

# **ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL**

## **FACULTAD DE INGENIERÍA EN GEOLOGÍA Y PETRÓLEOS**

### **ANÁLISIS DEL PELIGRO POR FENÓMENOS DE REMOCIÓN EN MASA EN LOS TALUDES DE UN TRAMO DE LA QUEBRADA SHANSHAYACU, ZONA QUITUMBE, DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO**

**PROYECTO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO GEÓLOGO**

**SOPHIA VERENICE CARRERA AGUILAR**

albha2007@hotmail.com

**FELIPE JAVIER CARLOSAMA MOREJÓN**

carlosamafelipe@yahoo.com

**DIRECTOR: ING. ELIANA FERNANDA JIMÉNEZ ÁLVARO MSc.**

eliana.jimenez@epu.edu.ec

**CO-DIRECTOR: ING. DIEGO RENATO CÁRDENAS CÁRDENAS MSc.**

diego.cardenas@epn.educ.ec

**Quito, Abril 2017**

## DECLARACIÓN

Nosotros, Sophía Verenice Carrera Aguilar y Felipe Javier Carlosama Morejón, declaramos bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de nuestra autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación personal; y, que hemos consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración cedemos nuestros derechos de propiedad intelectual correspondientes a este trabajo, a la Escuela Politécnica Nacional, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normativa institucional vigente.

---

Sophía Verenice Carrera Aguilar

---

Felipe Javier Carlosama Morejón

## CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por Sophía Verenice Carrera Aguilar y Felipe Javier Carlosama Morejón bajo mi supervisión.

---

Ing. Eliana Jiménez MSc.  
DIRECTORA DEL PROYECTO

---

Ing. Diego cárdenas MSc.  
CO-DIRECTOR DEL PROYECTO

## AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios, mi Padre, por llenarme de fortaleza y calma durante toda mi vida y particularmente en los momentos más difíciles. Por concederme cada experiencia y bendición.

Agradezco a mis padres Alba y Ulpiano, por inculcarme todos los valores y principios, por convertirme en lo que soy. Son los mejores y los amo con mi vida. A mi padre Ulpiano, por ser un hombre dedicado a la familia y paciente. Y en especial a mi madre Alba, por ser una mujer, madre y esposa ejemplar y correcta; por transmitirme su sabiduría y amor en cada etapa. Por ser una mujer luchadora, bondadosa e incansable. Muchas gracias Mami.

A mi tío Frank por sus palabras de aliento, siempre.

A nuestros directores la Ing. Eliana Jiménez y el Ing. Diego Cárdenas por brindarnos la oportunidad de realizar este proyecto y, por la ayuda y apoyo recibidos. A Memo, por ser compañero y amigo este tiempo.

A todas las personas que nos colaboraron muy gentilmente, a los ingenieros Gustavo Martínez y Gonzalo Cerón, por el tiempo y paciencia para enseñarnos, y por convertirse en nuestros amigos.

A mis profesores, que conocí a lo largo de toda la etapa universitaria, por transmitir sus conocimientos y ofrecerme sus sinceros consejos y palabras de motivación, especialmente al Ing. Tomás Espinoza, Ing. Halina Lachowicz, Ing. Jorge Sevilla e Ing. Marcelo Echeverría.

A Bassy, por una amistad incondicional a lo largo de todos estos años, y por hacerme la vida más animada. A mis amigas de la facultad, por los buenos momentos compartidos. A todas las personas que contribuyeron en este trabajo, y de manera especial al “Inge” César P. F., por enseñarme y motivarme.

A mis compañeros fieles: Antonietita, Pochi, Rony, Lola y todos los demás.

*Sophía Carrera Aguilar*



## AGRADECIMIENTO

Primeramente, a Dios por darme a los padres que tengo, quienes me han formado de una forma amorosa y responsable y gracias a ellos soy el hombre que soy. Son los mejores padres que alguien puede pedir. Gracias por todo Mamá y Papá.

A Sophy por tomarme en cuenta para esta tesis, le agradezco mucho por haberme tenido paciencia y sobre todo por haberme presionado para terminar pronto este proyecto, la considero una gran amiga y compañera. Espero me disculpe por cualquier discusión o desacuerdo que hayamos tenido.

A todos mis maestros de la facultad, mismos que han sabido, no solo enseñarme conocimientos, sino además fueron amigos y consejeros. Un agradecimiento especial a la Inge Eli y al Inge Diego quienes estuvieron apoyándonos a lo largo de todo este proyecto; al Inge Martínez por la ayuda brindada al momento de realizar los ensayos, al Inge Gonzalo por la ayuda y el tiempo que nos brindó; a la Inge Villacis por haber revisado la tesis y habernos dado sus sinceras opiniones.

Gracias a todos los amigos que he venido haciendo a medida que avanzaba en la carrera, amigos que considero hermanos por todo lo que hemos pasado en todas las giras técnicas, y siempre estarán ahí para brindar una mano amigo.

Al Cuca, al Chucho, A Mile y a Eli quienes considero parte de mi familia y saben que pueden contar conmigo siempre. A Pame por haberme apoyado en lo más difícil y tedioso de la universidad, siempre tendrá un lugar muy especial en mi corazón. Finalmente, a Daniel y Gonzalo, que, aunque estén lejos estos momentos son amigos desde el colegio y sé que son los mejores que alguien pueda tener.

En fin, gracias a todas las personas que hicieron de esta etapa llamada universidad, la mejor etapa que he tenido en mi vida.

-Felipe.

## DEDICATORIA

A mis amados padres Alba y Ulpiano, que son la mayor bendición que he recibido.

A mi madre Alba, por ser mi todo.

*Sophía Carrera Aguilar*

## DEDICATORIA

*A Dios y a mis padres.*

*-Felipe*

## Resumen

El presente trabajo corresponde a un estudio Técnico-Experimental el cual tiene como enfoque contribuir al entendimiento de la geología aplicada, a través de la discusión y valoración de los resultados obtenidos del trabajo teórico y experimental. Este trabajo tiene como objetivo Analizar el Peligro por Fenómenos de Remoción en Masa en los taludes de la Quebrada Shanshayacu, lugar donde se asientan: El Barrio Terranova y la Ciudadela del Ejército, ubicados al Sur del Distrito Metropolitano de Quito, DMQ. La consecución de los objetivos se la producirá mediante un análisis de estabilidad de taludes con el método de Límite de Equilibrio; a través de la identificación, la interpretación y la argumentación de datos y resultados obtenidos a lo largo de todo este trabajo, el cual consiste principalmente en realizar el inventario de Fenómenos de Remoción en Masa, muestreo de suelos; y, en la modelación de los diferentes taludes existentes en el tramo de esta quebrada, mediante un software especializado llamado Slide 6.0, para lo cual se debe conocer la geometría del talud (a detalle centimétrico) y las características geomecánicas de las diferentes estratos litológicos encontrados; y finalmente sugerir algunas medidas de mitigación.

Este estudio está estructurado en seis capítulos. En el primer capítulo consta los antecedentes, la problemática a tratar y la justificación para realizar este estudio; de igual manera se presenta la descripción de la zona de estudio, las principales características geológicas y geomorfológicas existentes; y, las amenazas presentes a lo largo de la quebrada.

En el segundo capítulo se expone un marco conceptual, en donde se definen los diferentes términos utilizados en este proyecto, sobretodo términos que hacen referencia a los ensayos y análisis geotécnicos empleados.

En el tercer capítulo se describe la metodología utilizada para el análisis del peligro por FRM, a través del Análisis de Estabilidad de los taludes empleando el método de Límite de Equilibrio.

En el cuarto capítulo se muestran todos los resultados obtenidos en este estudio, mediante la metodología mencionada en el capítulo tres, que incluye un mapa de inventario, las columnas litoestratigráficas (margen derecho e izquierdo), características geotécnicas y la obtención del Factor de Seguridad.

La discusión de estos resultados están presentes en el capítulo número cinco, en donde se establecen las causas que provocan inestabilidad y se sugieren medidas de mitigación para controlar la problemática existente en base a las causas del movimiento.

Finalmente, el capítulo seis tratará de las conclusiones y recomendaciones arrojadas por este estudio; las cuales servirán como un término de referencia para futuras acciones que podrían ser tomadas por parte de la Secretaría de Gestión del Riesgo del Distrito Metropolitano de Quito.

## Abstract

This project corresponds to a Technical-Experimental study, which has an approach to contribute to the understanding of the geology and its apply to a social aspect, aiming to analyze the land slide's hazards in the slopes of the Quebrada Shanshayacu, where "Terranova" and "Ciudadela de El Ejército" neighborhoods place; they are located at the South of the Metropolitan District of Quito, DMQ. The achievement of the objectives will be made throughout a slope stability analysis with the Limit Equilibrium method, developed through identification, interpretation and argumentation of data and the results obtained during this work, that consists mainly in an inventory of all the mass removal phenomena; strata sampling and, in the digital model of the different slopes that exist in this part of the gully, by using a specialized software named Slide 6.0; therefore, we must know the slope geometry (a centimetric detail) and the geomechanical characteristics of the different lithological strata founded; and finally we suggest some mitigation's actions.

This study is structured in six chapters. The first chapter includes the background, the problem to be solved and the justification for carrying out this study; likewise, the description of the studied area, the main geological and geomorphological characteristics; and, the threats along the gully.

The second chapter presents a conceptual framework, which defines the different terms used in this project, especially those that refer to the geotechnical tests and analysis done.

The third chapter describes the methodology used for the analysis of hazards due to mass removal phenomena, through the Limit of Equilibrium method.

In the fourth chapter, all the results obtained in this study are shown, by the methodology mentioned in chapter three, which includes an inventory of all the landslides map, lithostratigraphic columns (right and left margin), geotechnical characteristics, and the Security Factor.

The discussions of these results are in chapter number five, which establishes the causes that provoke instability, and suggest mitigation's actions to control the existing issues based on the causes of the movement.

Finally, chapter six is about the conclusions and recommendations thrown by this study; which will be used as a term of reference for future actions taken by "Secretaría de Gestión del Riesgo del Distrito Metropolitano de Quito".

## TABLA DE CONTENIDOS

DECLARACIÓN.....	ii
CERTIFICACIÓN.....	iii
AGRADECIMIENTO.....	iv
DEDICATORIA.....	vi
Resumen.....	viii
Abstract.....	x
TABLA DE CONTENIDOS.....	xi
ÍNDICE DE FÍGURAS.....	xvii
ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS.....	xx
ÍNDICE DE TABLAS.....	xxi
1. CAPITULO 1: INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. Antecedentes.....	1
1.2. Problema.....	2
1.3. Justificación.....	6
1.4. Objetivos.....	6
Objetivo General.....	6
Objetivos Específicos.....	6
1.5. Alcance.....	7
1.6. Descripción de la zona de estudio.....	7
Localización.....	7
Clima.....	8
Población.....	9
Datos socioeconómicos.....	9
Vialidad.....	9
1.7. Marco Geológico.....	10
Geología Regional.....	10
Geología Local.....	12

Estratigrafía .....	12
Formación Machángara.....	12
Formación Cangahua .....	14
Geomorfología .....	14
Hidrografía .....	15
Hidrogeología .....	16
1.8. Principales Amenazas de la Zona de Estudio .....	18
Amenaza Volcánica .....	18
Amenaza Sísmica.....	19
Amenaza por Inundaciones .....	20
Amenaza por Fenómenos de Remoción en Masa, FRM.....	21
Amenazas Antrópicas.....	22
2. CAPÍTULO II: MARCO CONCEPTUAL.....	23
2.1. Definición de Conceptos .....	23
Peligro.....	23
Peligro Geológico. ....	23
Fenómenos de remoción en masa .....	23
Talud.....	25
Factor de seguridad.....	25
Ángulo de Fricción Interna.....	27
Cohesión.....	27
Prevención.....	28
Mitigación.....	28
Clasificación SUCS.....	28
Ensayo de Corte Directo.....	29
3. CAPITULO III: ASPECTOS METODOLÓGICOS .....	30
3.1. Levantamiento del Inventario de FRM .....	31
Tipo de Movimiento y actividad .....	32
Descripción Litológica y estratigráfica .....	34



Causas del movimiento .....	37
3.2. Geometría del Talud .....	37
3.3. Características Geotécnicas .....	41
Muestreo.....	41
Ensayo de Corte Directo.....	42
Ensayos para la Clasificación de Suelo tipo SUCS.....	44
Obtención de la Curva de Distribución Granulométrica.....	45
a) Ensayo de Granulometría por Tamizado en Seco .....	45
b) Ensayo de Granulometría por Hidrómetro.....	46
Límites de Atterberg .....	49
Obtención de la Permeabilidad (método indirecto).....	51
3.4. Cálculo del Factor de Seguridad (FS) en zonas inestables mediante el uso del software SLIDE 6.0.....	53
4. CAPÍTULO IV: RESULTADOS .....	58
4.1. Inventario de los Fenómenos de Remoción en Masa.....	58
Descripción litológica y estratigráfica.....	61
4.2. Características Geotécnicas .....	67
Ensayos de corte directo .....	67
Ensayos para la clasificación S.U.C.S.....	67
Ensayos de densidad de sólidos .....	68
Límites de Atterberg .....	68
Cálculo de la permeabilidad por método indirecto.....	70
Resumen de resultados de las características geotécnicas .....	71
4.3. Análisis de Estabilidad de zonas inestables .....	72
Perfil “C” .....	75
Perfil “C” con carga externa .....	76
Perfil “F” .....	77
Perfil “F” con carga externa .....	78
Perfil “G” .....	79

4.4.	Modelo Geotécnico 3D y corte longitudinal obtenidos mediante análisis geoestadístico.....	80
5.	CAPÍTULO V: DISCUSIÓN DE RESULTADOS .....	83
5.1.	Análisis del peligro por FRM .....	83
	Inventario de Fenómenos de Remoción en Masa .....	83
	Tipo de movimiento y actividad .....	85
	Causas del movimiento .....	87
	Características Geotécnicas.....	93
	Cálculo del Factor de Seguridad en Zonas Inestables .....	95
	Perfil “C” .....	95
	Perfil “F” .....	98
5.2.	Propuestas de mitigación en las zonas inestables .....	98
5.3.	Descripción de las medidas de mitigación aplicables para la zona de estudio. ....	100
	Medidas que reducen los esfuerzos al cortante .....	101
	Terraceo .....	101
	Terraceo con Trinchos en taludes .....	101
	Geomanto, geomallas, biomantos .....	102
	Biomanto.....	102
	Geomanto .....	102
	Geomalla .....	103
	Medidas para proteger el lecho del río contra el socavamiento .....	104
	Geotextiles.....	104
	Colchonetas.....	104
	Muro de tierra reforzada .....	106
	Tubos de geotextil rellenos.....	107
6.	CAPÍTULO VI: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	108
6.1.	Conclusiones .....	108
6.2.	Recomendaciones .....	111
7.	Bibliografía.....	113

