3	21.5	9.1	3.1	0.0	3.1	3.2	10.2	4.2	6.3	24.1	123.5		
1973	27.2	24.7	35.4	18.3	6.3	4.2	7.4	4.1	4.0	7.2	14.0	20.4	173.2		
1974	15.6	25.2	14.4	11.4	2.1	6.1	1.0	7.1	4.1	4.0	4.2	12.4	107.6		
1975	12.3	12.4	13.1	8.2	9.3	2.1	0.0	0.0	7.3	5.7	7.9	11.1	89.4		
1976	15.2	12.4	18.7	10.3	21.6	3.2	2.1	2.0	7.3	4.1	7.2	9.2	113.3		
1977	24.0	16.4	11.0	6.4	0.0	0.0	4.0	4.1	6.3	5.2	24.1	7.0	108.5		
1978	20.4	16.2	16.2	12.2	7.3	0.0	0.0	0.0	7.3	2.1	10.4	10.2	102.3		
1979	20.0	19.1	21.2	8.1	4.0	5.0	4.0	2.0	6.3	10.2	9.3	21.6	130.8		
1980	12.3	21.3	26.6	20.4	2.0	0.0	0.0	5.1	10.3	10.2	4.0	17.1	129.3		
1981	15.4	24.5	22.4	11.3	4.2	4.2	4.1	3.0	9.3	12.3	14.3	18.3	143.3		
1982	24.6	14.2	26.4	17.5	10.0	4.0	1.0	4.0	6.3	8.3	12.0	9.2	137.5		
1983	3.1	8.2	22.3	8.2	0.0	2.0	4.6	3.0	5.0	6.2	11.0	9.2	82.8		
1984	11.4	25.0	14.0	11.5	1.5	0.5	2.3	7.2	3.1	7.4	9.4	8.2	101.5		
1985	15.1	26.4	17.5	13.0	4.2	0.0	0.0	4.1	10.3	16.3	25.0	6.2	138.1		
1986	7.4	12.2	12.7	11.6	4.2	0.0	2.1	2.1	2.0	2.1	4.2	4.3	64.9		
1987	25.7	10.2	14.0	4.1	0.0	6.2	6.0	0.0	0.0	4.0	6.7	9.2	86.1		
1988	12.9	18.8	27.9	10.7	2.0	0.0	0.0	0.0	2.3	5.0	6.0	16.6	102.2		
1989	12.4	45.0	19.2	9.4	5.0	0.0	2.0	4.1	4.2	7.1	8.2	6.4	123.0		
1990	9.4	24.0	5.2	14.6	4.2	13.2	0.0	3.0	6.4	6.2	16.0	23.4	125.6		
1991	15.0	12.0	13.4	14.2	4.3	6.0	0.0	2.0	2.0	10.0	12.2	13.0	104.1		
1992	21.0	9.2	9.4	9.0	0.0	22.0	0.0	8.2	4.0	14.0	23.5	12.8	133.1		
1993	20.4	14.2	5.2	8.0	4.0	4.2	8.2	5.2	2.0	6.0	15.2	18.4	111.0		
1994	25.0	17.4	17.4	8.2	5.3	0.0	0.0	0.0	6.4	24.0	6.0	28.4	138.1		
1995	20.5	14.0	10.0	4.0	4.2	0.0	0.0	0.0	7.0	17.0	7.2	17.0	100.9		
1996	20.0	16.3	13.4	16.3	4.1	0.0	0.0	6.2	6.2	19.2	31.5	22.5	155.7		
1997	22.3	18.5	13.0	1.3	2.6	0.0	0.0	10.1	7.0	4.2	21.6	17.4	118.0		
1998	24.4	17.0	10.0	6.1	2.2	2.1	0.0	0.5	13.5	13.7	17.7	11.0	118.2		
1999	12.4	27.7	9.5	9.2	4.9	1.5	2.1	0.0	5.5	7.5	10.1	17.1	107.5		
2000	36.6	18.0	12.5	1.8	2.9	2.0	0.0	1.0	2.9	9.1	6.9	13.5	107.2		
2001	26.2	23.1	18.4	11.2	5.7	0.0	12.8	2.8	2.8	21.8	14.6	17.7	157.1		
2002	17.0	25.0	21.5	11.6	4.2	3.1	20.6	2.9	4.1	7.6	25.8	27.5	170.9		
2003	18.1	15.7	19.5	6.5	1.5	6.8	0.0	12.6	3.5	10.9	5.6	28.8	129.5		
2004	23.7	19.6	17.2	4.8	1.2	6.4	7.2	5.9	10.2	20.3	14.2	25.2	155.9		
2005	23.0	11.0	18.0	13.5	0.0	0.0	1.5	2.0	1.7	3.8	14.1	9.2	97.8		
2006	21.5	17.8	20.0	13.0	0.0	30.0	0.0	5.4	2.5	9.8	11.3	29.0	160.3		
2007	20.9	13.2	28.1	15.5	3.4	0.0	1.4	0.0	2.9	10.3	19.7	20.6	136.0		
2008	22.6	38.7	17.6	2.8	3.3	2.8	0.3	2.0	3.8	12.2	25.9	30.4	162.4		
2009	26.8	19.8	21.3	8.6	0.2	0.0	1.0	0.4	14.9	3.0	38.3	21.0	155.3		
2010	30.6	26.4	20.6	2.5	5.0	1.1	1.4	5.2	1.0	14.4	10.8	39.2	158.2		
2011	24.3	33.6	24.8	7.8	5.3	6.0	4.9	0.4	7.3	7.4	19.3	17.2	158.3		
2012	15.0	29.1	8.8	6.0	0.6	0.5	0.8	0.5	10.2	4.0	27.2	29.3	132.0		
2013	20.6	22.6	19.8	7.5	5.8	3.8	2.5	10.8	2.2	17.6	15.3	36.6	165.1		
2014	19.0	11.8	11.5	21.0	6.2	0.0	0.8	1.2	10.2	17.9	3.3	16.4	119.3		
2015	15.1	10.2	9.2	23.0	9.3	0.0	26.8	3.6	8.2	5.2	6.2	15.3	132.1		
2016	16.0	20.2	10.2	18.5	22.5	1.5	5.3	0.0	7.7	14.0	6.8	25.0	147.7		
2017	14.8	10.8	27.0	25.6	3.2	3.2	0.8	3.6	3.3	5.5	11.5	9.2	118.5		
media	19.1	19.2	17.1	10.7	4.4	3.3	3.1	3.3	5.8	9.5	13.5	17.7	126.8		
max	36.6	45.0	35.4	25.6	22.5	30.0	26.8	12.6	14.9	24.0	38.3	39.2	173.2		
min	3.1	8.2	5.2	1.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.1	3.3	4.3	64.9		

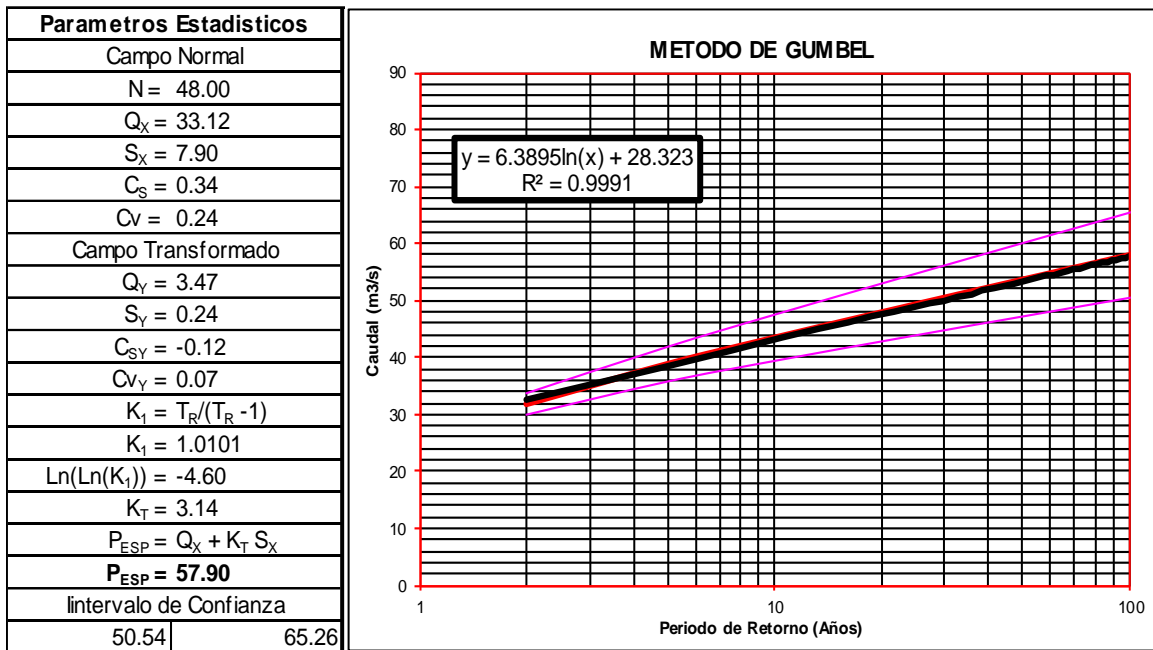


## 8.8. Análisis estadístico

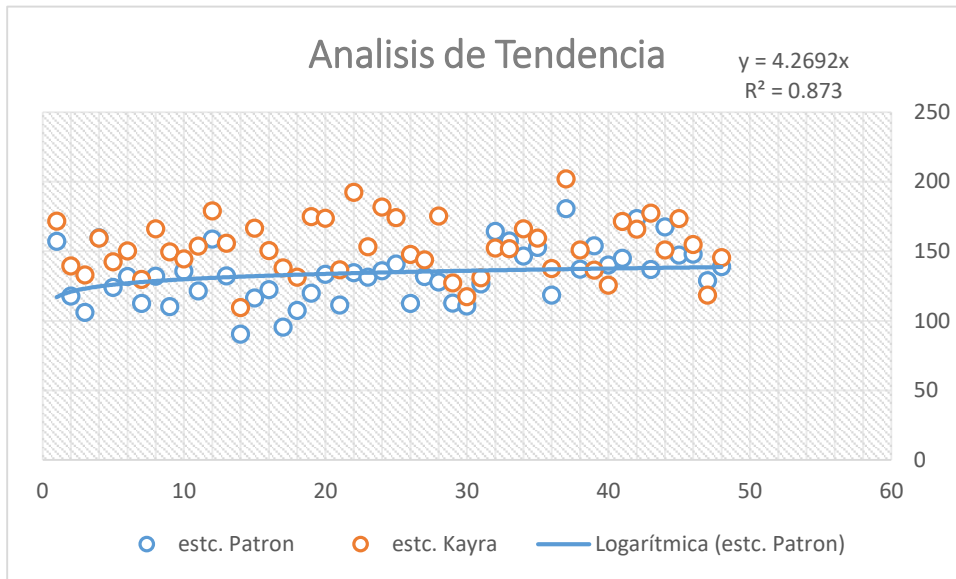
PROYECTO:ANALISIS DE FLUJO DE FILTRACIONES PARA LA ESTABILIDAD FISICA DEL CERRO TUMBAY ORCCO-LUCRE-CUSCO						
Nombre:						
Informacion Basica			Estacion : Kayra-Cusco			
Tiempo de Retorno ( $T_R$ ) =		100.00				
Medicion de Caudales (Año) =		1,970				
Año	( $Q_x$ )	( $Q_x - Q_p$ ) <sup>2</sup>	( $Q_x - Q_p$ ) <sup>3</sup>	Ln ( $Q_x$ )	( Ln ( $Q_x$ )- $Q_y$ ) <sup>2</sup>	( Ln ( $Q_x$ )- $Q_y$ ) <sup>3</sup>
1,970	44.80	136	1,593	3.80	0.11	0.04
1,971	36.10	9	26	3.59	0.01	0.00
1,972	36.60	12	42	3.60	0.02	0.00
1,973	28.40	22	-105	3.35	0.02	0.00
1,974	22.80	107	-1,099	3.13	0.12	-0.04
1,975	25.00	66	-536	3.22	0.06	-0.02
1,976	20.00	172	-2,259	3.00	0.23	-0.11
1,977	33.90	1	0	3.52	0.00	0.00
1,978	27.20	35	-208	3.30	0.03	0.00
1,979	39.00	35	203	3.66	0.04	0.01
1,980	38.20	26	131	3.64	0.03	0.00
1,981	40.20	50	355	3.69	0.05	0.01
1,982	29.60	12	-44	3.39	0.01	0.00
1,983	21.40	137	-1,610	3.06	0.17	-0.07
1,984	36.50	11	39	3.60	0.02	0.00
1,985	31.20	4	-7	3.44	0.00	0.00
1,986	27.50	32	-178	3.31	0.02	0.00
1,987	42.10	81	724	3.74	0.07	0.02
1,988	35.20	4	9	3.56	0.01	0.00
1,989	41.90	77	677	3.74	0.07	0.02
1,990	26.50	44	-290	3.28	0.04	-0.01
1,991	37.60	20	90	3.63	0.02	0.00
1,992	22.60	111	-1,165	3.12	0.13	-0.04
1,993	48.50	237	3,637	3.88	0.17	0.07
1,994	39.60	42	272	3.68	0.04	0.01
1,995	34.60	2	3	3.54	0.01	0.00
1,996	31.30	3	-6	3.44	0.00	0.00
1,997	47.00	193	2,674	3.85	0.14	0.05
1,998	35.90	8	21	3.58	0.01	0.00
1,999	19.30	191	-2,640	2.96	0.26	-0.13
2,000	25.50	58	-443	3.24	0.05	-0.01
2,001	31.00	4	-10	3.43	0.00	0.00
2,002	26.70	41	-265	3.28	0.04	-0.01
2,003	39.10	36	214	3.67	0.04	0.01
2,004	30.80	5	-13	3.43	0.00	0.00
2,005	27.80	28	-151	3.33	0.02	0.00
2,006	51.60	341	6,310	3.94	0.22	0.10
2,007	32.90	0	0	3.49	0.00	0.00
2,008	27.90	27	-142	3.33	0.02	0.00
2,009	27.80	28	-151	3.33	0.02	0.00
2,010	41.20	65	527	3.72	0.06	0.01
2,011	29.80	11	-37	3.39	0.01	0.00
2,012	47.00	193	2,674	3.85	0.14	0.05
2,013	27.20	35	-208	3.30	0.03	0.00
2,014	35.60	6	15	3.57	0.01	0.00
2,015	38.30	27	139	3.65	0.03	0.01
2,016	24.20	80	-710	3.19	0.08	-0.02
2,017	24.90	68	-556	3.21	0.07	-0.02
Suma =	1,589.80	2,933	7,548	166.656	2.739	-0.078

PARAMETROS ESTADISTICOS			
Media ( $P_X$ )	Desv. Estandar	Coef. Asimetria	Coef. Variacion
$P_X$	$S_X$	$C_S$	$C_V$
33.121	7.900	0.340	0.239
$P_Y$	$S_Y$	$C_{SY}$	$C_{VY}$
3.472	0.241	-0.123	0.070