8.	ANEXOS.....	116
8.1.	ANEXO I. Formato Para Inventario De Fenómenos De Remoción En Masa ..	117
8.2.	ANEXO II. Cálculo de las cargas por la presencia de casas al margen de la quebrada.....	119
	Casa – Perfil “F”.....	119
	Casa – Perfil “C” .....	120
8.3.	ANEXO III. Tabla De Inventario .....	121
8.4.	ANEXO IV. Cálculos De Corte Directo .....	126
	Muestra TR-03.....	126
	Muestra TR-01 .....	128
	Muestra LE-06 .....	130
8.5.	ANEXO V. Cálculos De Granulometría Por Hidrómetro y Ensayo de Densidad de Sólidos .....	132
	Muestra LE-01 .....	133
	Muestra LE-02 .....	138
	Muestra LE-03 .....	143
	Muestra LE-04 .....	148
	Muestra LE-05 .....	153
	Muestra LE-06 .....	158
	Muestra LE-07 .....	163
	Muestra TR-01.....	168
	Muestra TR-02.....	173
	Muestra TR-03.....	178
8.6.	ANEXO VI. Clasificación S.U.C.S.....	183
	Muestra LE-01 .....	183
	Muestra LE-02 .....	184
	Muestra LE-03 .....	185
	Muestra LE-04 .....	186
	Muestra LE-05 .....	187
	Muestra LE-06 .....	188

Muestra LE-07 .....	189
Muestra TR-01 .....	190
Muestra TR-02 .....	191
Muestra TR-03 .....	192
8.7. ANEXO VII. Modelamiento por software.....	193
Perfil “A” .....	193
Perfil “B” .....	194
Perfil “C” .....	195
Perfil “C” con carga.....	196
Perfil “D” .....	197
Perfil “E” .....	198
Perfil “F” .....	199
Perfil “F” con carga .....	200
Perfil “G” .....	201
Perfil “H” .....	202
Perfil “I” .....	203
Perfil “J” .....	204

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1. Avance de un deslizamiento ubicado frente al Barrio Terranova, calle S37C. Fuente: Administración Zonal Quitumbe.....	4
Figura 1.2. Calle S37C con daño en el adoquinado por avance del escarpe del deslizamiento. Fuente: Administración Zonal Quitumbe, año 2014.....	5
Figura 1.3. Ubicación de la zona de estudio. Fuente. Google Maps, año 2016 y Atlas de Amenazas Naturales del DMQ, 2015. ....	8
Figura 1.4. Vías de la Zona de Estudio.....	10
Figura 1.5. Esquema estratigráfico de la Subcuenca del Sur de Quito. Fuente: Peñafiel, 2009 .....	12
Figura 1.6. Geoformas representativas del sur de Quito, cercas a la zona de estudio. Fuente: Google Earth, año 2016.....	15
Figura 1.7. Quebradas existentes en el DMQ. Fuente: Dirección Metropolitana de Gestión de la Información, 2015 .....	16
Figura 1.8. Diseño del Acuífero del sur de Quito, la flecha indica la localización de la zona de estudio. Fuente: Avilés (2013). ....	17
Figura 1.9. Formaciones y Unidades Presentes en la Cuenca de Quito. Fuente: Avilés (2013).....	17
Figura 1.10. Amenaza Volcánica de la zona de estudio. Modificado de Dirección Metropolitana de Gestión de la Información, año 2015. ....	19
Figura 2.1. Nomenclatura de talud y ladera. Fuente: Suárez (1998).....	25
Figura 3.1. Métodos de Cálculo de estabilidad de taludes. (Ilustre Colegio Oficial de Geólogos - Delegación de Aragón, 2003).....	30
Figura 3.2. Ejemplo de Deslizamiento rotacional.....	33
Figura 3.3. Deslizamiento Rotacional. Fuente: Suárez (2009). ....	33
Figura 3.4. Ejemplo de columna litológica, (Perfil “G”). ....	34
Figura 3.5. Columnas en la Quebrada Ortega.....	35
Figura 3.6. Ubicación de la Quebrada Ortega (color verde) respecto la Quebrada Shanshayacu (color naranja); zona de Turubamba (color celeste). Fuente: Google Earth, 2016. ....	35
Figura 3.7. Sondeos eléctricos analizados por Cupuerán (2016).....	36
Figura 3.8. Aspectos para las causas de deslizamientos en la ficha de inventario. ....	37
Figura 3.9. Ortofoto y modelo digital del terreno (DEM). ....	38
Figura 3.10. Ubicación de los Perfiles. ....	39
Figura 3.11. Curvas de nivel mediante el uso de un Dron y perfiles obtenidos con CAD.....	40
Figura 3.12. Ensayos realizados en los diferentes niveles litológicos. ....	41

Figura 3.13. Gráficas para el análisis de los datos de corte directo; a) deformación vs. esfuerzo cortante, y b) esfuerzo normal vs. esfuerzo tangencial.....	44
Figura 3.14. Carta de plasticidad. Fuente: Das (2001). .....	50
Figura 3.15. Representación gráfica de la ecuación de Mohr - Coulomb. Fuente: Suárez (2009).....	54
Figura 3.16. Ejemplo de asignación de propiedades geotécnicas en el programa Slide.....	55
Figura 3.17. Métodos de cálculo de estabilidad presentes en Slide. ....	57
Figura 4.1. Ejemplo de FRM en el Mapa de Inventario. ....	58
Figura 4.2. Ubicación de columnas y perfiles. ....	64
Figura 4.3. Esquema de columnas litológicas del margen izquierdo. ....	65
Figura 4.4. Esquema de columnas litológicas margen derecho. ....	66
Figura 4.5. Carta de Plasticidad con las muestras de este estudio. ....	69
Figura 4.6. Perfil "C" sin sobrecarga externa. ....	75
Figura 4.7. Perfil "C" modelado con la sobrecarga externa debida a la casa. ....	76
Figura 4.8. Perfil "F". ....	77
Figura 4.9. Perfil "F" modelado con la carga externa debido a la casa. ....	78
Figura 4.10. Perfil "G". ....	79
Figura 4.11. Modelo en 3D de la quebrada en sentido S-N.....	81
Figura 4.12. Corte de la quebrada, sentido S-N. ....	82
Figura 5.1. Columna litoestratigráfica tipo que abarca todos los estratos de la zona de estudio.	83
Figura 5.2. Línea roja, ubicación en donde se tomó el radargrama, Deslizamiento parque lineal Cdla. El Ejército. Dirección N-W. Ubicación: 772190,90; 9966292,22. ....	86
Figura 5.3. Radargrama DAT_0790_A1, perfil de la Figura 5.1. Interpretación: Discontinuidades en las capas (líneas de color verde, azul, amarillo y lila). Fuente: Instituto Espacial Ecuatoriano, 2017. ....	86
Figura 5.4. Imágenes satelitales de la zona de estudio desde el año 2003 hasta 2016. Fuente: Google Earth.....	89
Figura 5.5. Deslizamiento ubicado en el perfil "C" en los años 2013 y 2014. Fuente: Google Earth, 2013-2014. ....	90
Figura 5.6. Deslizamiento en el perfil "G" y "H" en los años 2013 y 2014. Fuente: Google Earth, años 2013-2014. ....	91
Figura 5.7. Socavación al pie de talud.....	92
Figura 5.8. Desperdicios arrojados. ....	93
Figura 5.9. Perforaciones sugeridas para los perfiles "G" y "H". ....	99
Figura 5.10 Modelo de terraza para el terraceo. Fuente: Suárez (2001).....	101
Figura 5.11 Trinchos con estacas y postes. Fuente: Suárez (2001). ....	102

Figura 5.12 Ejemplos típicos de Geomalla Fuente: Suárez (2001). .....	103
Figura 5.13 Esquema de colocación de una Geomanto o Biomanto. Fuente: Suárez (2001). .....	103
Figura 5.14. Esquema de una colchoneta. Fuente: Gabion Supply (2013). .....	105
Figura 5.15. Esquema de un muro de tierra reforzado. Fuente: GabionMattress (2013). ..	106
Figura 5.16 Tubo de Geotextil relleno. Fuente: Suárez (2001).....	107

## ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS

Fotografía 3.1. Toma de muestras para el ensayo S.U.C.S. ....	42
Fotografía 3.2. Extracción de muestra de suelo para el ensayo de corte directo.....	42
Fotografía 3.3 Instrumentos para realizar el ensayo de corte directo; a) aros para tallar la muestra, b) cámara de ensayo, c) pesas para las cargas empleadas, y d) transductor.....	43
Fotografía 3.4. Serie de tamices: No.4, No. 10, No.20, No. 40, No. 200 y Bandeja de recolección.....	46
Fotografía 3.5. Probetas con muestras analizadas utilizando el hidrómetro. ....	47
Fotografía 3.6. Materiales necesarios para la estimación del peso específico (Gs).....	48
Fotografía 3.7. Estimación del límite líquido (LL), empleando una Cuchara de Casagrande. ....	49
Fotografía 3.8. Rollitos para obtener el límite plástico.....	50
Fotografía 4.1. Litoestratigrafía del perfil "F". ....	63
Fotografía 4.2. Material visible en un deslizamiento rotacional, se ven los tipos de materiales existentes.....	73
Fotografía 5.1. Muestra de suelo B después del ensayo de corte directo. a) No se produce fractura. b) Contenido de agua después de aplicar la carga. ....	85
Fotografía 5.2. Descargas de aguas servidas por parte de la casa en el perfil "C".....	95
Fotografía 5.3. Escombros arrojados al talud en la casa presente en el perfil "C"......	96
Fotografía 5.4. Grietas de tensión en el escarpe donde se encuentra el parqueadero de las volquetas.....	97
Fotografía 5.5. Escombros actuando como carga extra. ....	97
Fotografía 5.6. Socavamiento al pie de talud. ....	98
Fotografía 5.7. Colchoneta (Colchón Reno propiedad de Maccaferri). Fuente: Maccaferri, Maccaferri América Latina (2016).....	105
Fotografía 5.8. Muro de tierra reforzada (Terramesh, propiedad de Maccaferri). Fuente: Maccaferri, Maccaferri América Latina (2016). ....	106



## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1. Valores del factor Z en función de la zona sísmica adoptada. Fuente NEC-SE.DS .....	20
Tabla 1.2 Inundaciones entre los años 2005-2014. Fuente: Geodatabase-ECU-911-CBQ-PM .....	21
Tabla 1.3 Movimientos en masa registrados entre los años 2005-2014. Fuente: Geodatabase-ECU-911-CBQ-PM.....	21
Tabla 3.1. Descripción de la capa de turba y limos orgánicos en la zona de Turubamba, equivalentes al Suelo B en la zona de este estudio. Modificado de Cupuerán, 2016. ....	36
Tabla 3.2 Valores de las cargas empleadas para el ensayo de corte directo. ....	43
Tabla 3.3. Tamices empleados en Granulometría en seco según norma ASTM .....	45
Tabla 3.4 Clasificación SUCS, Fuente: ASTM D2487-06, (2006). ....	51
Tabla 3.5. Grados de permeabilidad. Modificado de Badillo & Rodríguez (1973). ....	52
Tabla 3.6. Valores de C para diferentes características del material. Fuente: Bowles (1982). .....	53
Tabla 3.7 Metodologías más comunes para el análisis de estabilidad de taludes. Fuente: Suárez (2009). ....	55
Tabla 3.8. Valores de las cargas de las casas. ....	57
Tabla 4.1. Resumen del Inventario de FRM. ....	60
Tabla 4.2. Margen Izquierdo. ....	62
Tabla 4.3. Margen Derecho .....	62
Tabla 4.4. Resultados del Ensayo de Corte Directo. ....	67
Tabla 4.5. Parámetros obtenidos a través de las Curvas Granulométricas.....	67
Tabla 4.6. Densidad de sólidos de las muestras. ....	68
Tabla 4.7. Límites de Atterberg obtenidos. ....	68
Tabla 4.8. Resultados de Ensayo S.U.C.S. ....	69
Tabla 4.9 Resultados de permeabilidad. ....	70
Tabla 4.10. Tabla resumen de las propiedades geomecánicas obtenidas en los ensayos de corte directo y densidad de sólidos.....	73
Tabla 4.11. Resumen de los FS en los diferentes perfiles. ....	74
Tabla 8.1 Calculo de la carga Casa del Perfil "F" .....	119
Tabla 8.2 Cálculo de la carga Casa del Perfil "C" .....	120

# 1. CAPITULO 1: INTRODUCCIÓN

## 1.1. Antecedentes

El Ecuador es un país afectado por amenazas naturales, siendo las más comunes y frecuentes los deslizamientos; los sismos y las erupciones volcánicas que son las más importantes en magnitud; además, posee una geomorfología con elevaciones de pendientes abruptas, las que pertenecen a la Cordillera de los Andes; la cual se formó debido a la subducción entre las placas tectónicas de Nazca y Sudamericana. Esta geomorfología, conjugada con algunos factores que generan movimientos en masa, llamados factores desencadenantes, provocan la ocurrencia de Fenómenos de Remoción en Masa (FRM) que pueden impactar a las poblaciones e infraestructuras, de allí la importancia de estudiar cómo se generan y comportan estos movimientos, para a través de su monitoreo y estabilización, precautelar el bienestar de las personas que habitan en las zonas donde encontramos FRM activos.

El Distrito Metropolitano de Quito (DMQ), es un territorio donde confluyen amenazas naturales como sismos, erupciones volcánicas, además de periodos de lluvias intensas y factores antrópicos, todos estos aspectos pueden disparar FRM, los mismos que al no ser manejados ni entendidos de una adecuada manera, ocasionan consecuencias negativas sobre la sociedad y sus infraestructuras (vías, viviendas, servicios básicos, etc.).

En la Quebrada Shanshayacu, zona del presente estudio, ubicada al Sur del Distrito Metropolitano de Quito, DMQ, los deslizamientos en los taludes se han generado desde hace varios años; sin embargo, desde el año 2014 los habitantes de los barrios cercanos a los márgenes de esta quebrada, se han preocupado por el incremento de deslizamientos, los cuales han afectado viviendas y vías, solicitando asistencia a la Administración Zonal Quitumbe y a la Secretaría de Gestión de Riesgo del DMQ, para que inspeccionen la zona y así establezcan medidas de mitigación para frenar o disminuir el avance de los deslizamientos.

Para entender de mejor manera la situación actual de la quebrada, se analizaron los estudios técnicos realizados por el Municipio del DMQ y la Administración Zonal Quitumbe, en donde en rasgos muy generales se mencionan resultados de análisis de suelos en lugares cercanos a la zona de estudio; además, de haber establecido una recuperación de la quebrada mediante parques lineales, esto sin haber realizado estudios de suelo para determinar la factibilidad de realizar estos sitios de recreación.