## MÉTODO GUMBEL



## análisis de tendencia

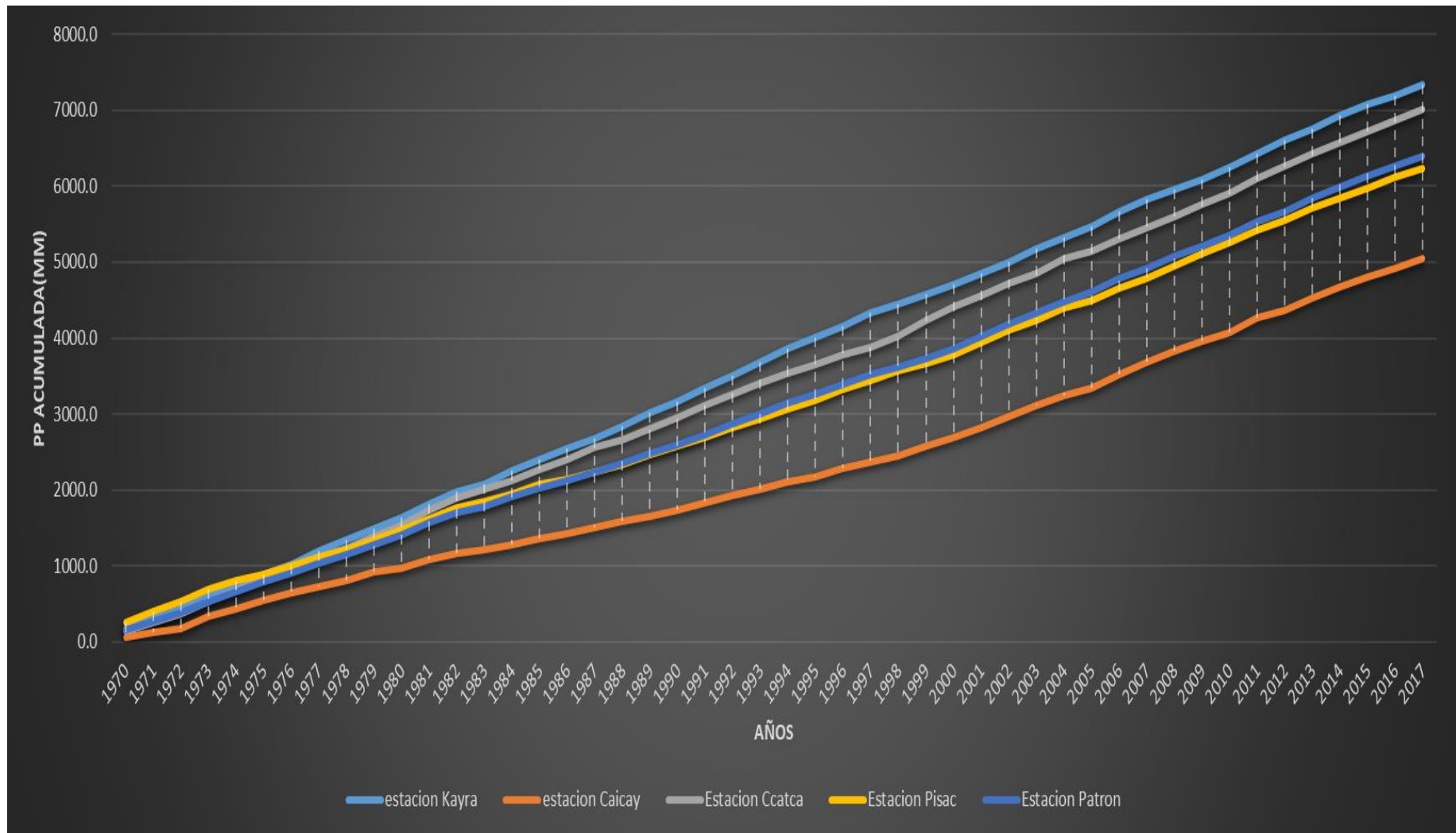


**Análisis de consistencia respecto a la estación Kayra relacionada a las demás**

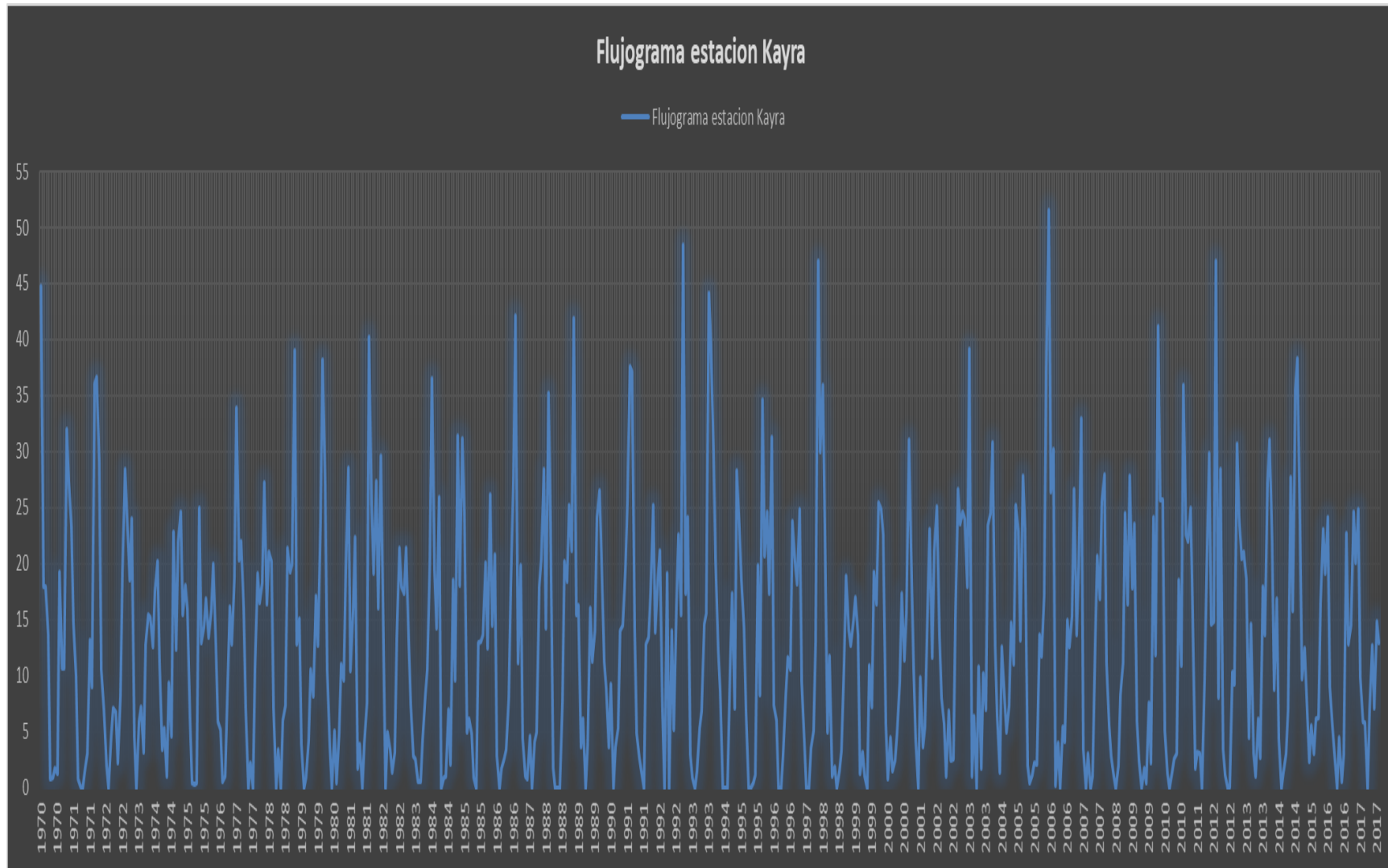
Análisis de consistencia					
	original	Kayra	Pisac	Ccatca	Caicay
original	1				
Kayra	0.99972	1			
Pisac	0.9274	0.9984	1		
Ccatca	0.9374	0.9274	0.9774	1	
Caicay	0.9274	0.914	0.934	0.9534	1

Año	kayra		Cai Cay		Ccatca		Pisac		PATRON	
	PA	PAAcum	PA	PAAcum	PA	PAAcum	PA	PAAcum	PA	PAAcum
1970	171.6	171.6	69	69	137.5	137.5	250.6	250.6	157.18	157.18
1971	139.4	311.0	65.1	134.1	114.6	252.1	152.3	402.9	117.85	275.0
1972	133.1	444.1	50	184.1	118.2	370.3	123.5	526.4	106.20	381.2
1973	159.5	603.6	148.8	332.9	157.8	528.1	173.2	699.6	159.83	541.1
1974	142.4	746.0	96.9	429.8	149.2	677.3	107.6	807.2	124.03	665.1
1975	150.4	896.4	121.0	550.8	167.2	844.5	89.38	896.6	131.99	797.1
1976	129.9	1026.3	89.7	640.5	117.8	962.3	113.3	1009.9	112.68	909.7
1977	166.1	1192.4	92.3	732.8	161.2	1123.5	108.5	1118.4	132.03	1041.8
1978	149.5	1341.9	80.1	812.9	109	1232.5	102.3	1220.7	110.23	1152.0
1979	144.5	1486.4	106	918.9	162.2	1394.7	130.8	1351.5	135.88	1287.9
1980	153.7	1640.1	56.7	975.6	146.8	1541.5	129.3	1480.8	121.63	1409.5
1981	179	1819.1	110.9	1086.5	201.8	1743.3	143.3	1624.1	158.75	1568.2
1982	155.9	1975.0	78.2	1164.7	157.8	1901.1	137.5	1761.6	132.35	1700.6
1983	109.6	2084.6	53.09	1217.8	116.9	2018.0	82.8	1844.4	90.60	1791.2
1984	166.7	2251.3	60.2	1278.0	137.5	2130.9	101.5	1945.9	116.48	1907.7
1985	150.6	2401.9	86.8	1364.8	114.6	2271.9	138.1	2084.0	122.53	2030.2
1986	138.1	2540.0	66.1	1430.9	112.9	2395.0	64.9	2148.9	95.50	2125.7
1987	131.4	2671.4	71.83	1502.7	141	2562.8	86.1	2235.0	107.58	2233.3
1988	175.0	2846.4	79.9	1582.6	123.1	2668.8	102.2	2337.2	120.05	2353.3
1989	173.8	3020.2	69.4	1652.0	167.8	2810.0	123	2460.2	133.50	2486.8
1990	136.8	3157.0	77.6	1729.6	106	2956.1	125.6	2585.8	111.50	2598.3
1991	192.3	3349.3	100.69	1830.3	141.2	3116.7	104.1	2689.9	134.57	2732.9
1992	153.2	3502.5	93.4	1923.7	146.1	3267.5	133.1	2823.0	131.45	2864.3
1993	181.9	3684.4	90.7	2014.4	160.6	3410.1	111	2934.0	136.05	3000.4
1994	174.2	3858.6	100.3	2114.7	150.8	3531.1	138.1	3072.1	140.85	3141.2
1995	147.8	4006.4	58.6	2173.3	142.6	3659.1	100.9	3173.0	112.48	3253.7
1996	143.8	4150.2	106.7	2280.0	121	3783.7	155.7	3328.7	131.80	3385.5
1997	175.3	4325.5	90.9	2370.9	128	3879.2	118	3446.7	128.05	3513.6
1998	127.4	4452.9	80.9	2451.8	124.6	4031.3	118.2	3564.9	112.78	3626.3
1999	117.5	4570.4	122.1	2573.9	95.5	4238.5	107.5	3672.4	110.65	3737.0
2000	131	4701.4	116.4	2690.3	152.1	4413.4	107.2	3779.6	126.68	3863.7
2001	152.4	4853.8	140.7	2831.0	207.2	4556.1	157.1	3936.7	164.35	4028.0
2002	151.9	5005.7	131.6	2962.6	174.9	4724.7	170.9	4107.6	157.33	4185.3
2003	166.2	5171.9	148.1	3110.7	142.7	4855.2	129.5	4237.1	146.63	4332.0
2004	159.4	5331.3	127.77	3238.5	168.6	5040.7	155.9	4393.0	152.92	4484.9
2005	137.6	5468.9	108.03	3346.5	130.5	5143.3	97.8	4490.8	118.48	4603.4
2006	202.1	5671.0	174.9	3521.4	185.5	5306.9	160.3	4651.1	180.70	4784.1
2007	151.01	5822.0	159.2	3680.6	102.6	5461.5	136	4787.1	137.20	4921.3
2008	136.5	5958.5	153.3	3833.9	163.6	5593.9	162.4	4949.5	153.95	5075.2
2009	125.6	6084.1	125.2	3959.1	154.6	5765.1	155.3	5104.8	140.18	5215.4
2010	171.4	6255.5	117.9	4077.0	132.4	5912.4	158.2	5263.0	144.98	5360.4
2011	166	6421.5	199.1	4276.1	171.2	6097.7	158.3	5421.3	173.65	5534.0
2012	177.5	6599.0	90.7	4366.8	147.3	6260.0	132	5553.3	136.88	5670.9
2013	151.1	6750.1	168.9	4535.7	185.3	6428.9	165.1	5718.4	167.60	5838.5
2014	173.6	6923.7	134.5	4670.2	162.3	6567.4	119.3	5837.7	147.43	5985.9
2015	155	7078.7	135.6	4805.8	168.9	6720.3	132.1	5969.8	147.90	6133.8
2016	118.6	7197.3	110.8	4916.6	138.5	6858.8	147.7	6117.5	128.90	6262.7
2017	145.578183	7342.9	138.7	5055.3	152.9	7011.7	118.5	6236.0	138.92	6401.6