En el informe técnico de la primera inspección en el año 2015, realizada en los Barrios Terranova y Alpallacta, por parte de la Administración Zonal Quitumbe, se determinó un riesgo de nivel “Medio” ante movimientos en masa para todo el sector, pero también riesgo “Alto-Muy Alto” dentro del borde de la quebrada. Una segunda inspección realizada por la Administración Zonal Quitumbe, menciona la realización de obras de estabilización en algunos taludes de la quebrada, a cargo de la empresa INFADE CIA. LTDA.

Así mismo se implementaron acciones de recuperación de la Quebrada Shanshayacu, a cargo del Programa de Saneamiento Ambiental (PSA), buscando eliminar los asentamientos precarios presentes en la zona; este proyecto estaba mayormente enfocado a una recuperación de la quebrada, para convertirla en un espacio de recreación para los habitantes de la zona, además, hacer respetar la ordenanza que indica que no se pueden realizar construcciones a menos de 15 metros de los márgenes de la quebrada.

En base a estos antecedentes y al pedido de los moradores del sector, la Secretaría de Gestión de Riesgo del DMQ, conjuntamente con la Unidad de Seguridad de la Administración Zonal Quitumbe, solicitan la realización de un estudio en los taludes del tramo de la Quebrada Shanshayacu que en el tramo a estudiarse colindan con los Barrios Terranova y Ciudadela del Ejército, para analizar el peligro por FRM; este Trabajo Técnico Experimental servirá como trabajo referencial.

## **1.2. Problema**

El Barrio Terranova y la Ciudadela de El Ejército se ubican al Sur del Distrito Metropolitano de Quito, aproximadamente a 800 metros de distancia del Terminal Terrestre Quitumbe en sentido SSE, estos barrios se asentaron colindantes con un tramo de la Quebrada Shanshayacu, ubicado entre las calles Av. Mariscal Sucre y Quitumbe Ñan, al oeste y este respectivamente; y desde la avenida Cóndor Ñan, al norte, pasando la avenida Guayanay Ñan hasta la avenida Mariscal Sucre, al sur. (Figura 1.3.).

“Históricamente, la Quebrada Shanshayacu era fuente de aprovisionamiento de agua de la zona y se utilizaba como espacio recreativo de la comunidad asentada en sus alrededores. Con el paso del tiempo, ha devenido en un importante canal de evacuación de agua contaminada de la zona. Al deterioro ambiental consiguiente, se añade la inseguridad social resultante y el aumento del riesgo de deslizamientos por la inestabilidad de sus taludes, debidos a la destrucción de la capa vegetal y a la invasión ilegal de los bordes.” (Programa de Saneamiento Ambiental para el Distrito Metropolitano de Quito-PSA-FASE II, 2013).

A lo largo de la Quebrada Shanshayacu existe erosión provocada por la pendiente del terreno, la naturaleza de la cobertura vegetal, la agresividad de los agentes erosivos, la erosionabilidad del suelo y las acciones antrópicas. Los agentes erosivos son la lluvia, las aguas servidas que aumentan el caudal e incrementa los procesos erosivos al pie del talud (socavación). “La erosión aumenta a medida que la pendiente del talud lo hace, lo que produce un incremento en la velocidad y en el volumen de la escorrentía superficial; por otro lado, en un terreno con pendiente las gotas de lluvia salpican pendiente arriba y pendiente abajo, no como en el suelo llano donde son salpicadas en todas las direcciones uniformemente; esto hace que la pendiente aumente aún más.” (Cantero et al., 2004). Además, existen otros factores antrópicos que aceleran la erosión, como los asentamientos poblacionales al borde de la quebrada, agricultura y animales de granja.

De acuerdo a los informes del 4 de mayo (Informe No. JZCS-AZQ/GRD-019) y 19 de agosto del 2015 (Informe No. JZCS-AZQ/GRD-028) de la Administración Municipal Zona Quitumbe, han existido deslizamientos en esta zona desde el año 2014 (marzo de ese año), como se puede apreciar en la figura 1.1., los mismos que permanecen activos hasta la actualidad, presentando características de deslizamientos rotacionales con profundidades de metros a decenas de metros. Según el testimonio de los moradores de los barrios aledaños, los deslizamientos han sido y son causados por periodos intensos de lluvias, por lo general cuando las precipitaciones duran más de 24 horas.



Figura 1.1. Avance de un deslizamiento ubicado frente al Barrio Terranova, calle S37C.  
Fuente: Administración Zonal Quitumbe

Otra evidencia de estos fenómenos son las grietas observadas en las paredes de las casas ubicadas cerca del margen de la quebrada; estos daños estructurales se deben a que las viviendas en la zona “no fueron construidas tomando en consideración factores de sismo-resistencia ni se realizaron estudios de suelo” (Unidad de Seguridad Ciudadana-Administración Quitumbe, 2015). “Considerando el asentamiento que presenta la vía, la inclinación que presenta el borde superior de la Quebrada Shanshayacu en varios tramos y una vivienda donde se puede observar varias fisuras por el asentamiento del suelo se

considera al sector de vulnerabilidad moderado-alto ante movimientos en masa” (Unidad de Seguridad Ciudadana-Administración Quitumbe, 2015).

En cuanto a los daños a infraestructuras, los informes mencionados anteriormente por parte de la Administración Zonal Quitumbe y fotos anexas a estos, evidencian el perjuicio existente, como se puede ver en la figura 1.2.



Figura 1.2. Calle S37C con daño en el adoquinado por avance del escarpe del deslizamiento. Fuente: Administración Zonal Quitumbe, año 2014

De acuerdo al testimonio de los moradores de las zonas aledañas, debido a la actividad sísmica del año 2016 y principalmente a las intensas precipitaciones, la cantidad de deslizamientos activos ha aumentado; por lo que continúa la afectación existente en las

infraestructuras de la zona como viviendas y vías de comunicación, sobre todo en zonas cercanas a deslizamientos activos.

Por todo lo mencionado anteriormente se entiende que se trata de un problema de peligro geotécnico por inestabilidad de taludes en las márgenes de esta quebrada afectando a un medio urbano.

### **1.3. Justificación**

El conocer las causas que provocan los deslizamientos en un tramo de la Quebrada Shanshayacu donde se asientan los Barrios Terranova y Ciudadela de El Ejército, permitirá sugerir medidas de mitigación que reduzcan el riesgo de las familias.

En cuanto a los impactos a la población podemos mencionar diferentes factores “que pueden generar posibles riesgos a las familias que habitan dentro de la franja de protección de la Quebrada Shanshayacu: deslizamientos e inundaciones desencadenantes por lluvias intensas de la zona y sismos en el DMQ” (Veintimilla et al., 2015). De igual manera se observan drenajes sanitarios que desembocan en el talud, además se debe considerar que las diferentes viviendas “no fueron construidas tomando en consideración factores de sismo-resistencia ni se realizaron estudios de suelo” (Veintimilla et al., 2015).

Por estas razones este es un estudio de interés para el Municipio del Distrito Metropolitano de Quito, por lo tanto esta investigación se realiza junto con la Secretaría de Gestión de Riesgos.

### **1.4. Objetivos**

#### **Objetivo General**

Analizar las zonas inestables en los taludes ubicados en un tramo de 1600 metros de la Quebrada Shanshayacu para proponer medidas de mitigación que aporten al manejo integral en la zona donde se ubican los Barrios Terranova y la Ciudadela de El Ejército.

#### **Objetivos Específicos**

- Realizar un estudio geológico y litoestratigráfico a detalle en el tramo de 1600m de la Quebrada Shanshayacu.
- Realizar un inventario de los deslizamientos en los taludes de la quebrada



- Caracterizar los mecanismos generadores de los FRM en función del análisis de la información geológica y geotécnica recopilada.
- Caracterización de las propiedades geomecánicas de los suelos del perfil litoestratigráfico y construcción de un modelo geotécnico a través de software geoestadístico.
- Evaluar el factor de seguridad de las zonas inestables a través de un software aplicado para el análisis de estabilidad de los FRM identificados.
- Realizar la propuesta de medidas de mitigación en función de los resultados obtenidos.

## **1.5. Alcance**

El análisis de estabilidad de los fenómenos de remoción en masa, FRM, requiere conocer los factores que reducen la resistencia al corte de una ladera y la hacen más susceptible a deslizarse, en especial cuando eventos externos como lluvias, sismos y eventos erosivos actúan en la zona. Este análisis del peligro por FRM permite comprender las causas relacionadas con las condiciones geológicas que están generando inestabilidad en los taludes de la quebrada para desde allí delinear medidas que aporten con los estudios geotécnicos y obras civiles posteriores para su estabilización.

Este estudio plantea conocer a detalle las características y tipología de los fenómenos de remoción de masa que se han generado en la zona a través de un inventario, levantamientos litoestratigráficos, caracterización geotécnica y análisis de estabilidad, para comprender las causas que provocaron inestabilidad en los taludes de la quebrada.

## **1.6. Descripción de la zona de estudio**

### **Localización**

La zona de estudio, tramo de 1600 metros de la Quebrada Shanshayacu, se ubica al sur-occidente del Distrito Metropolitano de Quito, DMQ y comprende 6.4 hectáreas. Los Barrios Terranova y Ciudadela de El Ejército, asentados en los bordes de la quebrada, pertenecen a la Parroquia Quitumbe. Los límites aproximados de la zona al oeste y este son las calles Av. Mariscal Sucre y Quitumbe Ñan, respectivamente; y desde la avenida Cóndor Ñan (al norte) pasando la avenida Guayanay Ñan hasta la intersección de la quebrada con la avenida Mariscal Sucre (al sur)., como se puede visualizar en la figura 1.3.



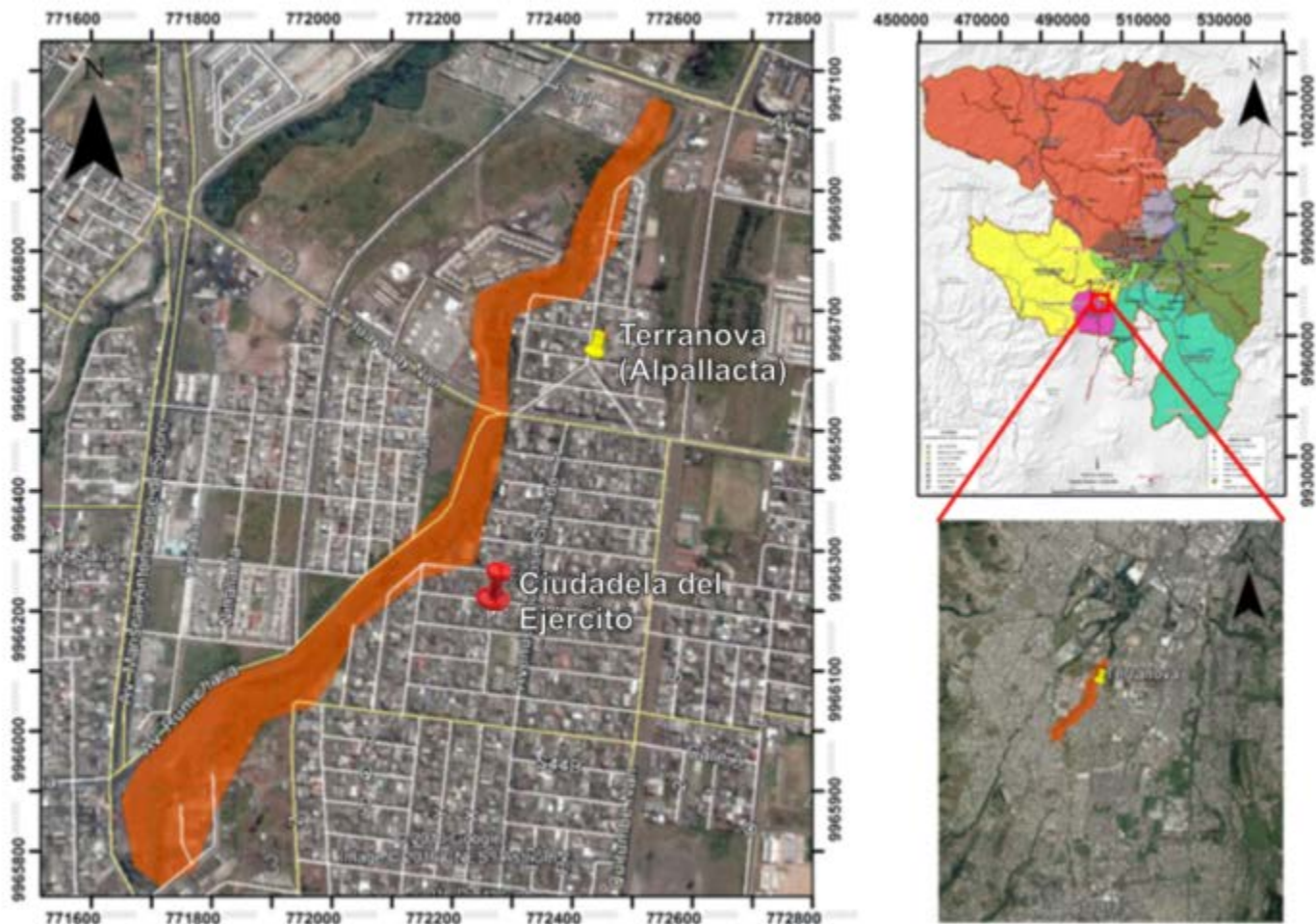


Figura 1.3. Ubicación de la zona de estudio. Fuente. Google Maps, año 2016 y Atlas de Amenazas Naturales del DMQ, 2015.

## Clima

El clima de Quito es variable, esto debido a su geografía y a la presencia de muchos microclimas que existen en su entorno. Tiene dos estaciones: la lluviosa y la seca que se caracterizan en función al régimen pluviométrico. Cabe mencionar que en la actualidad estos periodos temporales han variado en intensidad, duración y también en frecuencia, como resultado de los cambios climáticos; durando así, el periodo seco aproximadamente 4 meses y el periodo lluvioso hasta en unos 8 meses (Quito-DMQ, 2015).

El factor más relevante del clima de Quito, es la precipitación, cuyas intensidades y periodos están condicionados al comportamiento de los patrones meteorológicos que inciden en el Ecuador y especialmente en el Distrito, y se convierte en uno de los factores determinantes para eventos como deslizamientos, deslaves y flujos de lodo. Las precipitaciones máximas se dan al sur y van decreciendo hacia el norte, con una gradiente norte-sur de

aproximadamente de 21 mm/km. Las intensidades máximas están alrededor de 43 mm, en 30 minutos, y llueve un promedio de 172 días al año. El régimen de las lluvias tiene las características de clima ecuatorial, pero con una forma de distribución e intensidad diferentes, geográficamente y en el tiempo.