### 8.9. Curva de doble masa



## Flujograma de Estación Kayra

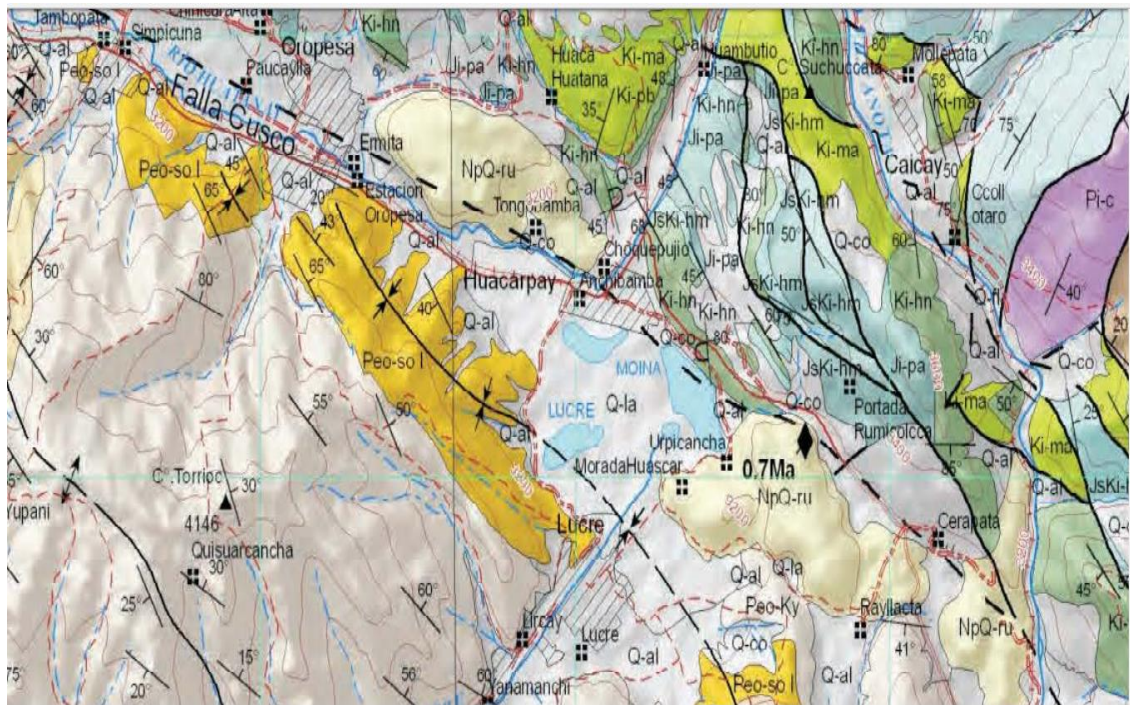




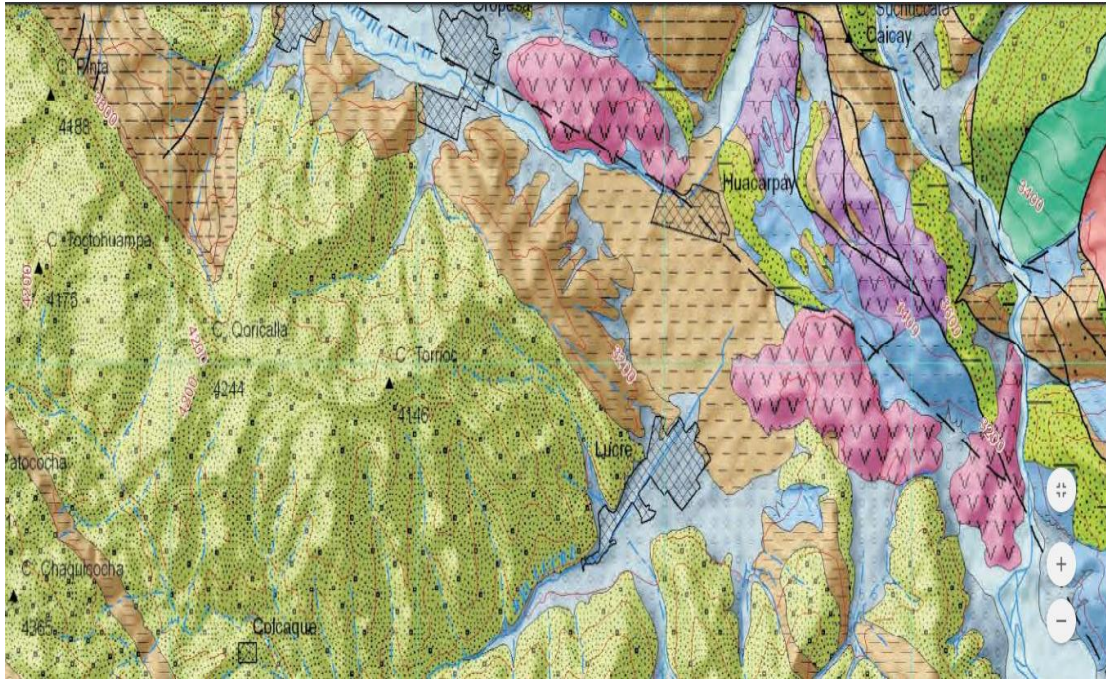
## 8.10. Mapas de Geología Regional y local



**Figura 45.** Geología local del Cerro Tumbay Orcco. (fuente: INGEMMET, 2017)



**Figura 46.** Carta geológica regional. (Fuente: GEOCATMIN, 2017)



**Figura 47.** Carta geológica regional. (Fuente: GEOCATMIN, 2017)



ACUITARDO	SEDIMENTARIO		Acuitardo Lacustre	Arcillas grises con niveles de turba	Materiales finos de alta porosidad y baja a ncia permeabilidad	Materiales porosos pero impermeables, las arcillas se saturan de agua pero no tienen transmisividad.
			Acuitardo San Sebastián	Arcillas y arenas fluvio lacustre. Niveles de turba y diatomitas		Localmente las arenas son acuíferos confinados que se hallan entre dos niveles de arcillas impermeables
			Acuitardo Chinchero	Conglomerados de conos aluviales con clastos de calizas		Materiales impermeables de poca extensión.
			Acuitardo Paruro I	Lutitas y limolitas lacustres, arenisca y conglomerados fluviales		Materiales de escaso interés hidrogeológico, de extensión local.
			Acuífero Paccaritambo	Areniscas de grano grueso que varían hasta fino, lutitas y conglomerados, todos de origen fluvial		Es una unidad poco permeable, de extensión muy local, poco espesor y de bajo interés hidrogeológico.
			Acuitardo Punacancha I	Limonitas rojas de llanura de inundación y areniscas fluviales. Al techo nivel volcánico		Materiales de escaso interés hidrogeológico. Tienen pequeña extensión, pero condicionan las surgencias de aguas del acuífero Punacancha II
			Acuitardo Soncco I	Lutitas y margas rojo ladrillo con intercalaciones delgadas de yeso lacustre. Areniscas fluviales hacia la parte superior.		Presenta extensión regional y condiciona las surgencias de aguas del acuífero Soncco II.
			Acuitardo Anta II	Lutitas rojas intercaladas con areniscas fluviales y conglomerados. Niveles de calizas lacustres y basaltos		Presenta extensión local y es material que condiciona las surgencias de aguas subterráneas en diversos manantiales
			Acuitardo Chilca	Lutitas y margas rojo ladrillo con intercalaciones delgadas de yesos de medio lacustre y areniscas fluviales hacia la parte superior		Material que condiciona las surgencias de aguas subterráneas en diversos manantiales. Actúa de sello bajo el acuífero Kayra.
			Acuitardo Quilque	Lutitas lacustres rojo moradas, areniscas y microconglomerados fluviales con clastos calcáreos de medios fluviales		Materiales de escaso interés hidrogeológico, presenta extensión local y es material que condiciona las surgencias en diversos manantiales.
			Acuitardo Puquín	Lutitas rojas y moradas y yesos lacustres. Lutitas negras marinas y areniscas fluviales		Materiales de escaso interés hidrogeológico, presenta extensión local. Las areniscas se comportan como acuíferos locales.
			Acuitardo Maras	Yesos, lutitas lacustres de color rojo y verde, con algunos niveles de calizas marinas.		Materiales de escaso interés hidrogeológico, presenta extensión regional. Los yesos tienen comportamiento de acuíferos.
	Acuitardo Paucarbamba	Alternancia de areniscas calcáreas, margas y lutitas depositados en una plataforma litoral.	Materiales de escaso interés hidrogeológico, predominan los materiales finos. Presenta extensión local.			

**Figura 48.** Carta geológica regional, descripción de formaciones (Fuente :GEOCATMIN,2017)

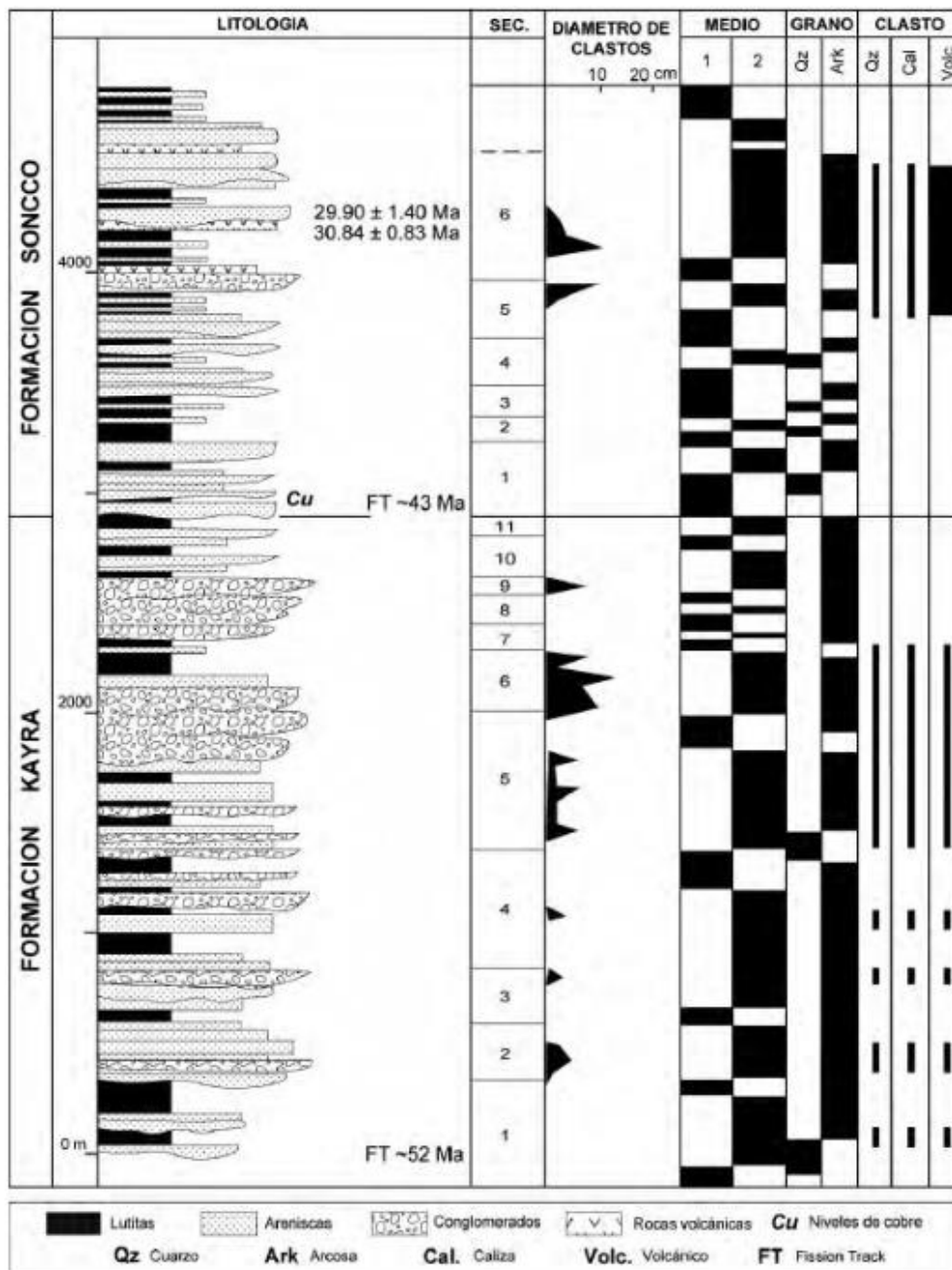
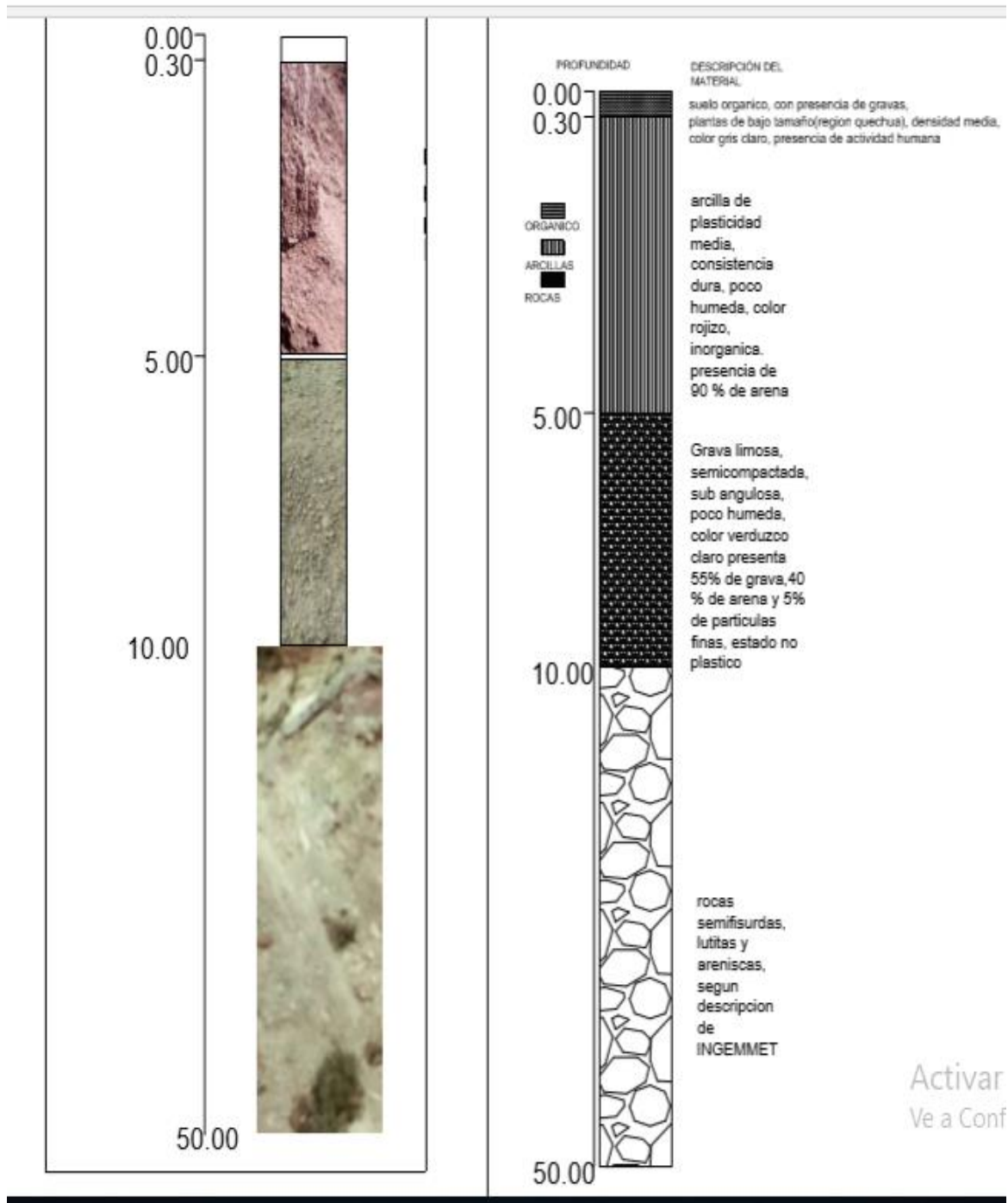


Figura 49. Perfil estratigráfico de la formación Soncco y Kayra



Activar  
Ve a Conf

**Figura 50.**Perfil estratigráfico inferido del evento 1 y 2

**Tabla 46.** Valores típicos del peso específico y porosidad de rocas

Valores típicos del peso específico y porosidad de las rocas		
Roca	Peso específico (g/cm <sup>3</sup> )	Porosidad (%)
Andesita	2,2-2,35	10-15
Anfibolita	2,9-3,0	—
Arenisca	2,3-2,6	5-25 (16,0)
Basalto	2,7-2,9	0,1-2
Caliza	2,3-2,6	5-20 (11,0)
Carbón	1,0-2,0	10
Cuarcita	2,6-2,7	0,1-0,5
Creta	1,7-2,3	30
Diabasa	2,9	0,1
Diorita	2,7-2,85	—
Dolomía	2,5-2,6	0,5-10
Esquisto	2,5-2,8	3
Gabro	3,0-3,1	0,1-0,2
Gneiss	2,7-3,0	0,5-1,5
Granito	2,6-2,7	0,5-1,5 (0,9)
Grauvaca	2,8	3
Mármol	2,6-2,8	0,3-2 (0,6)
Lutita	2,2-2,6	2-15
Pizarra	2,5-2,7	0,1-1
Riolita	2,4-2,6	4-6
Sal	2,1-2,2	5
Toba	1,9-2,3	14-40
Yeso	2,3	5

Roca	Cohesión $c$ (kp/cm <sup>2</sup> )	Ángulo de fricción básico $\phi_b$ (grados)
Andesita	280	45
Arenisca	80-350	30-50
Basalto	200-600	48-55
Caliza	50-400	35-50
Caliza margosa	10-60	30
Cuarcita	250-700	40-55
Diabasa	900-1.200	40-50
Diorita	150	50-55
Dolomía	220-600	25-35
Esquisto	250	25-30*
	20-150*	20-30*
Gabro	300	35
Gneiss	150-400	30-40
Granito	150-500	45-58
Grauvaca	60-100	45-50
Mármol	150-350	35-45
Lutita	30-350	40-60
		15-25*
Pizarra	100-500	40-55
	< 100*	15-30*
Toba	7	—
Yeso	—	30