La zona de estudio al ubicarse al Sur de Quito posee un clima mesotérmico semihúmedo, el cual se caracteriza por tener precipitaciones anuales de 500 a 2000 mm, tiene además dos estaciones lluviosas que oscilan entre febrero-mayo y octubre-noviembre. La temperatura promedio varía entre 12 y 20 °C.

## **Población**

La Administración Zonal Quitumbe, donde se localiza la quebrada tiene una población de 288 620 habitantes según el último censo de población realizado en el año 2010, indicando un incremento poblacional del 26.88% comparado con el último censo realizado en el año 2001. El Barrio Terranova (Alpallacta) tiene una población de 1978 habitantes y la Ciudadela de El Ejército 4753 habitantes, en función de los datos del Censo 2010. La población total se aproxima a 7000 habitantes incluyendo los asentamientos ilegales de los que no se tiene información precisa.

## **Datos socioeconómicos**

La zona de estudio comprende los Barrios Terranova y Ciudadela de El Ejército, aunque en el tramo final cerca de la Avenida Mariscal Sucre existe un barrio no legalizado, ocasionando que las condiciones de vida no sean las adecuadas y estén limitadas al no contar con los beneficios que tiene un barrio legal, como son agua potable y alcantarillado.

Los habitantes más antiguos del sector, quienes viven ahí desde hace aproximadamente 30 años, se dedican a la crianza de animales y a la agricultura, mismos que han visto el avance de la quebrada a través de los años. En su mayoría el uso de suelo corresponde a parques lineales, viviendas y vías.

## **Vialidad**

La zona de estudio se enmarca en un espacio residencial, donde se encuentran varias vías principales como son la Avenida Mariscal Sucre, la Avenida Guayanay Ñan, Avenida Rumichaca y Avenida Condor Ñan, observadas en la figura 1.4.

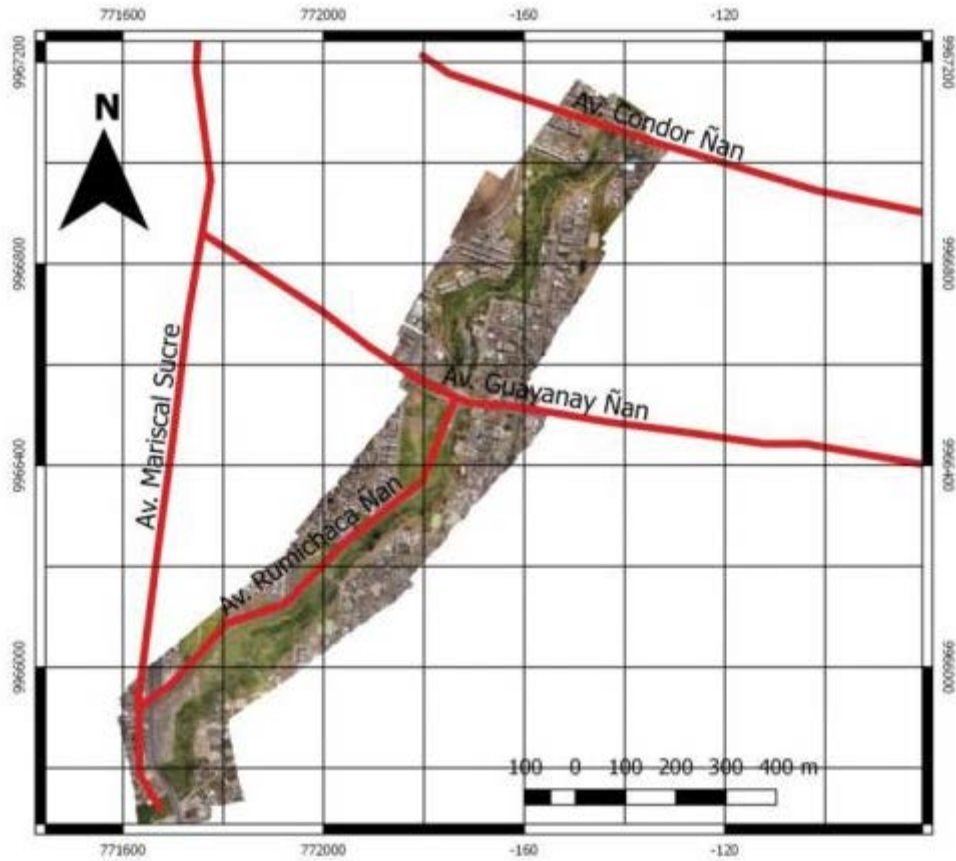


Figura 1.4. Vías de la Zona de Estudio.

## 1.7. Marco Geológico

### Geología Regional

Los Andes son un clásico ejemplo de una cadena montañosa construida sobre una zona de subducción. Patrones de sismicidad y volcanismo dejan poca duda de que la placa Pacífico se subduce bajo Sudamérica y que esto ha pasado desde al menos el Jurásico Tardío, 163 Ma. (Gansser, 1973), (Lonsdale, 1978).

Los Andes probablemente han crecido por compresión, levantamiento, intrusión, engrosamiento de corteza, y volcanismo. Sin embargo, una gran parte de los Andes del norte, principalmente la corteza oceánica, es considerado como alóctono, acrecionada durante el Cretácico y Terciario (Jaillard et al., 1990).

El valle interandino es una depresión topográfica orientada aproximadamente N-S a NNE-SSW que abarca entre  $\sim 2^{\circ}30'S$  y  $\sim 0^{\circ}45'N$  en Ecuador (Winkler et al., 2005).

Esta depresión está limitada por la Cordillera Real (CR) al este y el Cordillera Occidental (CO) al oeste y alberga una serie de cuencas sedimentarias, que se formaron en respuesta a reordenamientos tectónicos a gran escala desde finales del Mioceno al presente en el arco y antearco Andino Ecuatoriano. Atravesado de norte a sur, las siguientes subcuencas han sido reconocidas en el Ecuador: (1) la cuenca Chota, situada en el norte del Valle Interandino entre las ciudades de Ibarra y Tulcán; (2) la cuenca de Quito-San Antonio-Guayllabamba; (3) la cuenca Ambato-Latacunga, y (4) la cuenca de Riobamba-Alausí en el extremo sur (Winkler et al., 2005).

La depresión está limitada por las fallas asociadas a los principales límites estructurales de la Cordillera Occidental y Real, que son hacia el este la falla Peltetec, falla Pisayambo; al oeste la falla Calacalí - La Victoria – Pallatanga (Winkler et al., 2005).

Según Villagómez (2003), el callejón Interandino se encuentra dividido en tres segmentos por dos importantes nudos. Estos nudos volcánicos marcan importantes cambios en la orientación de la depresión. El segmento Central (Quito-Guayllabamba) ha sido denominado Valle Interandino Central y su límite norte es el nudo constituido por los volcanes Mojanda y Cusín, y su límite sur el nudo constituido por los volcanes Rumiñahui, Pasochoa, Cotopaxi e Illiniza.

El Valle interandino Central ha tenido un desarrollo tectónico en un régimen transpresivo dextral con un importante control de su borde occidental. (Villagómez, 2003)

La formación de la cuenca de Quito se relaciona con el sistema de fallas inversas de Quito, la cual se expresa morfológicamente por tres lomas alargadas en dirección N – NNE que se localizan al borde de la ciudad. Estas estructuras flexurales corresponden tres segmentos importantes; Lomas Calderón – Catequilla (CCR), Lomas Batán – La Bota (BBR) y Lomas Ilumbisí – Puengasí (IPR). La evidencia tectónica, sedimentológica y morfológica, indica que el sistema se empezó a propagar desde el norte en una serie de pulsos a lo largo de segmentos que conforman el sistema de fallas activas inversas de Quito. (Villagómez, 2003) Dicha cuenca se encuentra en el valle formado entre la Cordillera Occidental (Complejo Volcánico Pichincha) y las Lomas Batán-La Bota y Lomas Ilumbisí - Puengasí (Villagómez, 2003).

La zona de estudio puntualmente se encuentra en la Subcuenca del Sur de Quito, que tiene un área aproximada de 127.7 km<sup>2</sup>. El valle del Sur de Quito se presenta como una planicie de 53.7 km<sup>2</sup>. Su altura varía entre 3080 m.s.n.m (al sur) y 2800 m.s.n.m. (al norte) y una pendiente promedio de dos grados con inclinación NNE. Las quebradas que corren sobre esta planicie constituyen los afluentes del Río Machángara y drenan en dirección N – NNE (Peñañiel, 2009).

## Geología Local

La Quebrada Shanshayacu es parte del sistema hidrológico de la Subcuenca del Sur de Quito. La litología y estratigrafía de la zona están enmarcadas en este contexto geológico donde predominan materiales sedimentarios, volcanosedimentos, rocas retrabajadas, depósitos aluviales y flujos como los más representativos.

## Estratigrafía

En la Subcuenca del Sur de Quito se encuentran las dos siguientes formaciones geológicas; Formación Machángara y Formación Cangahua. Figura 1.5.













			LITOLOGÍA
<b>FORMACIÓN CANGAHUA Holoceno (0.01 Ma)</b>			 Cangahua (Acuitardo)
			 Coluviales
<b>FORMACIÓN MACHÁNGARA Pleistoceno Tardío</b>	<b>Mb. Quito</b>	U. Fluvio - Lacustre El Pintado	 Turbas, paleosuelos y tobas
			 Niveles de arcilla verde y cenizas
	 Brechas, arcillas y areniscas finas		
	<b>Mb. Volcánicos Basales</b>	U. Volcanosedimentaria Guamaní Aprox. 410 - 70 ka	 Cenizas y oleadas piroclásticas
 Flujo piroclásticos "block and ash" Acuífero			
<b>Mb. Volcánicos Basales</b>	U. de Basamento	 Toba blanca	
		 Flujos de lodo proximales y distales	
		 Avalanchas de Escombros (Acuífero)	
		 Brecha volcánica soldada	
			 Flujos de lava andesítica

Figura 1.5. Esquema estratigráfico de la Subcuenca del Sur de Quito. Fuente: Peñafiel, 2009

## Formación Machángara

Consiste en su base de depósitos volcánicos primarios (Mb. Volcánicos Basales) y lahares y fluviales al tope (Mb. Quito) las cuales son depositadas sinsedimentariamente con la actividad de la Falla de Quito y forman discordancias progresivas hacia BBR e IPR. La edad de esta formación es Pleistoceno Tardía (Villagómez, 2003).

El Miembro Quito está conformado por la Unidad Fluvio Lacustre El Pintado y la Unidad Volcanosedimentaria Guamaní.

- Unidad Volcanosedimentaria Guamaní: Está formada por depósitos volcánicos primarios que incluyen flujos piroclásticos, caídas de pómez y ceniza. La base de la unidad está formada por un depósito de tobas blancas. El depósito es altamente poroso y de baja densidad. Contiene restos de plantas, fracturas rellenas con óxidos y líticos andesíticos. Éste depósito subyace a un flujo piroclástico poco compactado, compuesto por bloques de dacita dentro de una matriz de arena volcánica. El flujo piroclástico es de color gris pero hacia el techo se torna color amarillo rojizo. La matriz del flujo es arena gruesa formada principalmente por plagioclasa, hornblenda y cuarzo. La homogeneidad y composición monolítica del depósito indican que el flujo es de tipo “block and ash”, el cual presenta un buen sorteo. Y, hacia el tope se encuentra una serie de cenizas y oleadas piroclásticas estratificadas (Peñañiel, 2009).
- Unidad Fluvio – Lacustre El Pintado: La base de la unidad está formada por brechas volcánicas intercaladas con estrados de areniscas finas y arcillas, cuyos espesores oscilan entre 0.30 y 1 metro. Sobreyaciendo a este conjunto, se encuentra una serie de estratos de arcilla y arena de color verde (reportada hacia el oeste y norte de la subcuenca). Hacia el techo de la unidad, se han identificado una serie de turbas, paleosuelos y tobas que sobreyacen a los depósitos de arcilla y arena de color verde. Este conjunto alcanza un espesor de 20 metros. La presencia de varios niveles de turba, con espesor de hasta 1 metro, indica que este conjunto se depositó en un ambiente lacustre (Peñañiel, 2009).

A su vez dentro del Miembro Basal se encuentra la Unidad de Basamento

- Unidad de Basamento: constituye el basamento de la Subcuenca del Sur de Quito, está formado por flujos de lava, brechas volcánicas, avalanchas de escombros y flujos de lodo provenientes del Complejo Volcánico Atacazo – Ninahuilca y el Complejo Volcánico Pichicha. Estos depósitos son de composición andesítica y textura afanítica. Se encuentran asociados a autobrechas soldadas de color rojizo. Este conjunto alcanza un espesor de 30 metros en afloramiento y muestra varios eventos de depositación con dirección de flujo hacia el este, lo que sugiere que son productos del Complejo Volcánico Atacazo – Ninahuilca (Peñañiel, 2009).

**Formación Cangahua:** La cangahua es una toba color café que en la parte superior presenta niveles de paleosuelos y estratos de pómez de caída de hasta 30 centímetros de espesor; en la parte media se encuentran estratos de arena fina de hasta 50 centímetros de potencia. A la base de la formación, especialmente en los flancos de los Complejos volcánicos Atacazo – Ninahuilca y Pichincha, se presentan coluviales de hasta 2 metros de espesor, formados por bloques de andesita, dacita y pómez dentro de matriz limo arenosa color café. Esta formación presenta estratos de litología variada, pero los depósitos de pómez y arena tienen buen sorteo (Peñafilel, 2009).

## **Geomorfología**

La Subcuenca del Sur de Quito está limitada al norte por el domo El Panecillo y el río Machángara, al sur por la quebrada Saguanchi afluente del río San Pedro, al oeste por los complejos volcánicos Atacazo – Ninahuilca (CVAN) y Pichincha (estructural basal El Cinto) y al este por la Loma de Puengasí, la cual tiene una morfología más suave y menos erosionada (Peñafilel, 2009; Villagómez, 2003). En la figura 1.6. se puede observar las estructuras geomorfológicas principales del sur de Quito.

La cuenca propiamente dicha constituye una fosa tectónica o un graben, relleno con materiales volcanosedimentarios cuaternarios, cubiertos con una potente capa de cangahua y ceniza volcánica reciente. En este paisaje geomorfológico, se encuentra la “grada de Quito” que constituye un bloque alargado, cuyo levantamiento está relacionado con la falla geológica que va desde Tambillo hasta la Mitad del Mundo (Quito-DMQ, 2015).





Figura 1.6. Geformas representativas del sur de Quito, cercas a la zona de estudio.

Fuente: Google Earth, año 2016.