Fuente: Gonzales de vallejo,2002





**Figura 51.SUPERFICIE DE LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO (ÁREA).** Fuente Google Earth, 2018



**Figura 52.LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO (PUNTOS).** fuente Google Earth,2018



**Figura 53.**UBICACIÓN DE CALICATAS (1, 2,3), fuente elaboración propia, 2018

### 8.11. Galería de fotos



**Figura 54.**Imagen de deslizamiento (cerro Tumbay Orcco), fuente: elaboración propia, 2018





**Figura 55.**Imagen de deslizamiento cerro Tumbay Orcco, fuente: elaboración propia,2018



**Figura 56.**Imagen de deslizamiento cerro Tumbay Orcco. Fuente elaboración propia,2018





**Figura 57.**Imagen de deslizamiento cerro Tumbay Orcco. Fuente elaboración propia,2018



**Figura 58.**Imagen satelital de ubicación cerro Tumbay Orcco. Fuente google Earth, 2018





**Figura 59.**Imagen calicata 3, fuente elaboración propia. 2018



**Figura 60.**Imagen calicata 2, fuente elaboración propia,2018





**Figura 61.** Imagen de levantamiento topográfico . Fuente propia. 2018



**Figura 62.** Imagen de inspección de zona deslizada . Fuente propia, 2018





**Figura 63.**Inspeccion in-situ, fuente: elaboración propia, 2018

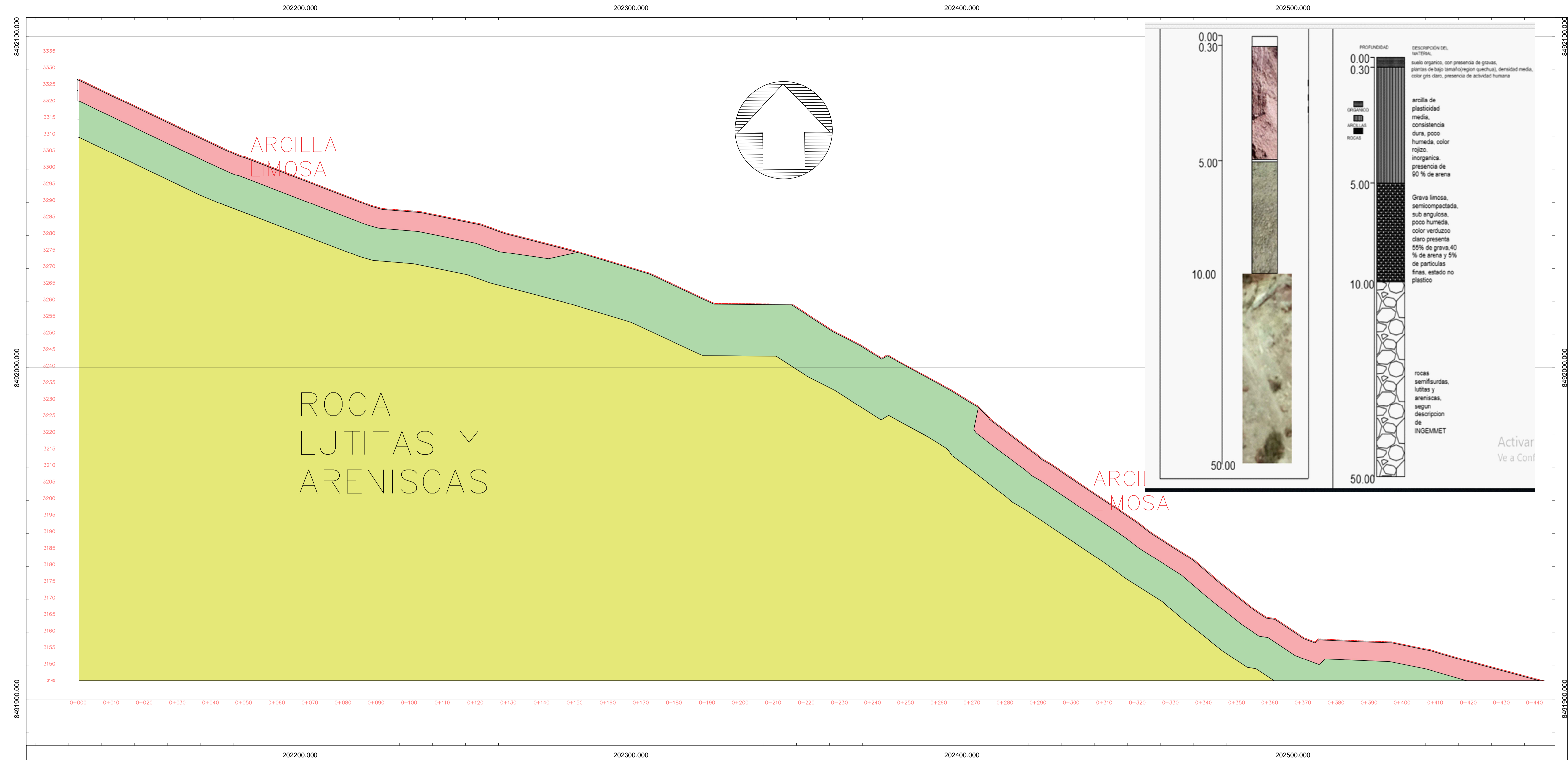


**Figura 64.**Ensayo de corte directo, laboratorio de mecánica de suelos de la UCV, fuente elaboración propia,2018.

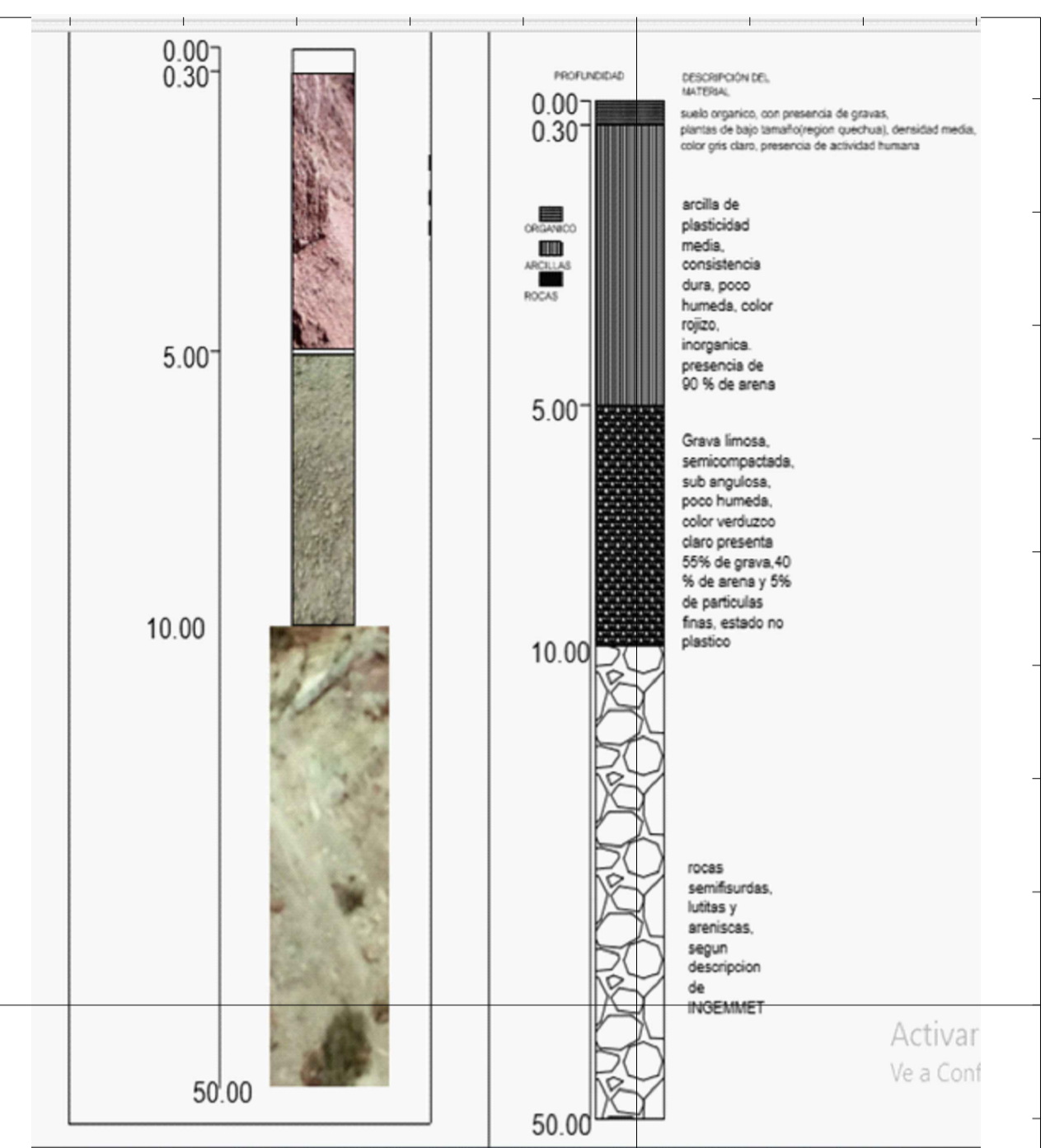
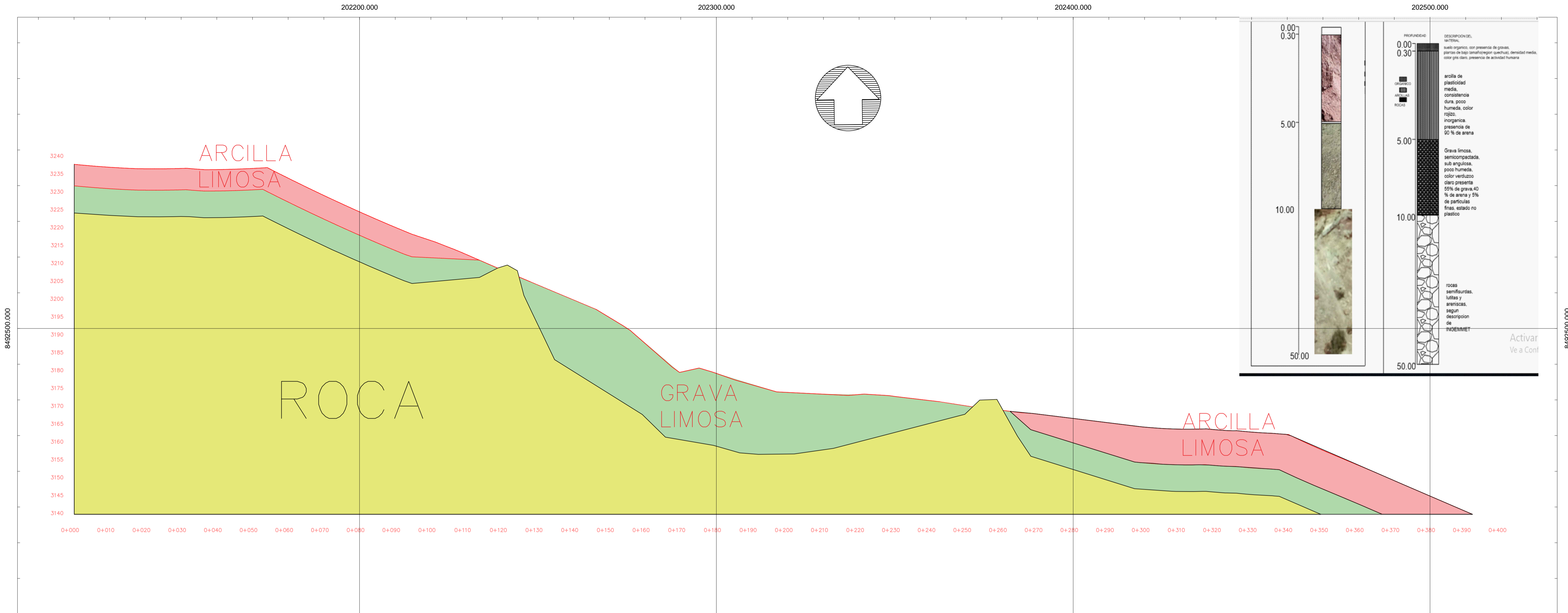