## Hidrografía

El sistema hidrográfico del DMQ está conformado por ríos de montaña, todos ellos afluentes al Río Guayllabamba (El Machángara, San Pedro, Monjas, Cinto, Mindo, Saloya, Blanco), que nacen en las estribaciones de los volcanes Atacazo, Illinizas, Rucu y Guagua Pichincha, Cotopaxi y Sincholagua, así como de las laderas occidentales y orientales de las Cordilleras Oriental y Occidental (Quito-DMQ, 2015). La Quebrada Shanshayacu pertenece a una cuenca proveniente del volcán Atacazo, como se puede observar en el recuadro de la figura 1.7.



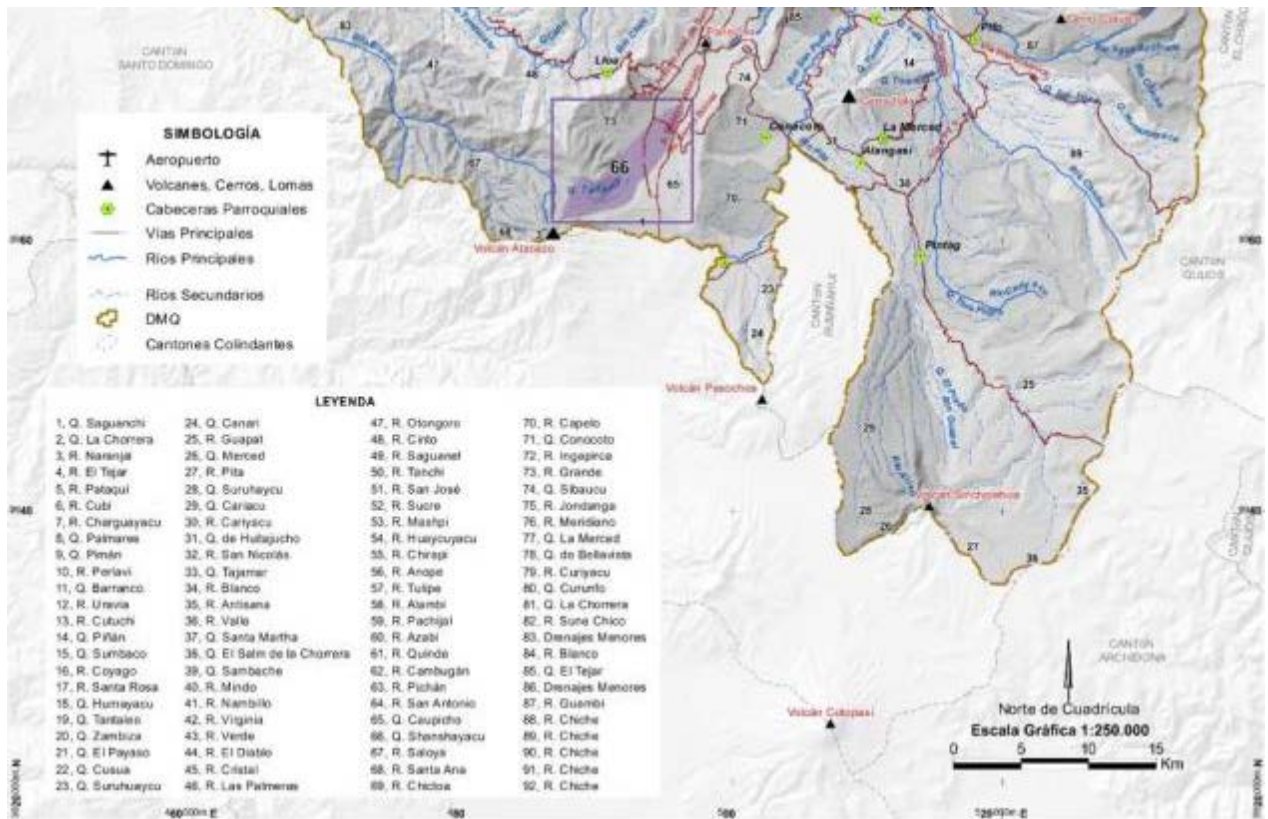


Figura 1.7. Quebradas existentes en el DMQ. Fuente: Dirección Metropolitana de Gestión de la Información, 2015

## Hidrogeología

En la zona de estudio, el acuífero Sur, figura.1.8. y figura. 1.9., proviene de la cuenca de alimentación del río Machángara. Se extiende hasta el Panecillo hacia el Norte, La Joya hacia el Sur, el Atacazo al oeste y al este el valle de los Chillós (Avilés, 2013).

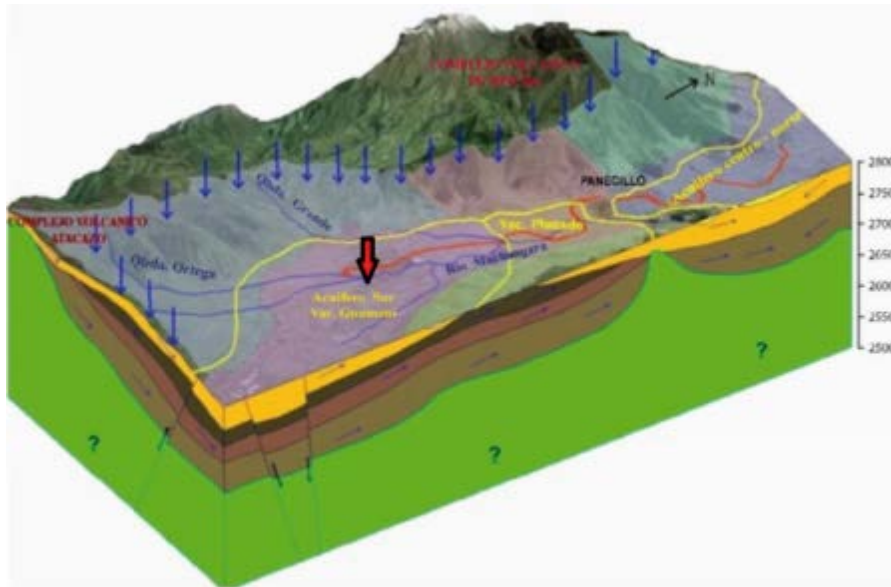


Figura 1.8. Diseño del Acuífero del sur de Quito, la flecha indica la localización de la zona de estudio. Fuente: Avilés (2013).

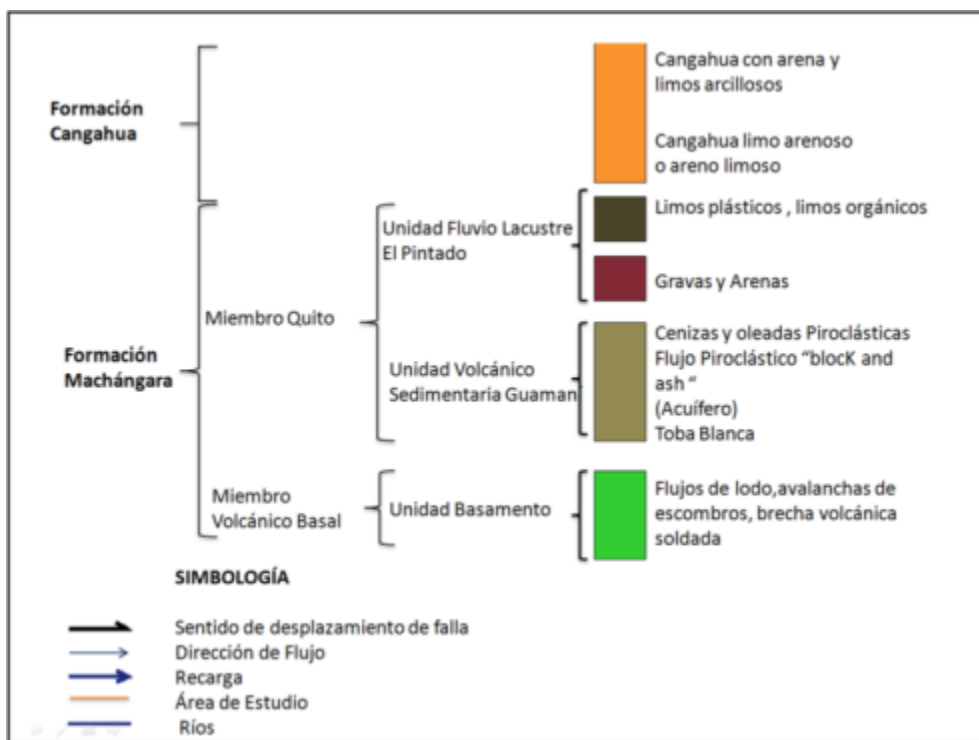


Figura 1.9. Formaciones y Unidades Presentes en la Cuenca de Quito. Fuente: Avilés (2013).

De acuerdo a estudios previos por la EPMAPS (2009), éste acuífero se divide conforme a las litologías características, en: Yacimiento el Pintado y Yacimiento Guamaní.

- Yacimiento El Pintado:

Según Avilés (2013) se ubica en el sector El Pintado, presenta una capa superior semipermeable que comprende tobas (cangahuas retrabajadas), luego se encuentra un depósito de sedimentos lagunares compuestos por secuencias estratificadas de arcillas, limos, turbas y arenas. Este acuífero corresponde a la Formación Machángara que tiene la particularidad de variación horizontal y en profundidad de facies. Las zonas de recarga son los flancos occidentales del Complejo Volcánico Pichincha.

- Yacimiento Guamaní:

Con una zona de recarga en los flancos occidentales del Complejo Volcánico Atacazo, éste presenta tres niveles con diferentes características: la formación Cangahua que corresponde al acuitardo, y descarga en el río Machángara; el acuífero superior que es multicapa y semiconfinado, y el acuífero inferior el cual es confinado con artesianismo fluyente (Avilés, 2013).

## **1.8. Principales Amenazas de la Zona de Estudio**

Las amenazas constituyen un aspecto que condiciona el desenvolvimiento socio-económico y cultural de los pueblos. En nuestro país se presentan eventos de origen sísmico, volcánico, hidrometeorológico y Fenómenos de Remoción en Masa como los que afectan al tramo de la Quebrada Shanshayacu. A continuación, realizaremos una breve descripción de los mismos.

### **Amenaza Volcánica**

La zona de estudio se encuentra amenazada por la presencia del Complejo Volcánico Atacazo-Ninahuilca (CVAN) y el Complejo Volcánico Pichicha (CVP) como se observa en la figura 1.10., siendo la amenaza por la caída de ceniza, flujos piroclásticos.

#### **Complejo Volcánico Atacazo-Ninahuilca**

Está localizado en la Cordillera Occidental del Ecuador, a 20 km al suroeste de Quito. El complejo puede ser dividido en un edificio viejo (siendo los Volcanes Carcacha y Atacazo), y un edificio joven consistiendo en dos grupos de domos dacíticos. El volcán Atacazo es el más grande del complejo (Panchana, 2015).

El Atacazo-Ninahuilca es un volcán poco conocido cuyo edificio principal, llamado Atacazo, es bastante antiguo y puede ser visto claramente desde el sur de Quito. La parte más joven

y potencialmente activa de este complejo, llamada Ninahuilca, está ubicada al Sur-Occidente del Atacazo y conformada por un grupo de domos de lava concentrados al interior de una depresión topográfica de forma rectangular, que cubre una superficie de ~20 km<sup>2</sup>. Por su ubicación, estos domos han pasado prácticamente desapercibidos por la ciudadanía durante mucho tiempo (Instituto Geofísico-EPN, 2016).

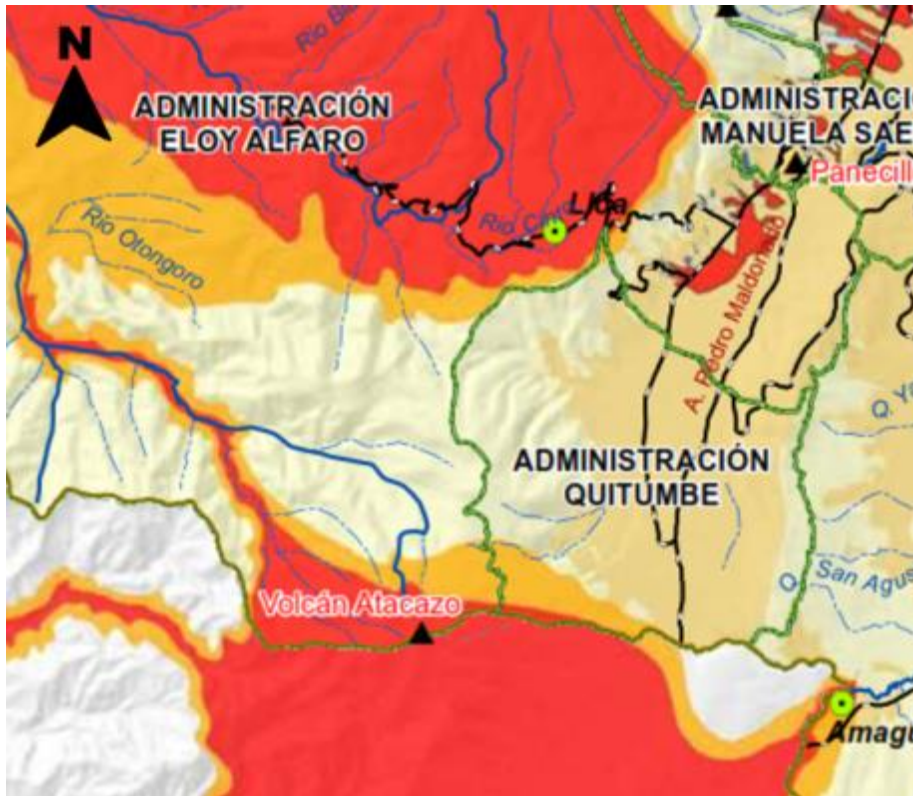


Figura 1.10. Amenaza Volcánica de la zona de estudio. Modificado de Dirección Metropolitana de Gestión de la Información, año 2015.

### Amenaza Sísmica

La zona de estudio presenta un riesgo intermedio-alto, debiendo considerar el tipo de suelo y la definición de la calidad constructiva a utilizar, basándose en la Norma Ecuatoriana para la Construcción 2015 (NEC-15), que determinó seis zonas sísmicas para el diseño de construcción caracterizadas por un valor Z, que representa la aceleración sísmica máxima en roca y se expresa como fracción de la aceleración de la gravedad. Tabla 1.1.

Tabla 1.1. Valores del factor Z en función de la zona sísmica adoptada. Fuente NEC-SE.DS

Zona Sísmica	I	II	III	IV	V	VI
Valor factor Z	0.15	0.25	0.30	0.35	0.40	>0.50
Caracterización del peligro sísmico	Intermedia	Alta	Alta	Alta	Alta	Muy Alta.

Estableciendo además un mapa que zonifica las principales zonas sísmicas, proveniente del resultado del estudio de peligro sísmico para un 10% de excedencia en 50 años, que incluye una saturación a 0.50 g de los valores de aceleración sísmica en roca en el litoral ecuatoriano.

### **Amenaza por Inundaciones**

En la ciudad de Quito y sus alrededores, las anegaciones de las avenidas y calles se producen de manera rápida, asociadas con lluvias intensas en las partes altas de las cuencas hidrográficas.

La principal problemática ante las inundaciones es la presencia de lluvias intensas y localizadas puntualmente, que se producen generalmente en épocas lluviosas provocando desbordes en ríos y/o quebradas.

La amenaza por inundación está en función de la probabilidad de ocurrencia de lluvias extraordinarias, de corta duración y alta intensidad y, fundamentalmente está en función del daño potencial que puede causar en el territorio. Sin embargo, las inundaciones también dependen de las características físicas de los territorios del DMQ y de la capacidad de evacuación de aguas de escorrentía.

A continuación, en la Tabla 1.2. se observan los eventos de inundaciones registrados en el DMQ, entre los años 2005-2013.

Tabla 1.2 Inundaciones entre los años 2005-2014. Fuente: Geodatabase-ECU-911-CBQ-PM

PERÍODO DEL REGISTRO	ADMINISTRACION ZONAL D.M.Q	NUMERO DE EVENTOS
2005 – 2014	Calderón	66
	Eloy Alfaro	107
	Eugenio Espejo	165
	La Delicia	148
	Los Chillos	83
	Manuela Sáenz	87
	Quitumbe	83
	Tumbaco	65
	La Mariscal	0
	<b>Total</b>	<b>D.M.Q.</b>

### Amenaza por Fenómenos de Remoción en Masa, FRM

El Atlas de Amenazas Naturales de Quito establece que los fenómenos más comunes que se desarrollan en los territorios del DMQ, son los desplazamientos y desprendimientos que se generan en las márgenes de las quebradas, taludes de vías y en pendientes mayores a 30°, así como flujo de lodo y escombros.

Tabla 1.3 Movimientos en masa registrados entre los años 2005-2014. Fuente: Geodatabase-ECU-911-CBQ-PM.

PERÍODO DEL REGISTRO	ADMINISTRACION ZONAL D.M.Q	NUMERO DE EVENTOS
2005 – 2014	Calderón	46
	Eloy Alfaro	146
	Eugenio Espejo	111
	La Delicia	75
	Los Chillos	64
	Manuela Sáenz	223
	Quitumbe	74
	Tumbaco	77
	La Mariscal	1
	<b>Total</b>	<b>D.M.Q.</b>

Los movimientos en masa que se dan en la zona de estudio están asociados a procesos gravitatorios, que hacen que partes del terreno se desplacen sobre pendientes debido a factores naturales. Estos procesos interactúan directamente con las precipitaciones, las cuales son causantes de los movimientos en masa, ya que aumentan la inestabilidad del suelo. Estos movimientos, así como su intensidad y ocurrencia se encuentran relacionados con la intervención antrópica en los terrenos, convirtiéndolos en un fenómeno socio-natural.

El DMQ ofrece condiciones propicias para la ocurrencia de deslizamientos, derrumbes y flujos de detritos. En las áreas húmedas predominan los deslizamientos, mientras que en zonas secas con menores precipitaciones y suelos descubiertos o con poca vegetación, predominan los flujos de detritos (Quito-DMQ, 2015).

En la Tabla 1.3. se muestran los movimientos en masa en las administraciones zonales del DMQ.

### **Amenazas Antrópicas**

Este tipo de amenaza se define como la ocasionada por el hombre, sea de forma accidental o premeditada, provocando daños en su entorno. Algunas veces las amenazas naturales pueden tener influencia de factores antrópicos, convirtiéndose en amenazas socio-naturales, causando grandes daños a infraestructuras expuestas, población, etc.

Para el caso de la quebrada Shanshayacu se han encontrado las siguientes amenazas antrópicas:

- El relleno de la quebrada.
- Construcciones al borde de la quebrada.
- Deficiente manejo de aguas servidas en la zona.

El relleno de la quebrada es el factor que más afecta a la zona, de igual manera las construcciones de viviendas en la zona no respetan la ordenanza que establece una distancia de 15 metros desde el margen de la quebrada, por lo que estas viviendas al no estar bajo las normas técnicas no precautelan el bienestar de sus habitantes, y algunas al no ser legalmente reconocidas no presentan conexión directa con el alcantarillado, provocando que realicen su propia descarga de aguas servidas directamente hacia el río.



## **2. CAPÍTULO II: MARCO CONCEPTUAL**

### **2.1. Definición de Conceptos**

#### **Peligro**

Fenómeno, sustancia, actividad humana o condición peligrosa que puede causar pérdida de vidas, daños u otros impactos a la salud, daños a la propiedad, pérdida de medios de subsistencia y servicios, trastornos sociales y económicos, o daño ambiental (UNISDR, 2009).

#### **Peligro Geológico.**

Abarca los procesos geológicos o fenómenos que pueden causar la pérdida de vida, daños u otros impactos a la salud, daños a la propiedad y servicios, trastorno económico y social, o daños ambientales. Se incluyen, además, procesos internos de la tierra, como sismos, actividad volcánica, y procesos relacionados a la geofísica como movimientos de masa, deslizamientos de terreno, deslizamientos de roca, colapso de superficie, y flujo de escombros y lodo. Los factores hidrometeorológicos son contribuyentes muy importantes para algunos de estos procesos (UNISDR, 2009).

#### **Fenómenos de remoción en masa**

Los fenómenos de remoción en masa (FRM), también conocidos como movimientos de ladera, se definen como movimientos de una masa de roca, suelo o detritos de una ladera en sentido descendente que afectan a los materiales en los escarpes. Estos movimientos se producen como consecuencia de la fuerza de la gravedad.

El término FRM comprende en su mayoría todas las variaciones de movimiento de laderas, incluyendo caídas de roca, volcamientos y flujos de escombros, que pueden o no involucrar pequeños deslizamientos; el hundimiento, y las avalanchas de hielo y nieve no están inmersas directamente en los FRM; sin embargo, se los estudia cuando han sido factores desencadenantes de movimientos de terreno (Varnes D. J., 1984).

“Dentro de las muchas clasificaciones de movimientos en masa, la mayoría se basan en el tipo de materiales, los mecanismos de movimiento, el grado de deformación del material y el grado de saturación. Las clasificaciones de movimientos en masa de Varnes (1958 y 1978) y Hutchinson (1968, 1988) son las más aceptadas. Varnes (1958 y 1978) emplea como



criterio principal, el tipo de movimiento, y el tipo de material. Además divide los materiales en dos clases: rocas y suelos.” (GEMMA, 2007)

GEMMA (2007) presenta las siguientes clases de movimientos en masa:

**Caídas:** tipo de movimiento en masa en el cual bloques de suelo o roca se desprenden, sin que exista desplazamiento cortante apreciable a lo largo de una superficie (GEMMA, 2007). Este movimiento no es masivo ni del tipo de flujo. Existe interacción mecánica entre fragmentos individuales y trayectoria, pero no entre los fragmentos en movimiento (GEMMA, 2007).

**Volcamiento:** en este movimiento hay una rotación generalmente hacia delante de bloques de roca o suelo, alrededor de un punto o pivote de giro en su parte inferior. Ocurre por acción de la gravedad, por empujes de las unidades adyacentes o por la presión de fluidos en grietas (GEMMA, 2007).

**Deslizamientos:** es un movimiento ladera debajo de una masa de suelo o roca cuyo desplazamiento ocurre predominantemente a lo largo de una superficie de falla o de una delgada zona en donde ocurre una gran deformación cortante (GEMMA, 2007). Se clasifica los deslizamientos según la forma de la superficie de falla por la cual se desplaza el material, en traslacionales y rotacionales (Varnes D. J., 1978).

**Flujos:** es un tipo de movimiento en masa que durante su desplazamiento exhibe un comportamiento semejante al de un fluido. En muchos casos se originan a partir de otro tipo de movimiento, ya sea un deslizamiento o una caída (GEMMA, 2007).

**Propagaciones laterales:** llamada también expansión lateral, es un tipo de movimiento en masa cuyo desplazamiento ocurre predominantemente por deformación interna del material. La mayoría de los deslizamientos y flujos involucran algún grado de expansión (GEMMA, 2007).

**Reptación:** son aquellos movimientos lentos del terreno en donde no se distingue una superficie de falla. Puede ser estacional, asociada a cambios climáticos; o verdadera, cuando hay un desplazamiento continuo en el tiempo (GEMMA, 2007).

**Deformaciones gravitacionales profundas:** corresponden a una variedad de procesos que presentan rasgos de deformación, pero sin el desarrollo de una superficie de ruptura definida y usualmente con muy baja magnitud de velocidad y desplazamiento (GEMMA, 2007).

## Talud

Un talud o ladera es una masa de tierra que no es plana, sino que posee pendiente o cambios de alturas significativas. En la literatura técnica se define como ladera cuando su conformación actual tuvo como origen un proceso natural y talud cuando se conformó artificialmente (figura 2.1.) (Suárez, 1998).

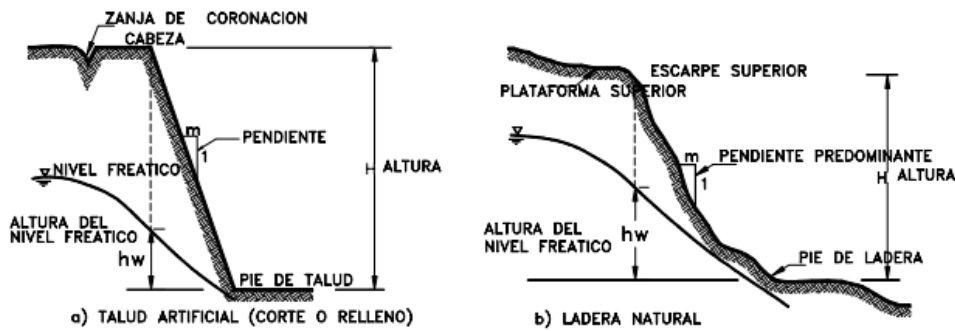


Figura 2.1. Nomenclatura de talud y ladera. Fuente: Suárez (1998).

## Factor de seguridad

Corresponde a un valor que representa el equilibrio entre fuerzas presentes en el talud, las cuales son intrínsecas y externas. Suárez (2009) menciona que en un talud estable existe un equilibrio de las fuerzas actuantes y las fuerzas resistentes, entre las cuales es determinante la fuerza de gravedad. La inestabilidad se produce ya sea colocando cargas adicionales en la parte superior del talud o si se remueven cargas en el pie del mismo.

Y para analizar dicha estabilidad se emplea el factor de seguridad, según Das (2001), definido como:

$$FSs = \frac{\tau_f}{\tau_d}$$

Donde:

$FSs$  es el factor de seguridad con respecto a la resistencia

$\tau_f$  es la resistencia cortante promedio del suelo

$\tau_d$  es el esfuerzo cortante promedio desarrollado a lo largo de la superficie potencial de falla.

Según Fellenius (1927) en Suárez (1998), se define el factor de seguridad como la relación entre la resistencia al corte real, calculada del material en el talud, y los esfuerzos de corte críticos que tratan de producir la falla, a lo largo de una superficie supuesta de posible falla. Se puede expresar de esta manera también:

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

La resistencia cortante de un suelo consta de dos componentes, la cohesión y la fricción, se expresa según el criterio de Falla de Mohr Coulomb como:

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

Donde

$\tau_f$  es el esfuerzo de resistencia al corte

$c$  es la cohesión

$\varphi$  es el ángulo de fricción interna

$\sigma$  es el esfuerzo normal total

- Disminución de la resistencia al corte: corresponde a las causas internas, como la meteorización, presión de poros, fracturamiento, también la geología y litología.
- Incremento de los esfuerzos al cortante, son las causas externas, como: sobrecargas en la ladera, sismos, erosión y socavamiento al pie del talud, lluvias, etc.

De manera similar, también escribimos:

$$\tau_d = c_d + \sigma' \tan \varphi_d$$

Donde  $c_d$  y  $\varphi_d$  son, respectivamente, la cohesión efectiva y el ángulo de fricción que se desarrolla a lo largo de la superficie potencial de falla. De donde se obtiene la siguiente ecuación (Das, 2001):

$$FSS = \frac{c + \sigma \tan \varphi}{c_d + \sigma' \tan \varphi_d}$$

Podemos ahora introducir algunos otros aspectos del factor de seguridad, es decir, el factor de seguridad con respecto a la cohesión  $FS_c$  y el factor de seguridad con respecto a la fricción  $FS_\varphi$  y se define como sigue (Das, 2001):

$$FS_c = \frac{c}{c_d} \quad y \quad FS_\varphi = \frac{\tan \varphi}{\tan \varphi_d}$$

Cuando se comparan las ecuaciones, observamos que cuando  $FS_c$  se vuelve igual a  $FS_\varphi$ , ese es el factor de seguridad con respecto a la resistencia. (Das, 2001).

$$\frac{c}{c_d} = \frac{\tan \varphi}{\tan \varphi_d}$$

Podemos escribir:

$$FS_s = FS_c = FS_\varphi$$

Cuando F.S. es igual a 1, el talud está en un estado de falla incipiente o equilibrio límite. Generalmente, un valor de 1.5 para el factor de seguridad con respecto a la resistencia es aceptable para el diseño de un talud estable (Das, 2001).

## **Ángulo de Fricción Interna**

Es la representación matemática del coeficiente de rozamiento (concepto básico de la física). Éste depende de una gran cantidad de factores, entre ellos están: tipo de material constitutivo de las partículas, tamaño de los granos o partículas, forma de los granos o partículas, distribución de los tamaños de granos o partículas, fábrica o microestructura, densidad, permeabilidad, presión normal o de confinamiento y presión de preconsolidación (Suárez, 2009).

## **Cohesión**

Se define a la cohesión como una medida de la cementación o adherencia entre las partículas de suelo. La cohesión en la mecánica de suelos, es utilizada para representar la resistencia al cortante producida por la cementación entre las partículas (Suárez, 2009).

## **Prevención**

La prevención según UNISDR (2009) comprende las acciones para evitar de una manera absoluta los impactos adversos relacionados a los peligros y desastres relacionados.

La prevención expresa el concepto y la intención de evitar completamente posibles impactos adversos a través de acciones tomadas con antelación. Como por ejemplo presas o terraplenes que eliminan el riesgo de inundación, la regulación del uso de suelo que no permite la construcción en zonas de alto riesgo, y diseños sismorresistentes que aseguran el funcionamiento y supervivencia de las construcciones en cualquier evento sísmico.

## **Mitigación**

Es la disminución o limitación de los impactos adversos de las amenazas y los desastres relacionados. Muchas veces el impacto de los peligros no puede ser prevenido del todo, pero pueden ser disminuidos utilizando estrategias y acciones pertinentes. Las medidas de mitigación abarcan técnicas ingenieriles y construcciones resistentes a los peligros; además, incluyen medidas ambientales y políticas públicas (UNISDR, 2009).