**Figura 65.**Ensayo de tamizado y granulometría, laboratorio de mecánica de suelos de la UCV, fuente elaboración propia, 2018





	UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO	
	FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL	
	ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL	
DESARROLLO DE TESIS	CURSO: INGENIERIA SANITARIA	
UBICACION:	ALUMNO: ALAGON MENDOZA DENNIS	
LUCRE-QUISPICANCHI-CUSCO	CÓDIGO DE ALUMNO: 6700257122	
PLANO: PERFIL EVENTO 1	ASESOR: CECILIA ARRIOLA MOSCOSO.	
	FECHA:	15 DE DICIEMBRE 2018
	CICLO:	2018-II
	ESCALA:	1/ 1000
		PLANO: <b>P-01</b>



	UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO	
	FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL	
	ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL	
DESARROLLO DE TESIS	CURSO:	INGENIERIA SANITARIA
UBICACION:	ALUMNO:	ALAGON MENDOZA DENNIS
LUCRE-QUISPICANCHI-CUSCO	CODIGO DE ALUMNO:	6700257122
PLANO:  PERFIL EVENTO 1	ASESOR:	CECILIA ARRIOLA MOSCOSO.
	FECHA:	15 DE DICIEMBRE 2018
	CICLO:	2018-II
	ESCALA:	1/ 1000
		<b>P-01</b>



8.13. Autorización de la versión final del trabajo de investigación



# UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

## AUTORIZACIÓN DE LA VERSIÓN FINAL DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

CONSTE POR EL PRESENTE EL VISTO BUENO QUE OTORGA EL ENCARGADO DE INVESTIGACIÓN DE  
*La Escuela de Ingeniería Civil*

A LA VERSIÓN FINAL DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN QUE PRESENTA:

*ALAGON MENDOZA, DENNIS JUAN*

INFORME TÍTULADO:

*ANÁLISIS DEL FLUJO DE FILTRACIONES PARA LA ESTABILIDAD  
FÍSICA DEL DESZIZAMIENTO - CERRO TUMBAY ORECO -  
LUCAS - CUSCO - 2018*

PARA OBTENER EL TÍTULO O GRADO DE:

*Ingeniero Civil*

SUSTENTADO EN FECHA:

*15/12/2018*

NOTA O MENCIÓN :

*10 (Diez y seis)*



*[Firma]*  
Firma del Coordinador de Investigación de  
Ingeniería Civil

## 8.14. Acta de originalidad

	<b>ACTA DE APROBACIÓN DE ORIGINALIDAD DE TESIS</b>	Código : F06-PP-PR-02.02 Versión : 09 Fecha : 23-03-2018 Página : 1 de 1
---	--	---

Yo, Cecilia Arriola Moscoso .....

Docente de la Facultad de Ingeniería y Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Universidad César Vallejo, sede Lima Norte), revisor(a) de la tesis titulada:

"Análisis del flujo de filtraciones para la estabilidad física del deslizamiento - cerro Tumbay, Oromo - Lucce - Cusco - 2018 ....."

del (de la) estudiante Alagón Mendoza, Dennis Juan .....

constato que la investigación tiene un índice de similitud de 11 % verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin.

El/la suscrito (a) analizó dicho reporte y concluyó que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio. A mi leal saber y entender la tesis cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad César Vallejo.

Lugar y fecha Lima 15 de Diciembre de 2018 .....



Nombres y apellidos del (de la) docente:

Cecilia Arriola Moscoso .....

DNI: 43851809 .....

Elaboró	Dirección de Investigación	Revisó	Responsable de SGC	Aprobó	Vicerrectorado de Investigación
---------	----------------------------	--------	--------------------	--------	---------------------------------



**8.15. Autorización de publicación de tesis**

 <b>UCV</b> UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO	<b>AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN DE          TESIS EN REPOSITORIO INSTITUCIONAL          UCV</b>	Código : F08-PP-PR-02.02
		Versión : 09 Fecha : 23-03-2018 Página : 1 de 1

Yo ..Dennis Juan Flagon Mendoza....., identificado con DNI N° ..73017419.....

Egresado de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Universidad César Vallejo, autorizo (X), No autorizo ( ) la divulgación y comunicación pública de mi trabajo de investigación titulado:

" ..Análisis del Flujo de filtraciones para la estabilidad.....  
 ....física.....

en el Repositorio Institucional de la UCV (<http://repositorio.ucv.edu.pe/>), según lo estipulado en el Decreto Legislativo 822, Ley sobre Derechos de Autor, Art. 23 y Art. 33

Fundamentación en caso de no autorización:

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....



FIRMA  
 DNI: ..73017419.....

FECHA: ..15 de ..Diciembre del 2018.

Elaboró	Dirección de Investigación	Revisó	Responsable de SGC	Aprobó	Vicerrectorado de Investigación
---------	----------------------------	--------	--------------------	--------	---------------------------------

8.16. Turnitin

Feedback Studio - Google Chrome  
 https://ev.turnitin.com/app/carta/es/?u=1075078215&o=1040698596&s=1&lang=es

feedback studio

Dennis Alagon | Tesis Final

**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

"Análisis del flujo de filtraciones para la estabilidad física del deslizamiento en el Túnel Duro - Loreo - Casap-2018"

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL**

**AUTOR**  
 Alagon Mandana, Dennis Juan

**ASESOR**  
 Mg. Ing. Anselmo Mosecco Cecilia

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN**  
 Diseño de Obras Hidráulicas y Saneamiento

**LIMA-PERU**  
 2018

Resumen de coincidencias

11 %

Se están viendo fuentes estándar

Ver fuentes en inglés (Beta)

Coincidencias

1	Entregado a Universita... Trabajo del estudiante	3 %
2	Entregado a Universita... Trabajo del estudiante	3 %
3	repositorio.ucv.edu.pe Fuente de Internet	1 %
4	edoc.site Fuente de Internet	1 %
5	documents.mx Fuente de Internet	1 %
6	cybertesis.unmem.edu...	<1 %

Página: 1 de 106 | Número de palabras: 16832

Text-only Report | High Resolution | Activado

10:13 a. m. 29/01/2019