El análisis del riesgo es a menudo interactivo con los efectos de las medidas de mitigación del riesgo que se valora. Esto puede influenciar la probabilidad o las características de los deslizamientos, elementos en riesgo o la vulnerabilidad. La efectividad de las medidas de mitigación del riesgo puede valorarse en un sentido económico o como una reducción potencial de muertes (Suárez, 2009).

## **Clasificación SUCS**

Los sistemas de clasificación dependen de las propiedades físicas y mecánicas que los suelos poseen, para de esta manera caracterizarlos cualitativamente.

Este sistema fue propuesto inicialmente por Casagrande en 1942, pero hoy en día es ampliamente utilizado. Este método de clasificación requiere datos como el contenido de humedad, el análisis granulométrico, y los límites de Atterberg (límite líquido, límite plástico y el índice de plasticidad). Estos permiten obtener la distribución de tamaños de las partículas del suelo y los contenidos de humedad en estados de consistencia de frontera (ASTM, D2487-06, 2006).

## Ensayo de Corte Directo

Es uno de los ensayos para determinar en laboratorio los parámetros intrínsecos de resistencia al cortante de un suelo como son el ángulo de fricción interna y la cohesión ( $\phi$  y  $c$ ). Las pruebas de corte directo se repiten al menos con tres ciclos de carga para tres diferentes probetas de un mismo espécimen de suelo, bajo esfuerzos normales ( $\sigma_n$ ) estandarizados. Los esfuerzos normales y los correspondientes valores de esfuerzo tangencial o cortante  $\tau_f$  obtenidos, se trazan en una gráfica (normal vs cortante), de la cual se determinan los parámetros de resistencia al corte.

### 3. CAPITULO III: ASPECTOS METODOLÓGICOS

El análisis del peligro por fenómenos de remoción en masa se realizará a través de un análisis de estabilidad de los taludes de la quebrada, desde la interpretación de la información obtenida en el inventario de los deslizamientos y las características geotécnicas de los estratos de suelo.

Existen varios métodos para el análisis de estabilidad de taludes, como se resume en la figura 3.1.

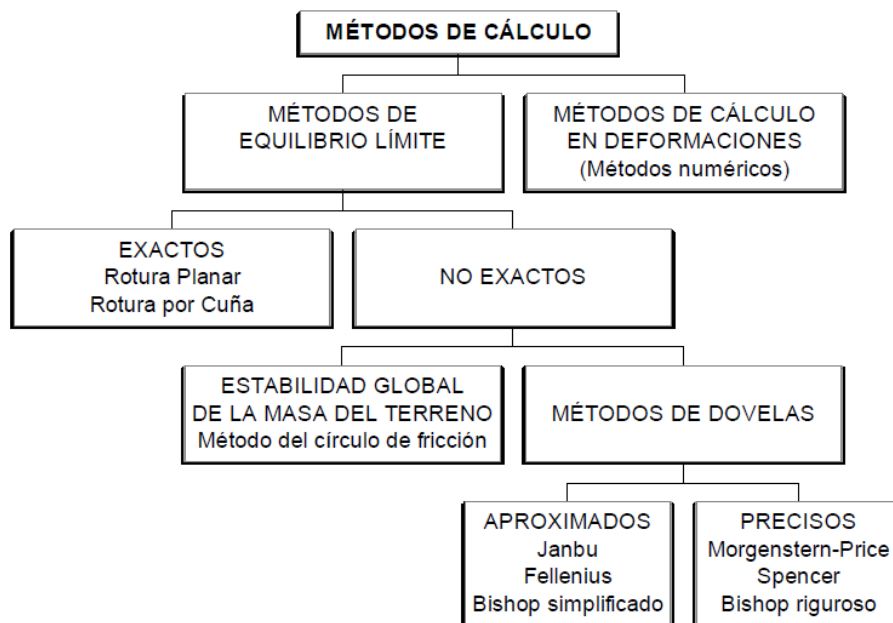


Figura 3.1. Métodos de Cálculo de estabilidad de taludes. (Ilustre Colegio Oficial de Geólogos - Delegación de Aragón, 2003)

Una de las metodologías para el Análisis de estabilidad es el método de Límite de Equilibrio, en el cual se obtiene un Factor de Seguridad, FS, con la integración de los factores que afectan la estabilidad como: geológicos, geometría del talud, geotécnicos, humedad, tipo de superficie de rotura, etc. Aunque un solo modelo matemático no puede abarcar todos los factores que provocan inestabilidad, es una herramienta de utilidad para comprender los procesos que están ocurriendo en la zona de estudio y ajustarlos con los datos levantados en el campo a través del inventario y visitas de campo posteriores.

El método de Límite de Equilibrio es uno de los más sencillos y fue escogido para este estudio técnico debido a que permite simular deslizamientos traslacionales y rotacionales (Suárez, 2009).

El análisis de estabilidad a través de Límite de Equilibrio, consiste en determinar si existe suficiente resistencia en los suelos del talud para soportar los esfuerzos de cortante que tienden a causar la falla o deslizamiento. La mayoría de los métodos de Límite de Equilibrio tienen en común, la comparación de las fuerzas o momentos resistentes y actuantes sobre una determinada superficie de falla. Las variaciones principales de los diversos métodos son, el tipo de superficie de falla y la forma cómo actúan internamente las fuerzas sobre la superficie de falla (Suárez, 2009).

### **3.1. Levantamiento del Inventario de FRM**

Un inventario de fenómenos de remoción en masa es un registro ordenado de la localización y características individuales de una serie de movimientos ocurridos en un área dada (GEMMA, 2007). Sin embargo, al no tener un esquema unificado internacionalmente, las características a registrar en el inventario estarán regidas por el interés del geólogo.

El formulario propuesto para este estudio sirvió para la recolección sistematizada y detallada de los diferentes tipos de movimientos encontrados en el campo, sumado el trabajo de oficina realizado, se puede tener una base de datos confiable para el desarrollo de esta investigación y en él se incluyen aspectos litológicos que luego fueron profundizados en otras salidas de campo.

El formato de la ficha de inventarios de FRM empleada, fue modificada del Formato para Inventario de Movimientos en Masa presente en la publicación Movimientos en Masa en la Región Andina: Una Guía para la Evaluación de Amenazas, por lo que se consideraron los siguientes aspectos para un levantamiento adecuado de los diferentes tipos de movimientos encontrados en el campo, estos aspectos permitirán clasificar a los diferentes movimientos y además conocer las causas que provocan cada uno de los FRM encontrados. Se puede observar en el Anexo I el modelo de la ficha. Estos aspectos son:



1. Estado de actividad: activo, inactivo.
2. Tipo de movimiento.
3. Descripción litológica.
4. Nivel de humedad.
5. Causas del movimiento.
6. Población damnificada.
7. Cobertura y uso de suelo.
8. Daños.
9. Efectos secundarios.
10. Esquema del movimiento.
11. Columna estratigráfica.
12. Observaciones.

Los doce aspectos señalados se levantaron a través de trabajo de campo, en el cual se levantó una ficha por cada zona inestable. El análisis de estabilidad de los taludes a través del modelo matemático que se detallará posteriormente, requiere la determinación de: litología, geometría del talud, tipo de movimiento, nivel de humedad y características geotécnicas.

### **Tipo de Movimiento y actividad**

El estado de actividad se determinó observando señales de actividad como: grietas, deformaciones, erosión intensa, ausencia de vegetación o árboles inclinados, etc.

El tipo de movimiento se determinó en función de la dinámica observada en campo y que es característica de cada uno. Por ejemplo en el caso de caída libre se observan bloques grandes desprendidos y depositados por la gravedad; los deslizamientos rotaciones exhiben una superficie de rotura circular y se observan escarpes profundos como se observa en la figura 3.2.



Figura 3.2. Ejemplo de Deslizamiento rotacional.

El deslizamiento rotacional es un tipo de desplazamiento en masa a lo largo de una superficie de falla que es cóncava hacia arriba y el movimiento es rotacional sobre un eje que es paralelo a la superficie del suelo y transversal al deslizamiento. Posee una serie de agrietamientos concéntricos y cóncavos en la dirección del movimiento. El movimiento produce un área superior de hundimiento y otra inferior de deslizamiento, lo cual genera, comúnmente, flujos de materiales por debajo del pie del deslizamiento (Suárez, 2009). Esquema de un deslizamiento rotacional en la figura 3.3.

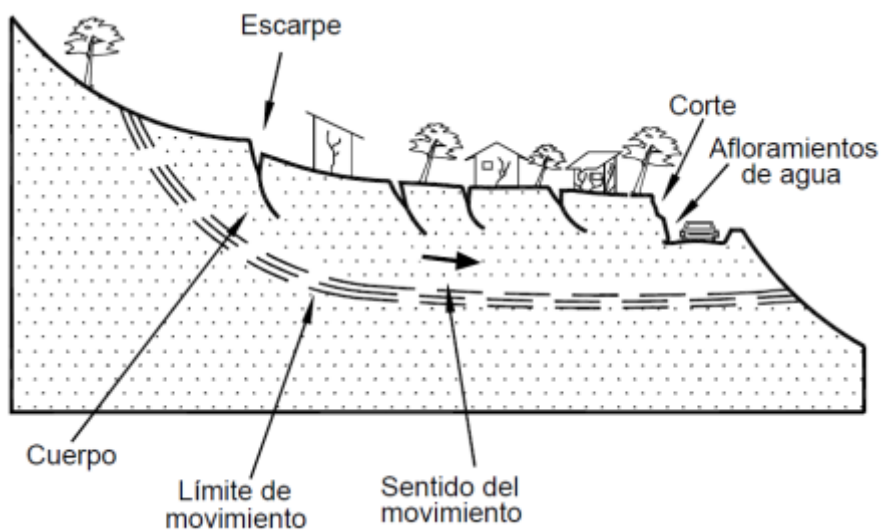


Figura 3.3. Deslizamiento Rotacional. Fuente: Suárez (2009).

## Descripción Litológica y estratigráfica

La información obtenida de la sistematización de los datos del inventario permitió construir columnas estratigráficas por cada margen de la quebrada. Esto fue precisado y ajustado a través de visitas posteriores de campo, en donde mediante el uso de las coordenadas UTM XY, se estableció el tipo de material correspondiente a los identificados con el inventario realizado anteriormente; y así tener un modelo más concreto de la litología presente en la quebrada. Se obtuvieron varias columnas estratigráficas, con secciones de reconocimiento entre 4 y 15 metros de espesor, en los afloramientos ubicados en las márgenes de la quebrada, como se lo puede visualizar en el ejemplo de la figura 3.4. Se puede distinguir que en la litología existe una capa de cangahua, siendo la más profunda; sobreyaciendo a ésta, dos capas de suelo, y zonas espesas de relleno, como la capa superior.

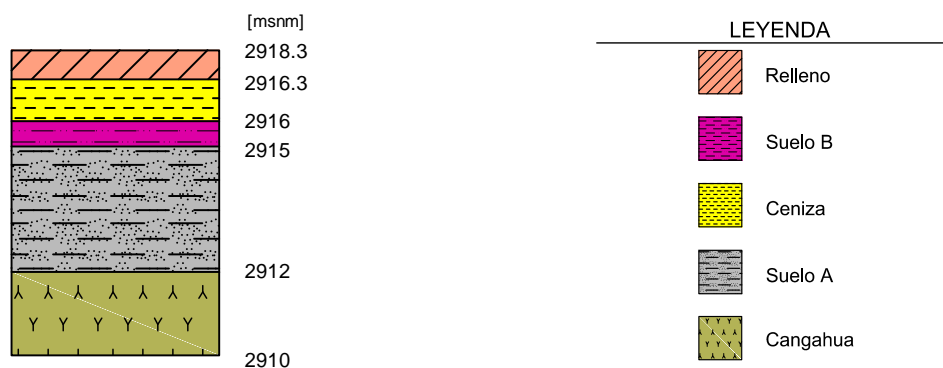


Figura 3.4. Ejemplo de columna litológica, (Perfil "G").

Para poder tener una mejor idea de la litología de la quebrada, se realizaron levantamientos de columnas estratigráficas (figura. 3.5.) en la Quebrada Ortega; la cual se ubica al Oeste de la Quebrada Shanshayacu (figura. 3.6.), y en donde se realizan las obras para la construcción del Metro de Quito. Gracias a lo cual existen afloramientos descubiertos en donde se puede observar los distintos tipos de material existentes. El material encontrado fue de gran utilidad para establecer una correlación con los suelos de la zona de estudio.

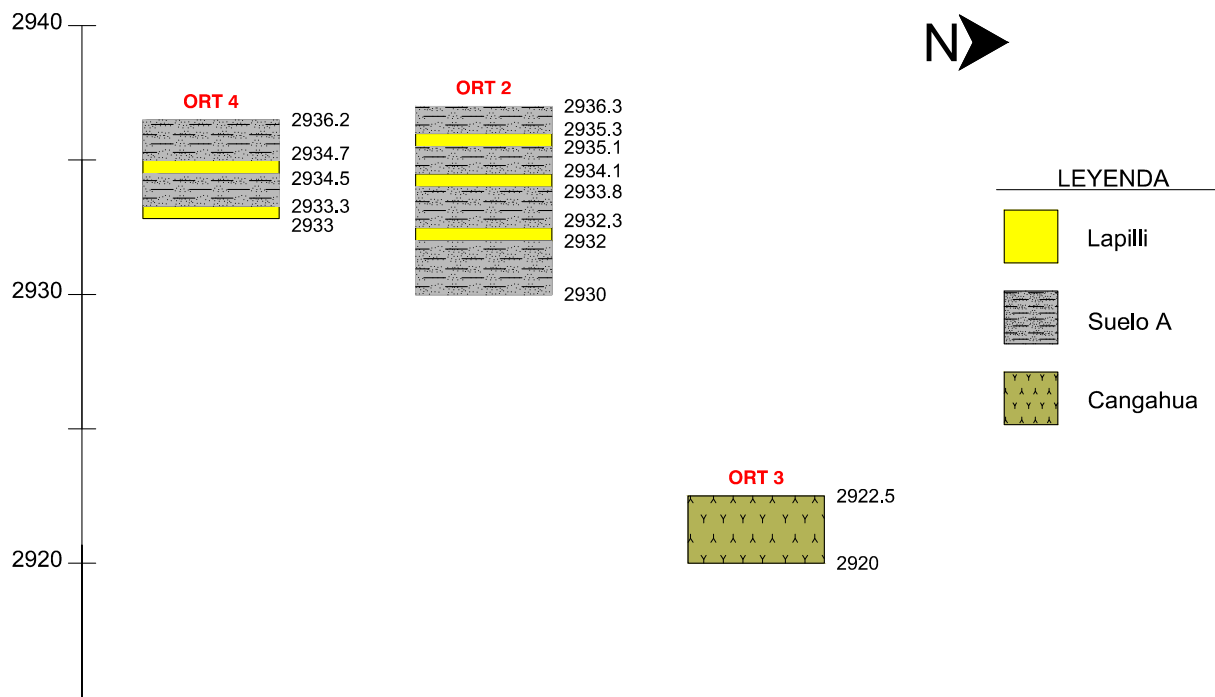


Figura 3.5. Columnas en la Quebrada Ortega



Figura 3.6. Ubicación de la Quebrada Ortega (color verde) respecto la Quebrada Shanshayacu (color naranja); zona de Turubamba (color celeste). Fuente: Google Earth, 2016.



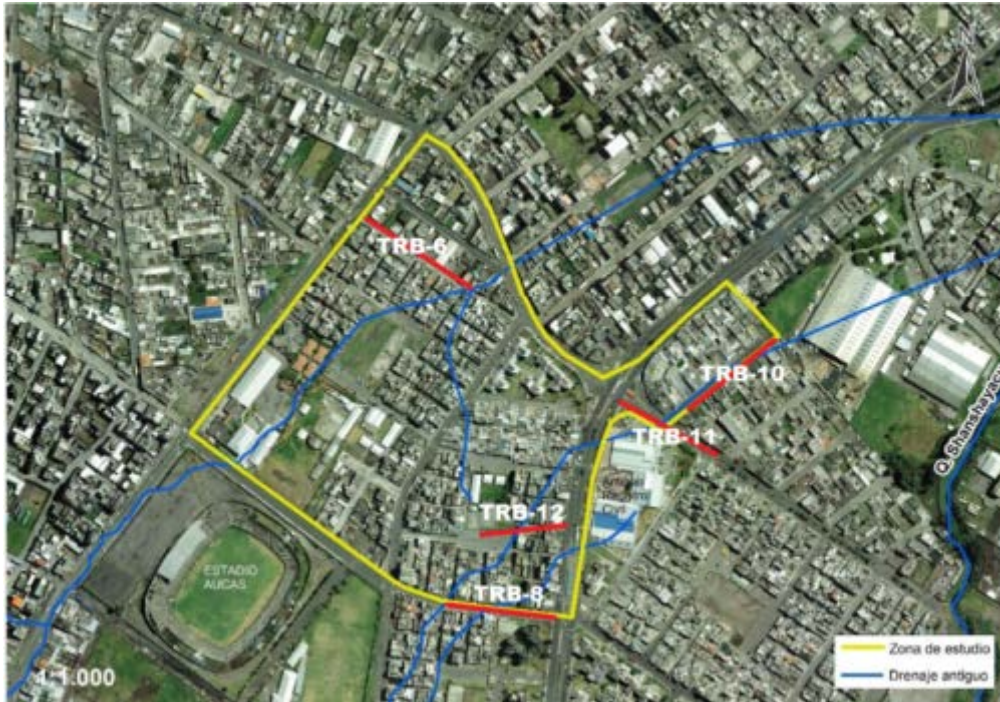



Figura 3.7. Sondeos eléctricos analizados por Cupuerán (2016).

Adicionalmente para la zona de Turubamba (Figura 3.6.) se analizaron cinco sondeos eléctricos (Figura 3.7.) con sus respectivas descripciones, características litológicas y de clasificación S.U.C.S., como se puede ver en la Tabla 3.1. éstos factores evidencian equivalencias entre la capa descrita por Cupuerán (2016) como turbas y limos orgánicos, y el estrato de suelo B, descrito en el presente estudio, por lo que se comprueba la continuidad de este tipo de suelo hacia la zona de Turubamba.

Tabla 3.1. Descripción de la capa de turba y limos orgánicos en la zona de Turubamba, equivalentes al Suelo B en la zona de este estudio. Modificado de Cupuerán, 2016.

<b>Perfil Geoelectrico</b>	<b>Litología</b>	<b>Descripción</b>	<b>Clasificación S.U.C.S.</b>
TRB-6, TRB-8, TRB-10, TRB-11, TRB-12	 Limos de alto contenido orgánico, limos arcillosos	Material suelto, saturados, poco consolidados, poco competentes	MH OH

## Causas del movimiento

En el inventario se pueden determinar causas relacionadas con la disminución de la Resistencia al Corte, las cuales son; material plástico débil, material deleznable, material meteorizado, material fisurado o agrietado, orientación desfavorable, cobertura y uso del suelo y nivel de humedad.

Las causas relacionadas al aumento de los esfuerzos de corte son: mantenimiento deficiente del sistema de drenaje, sismos, lluvias, erosión superficial, y socavación al pie del talud.

En la figura 3.8. se encuentran los aspectos como causas de los deslizamientos obtenidas en el inventario de FRM.

<p>Nivel de Humedad</p> <p>Seco <input type="checkbox"/></p> <p>Húmedo <input type="checkbox"/></p> <p>Muy Húmedo <input type="checkbox"/></p>	<p><b>CAUSAS DEL MOVIMIENTO:</b></p> <p><input type="checkbox"/> Material Plástico débil.</p> <p><input type="checkbox"/> Material deleznable.</p> <p><input type="checkbox"/> Material Meteorización</p> <p><input type="checkbox"/> Material Fisurado o agrietado</p> <p><input type="checkbox"/> Orientación desfavorable</p>	<p><input type="checkbox"/> Mantenimiento deficiente sistema de drena</p> <p><input type="checkbox"/> Sismo.</p> <p><input type="checkbox"/> Lluvias.</p> <p><input type="checkbox"/> Erosión Superficial.</p> <p><input type="checkbox"/> Socavación al pie del talud</p>
<p><b>COBERTURA Y USO DE SUELO:</b></p>		
Tipos de cobertura.		Uso de suelo
<p><input type="checkbox"/> Vegetación Herbácea</p> <p><input type="checkbox"/> Árboles</p> <p><input type="checkbox"/> Matorrales.</p> <p><input type="checkbox"/> Cuerpo agua.</p> <p><input type="checkbox"/> Cultivos</p> <p><input type="checkbox"/> Construcciones</p> <p><input type="checkbox"/> Sin cobertura</p> <p><input type="checkbox"/> Otros _____</p>	<p><input type="checkbox"/> Ganadería.</p> <p><input type="checkbox"/> Área protegida.</p> <p><input type="checkbox"/> Agrícola</p> <p><input type="checkbox"/> Recreación.</p> <p><input type="checkbox"/> Zona Industrial</p> <p><input type="checkbox"/> Viviendas</p> <p><input type="checkbox"/> Vías</p> <p><input type="checkbox"/> Otros: _____</p>	

Figura 3.8. Aspectos para las causas de deslizamientos en la ficha de inventario.

## 3.2. Geometría del Talud

La geometría del talud se obtuvo a través de un levantamiento topográfico a detalle de la zona mediante el uso de un Dron. El levantamiento con Dron permitió obtener la ortofoto y a su vez el modelo digital del terreno a detalle centimétrico (figura 3.9.), los mismos que

sirvieron para conseguir las curvas de nivel de la quebrada; estas nos permitieron visualizar de mejor manera los rasgos morfológicos para complementar la localización de zonas inestables adicionales a las cuales no se tuvo acceso durante el levantamiento del inventario de FRM.

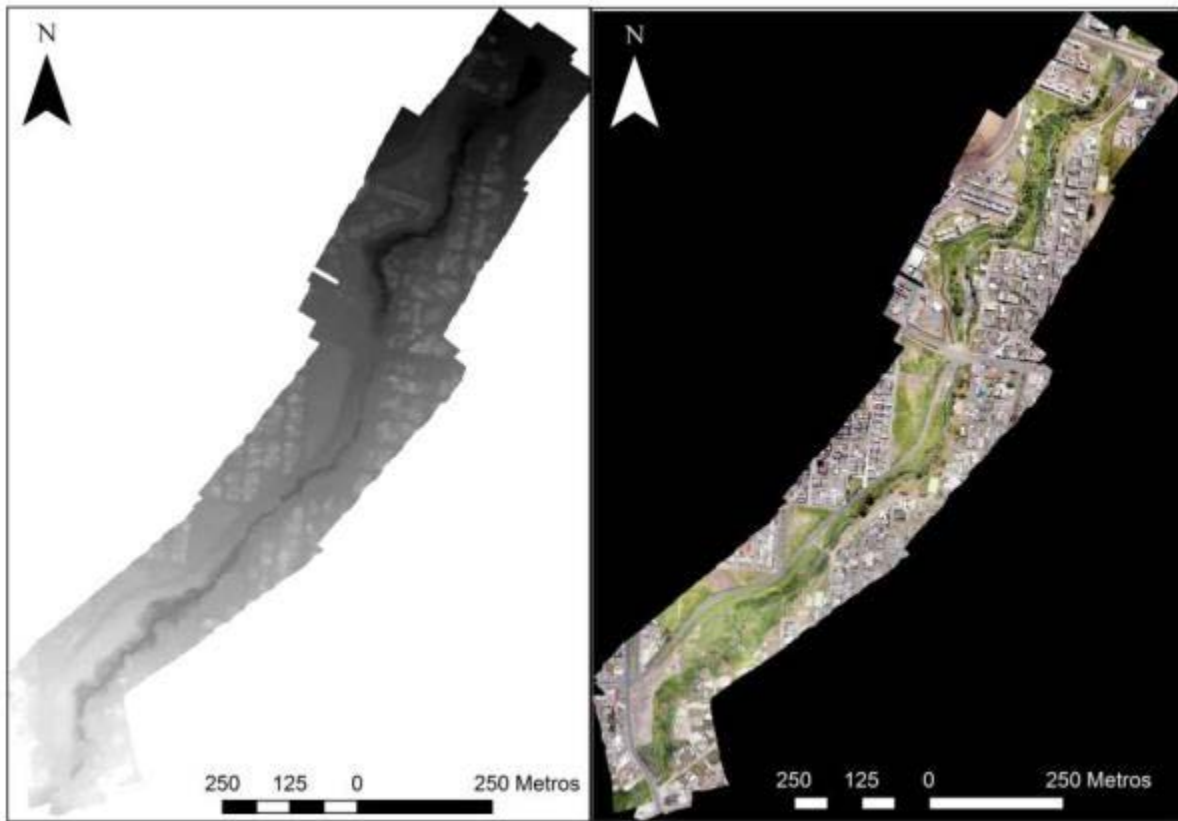


Figura 3.9. Ortofoto y modelo digital del terreno (DEM).

En la figura 3.10. se puede observar la localización de los perfiles a lo largo de la quebrada. Utilizando las curvas de nivel previamente obtenidas con el levantamiento con Dron; y, mediante el uso del software AutoCad se realizaron los cortes para tener un perfil más exacto del talud (figura 3.11.). Es importante indicar que los datos obtenidos de este levantamiento y los futuros resultados de este estudio están en coordenadas WGS84, ya que éste sistema es universal y pueden ser cambiadas a las coordenadas TMQ en función de las necesidades del Municipio del Distrito Metropolitano de Quito.

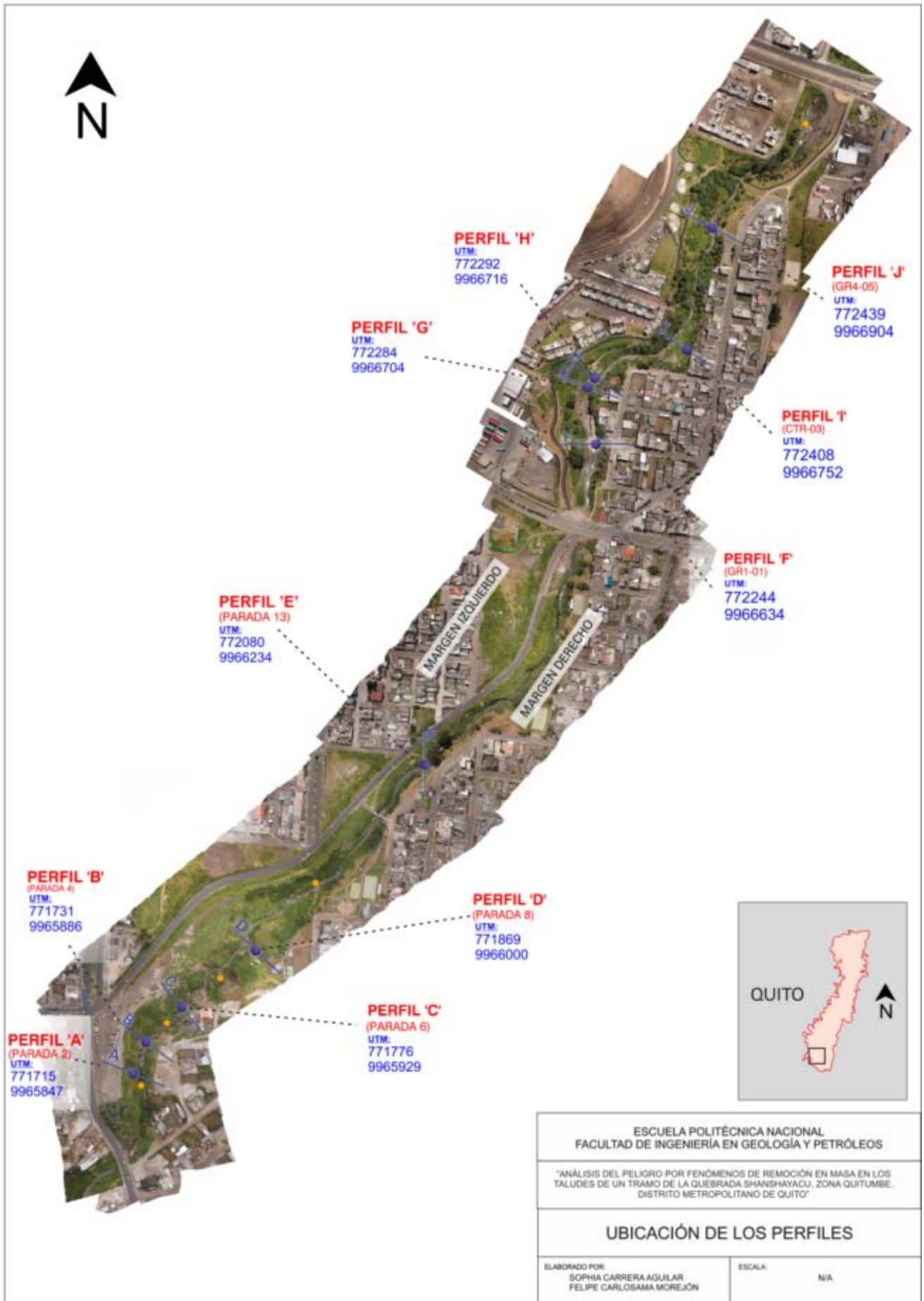


Figura 3.10. Ubicación de los Perfiles.



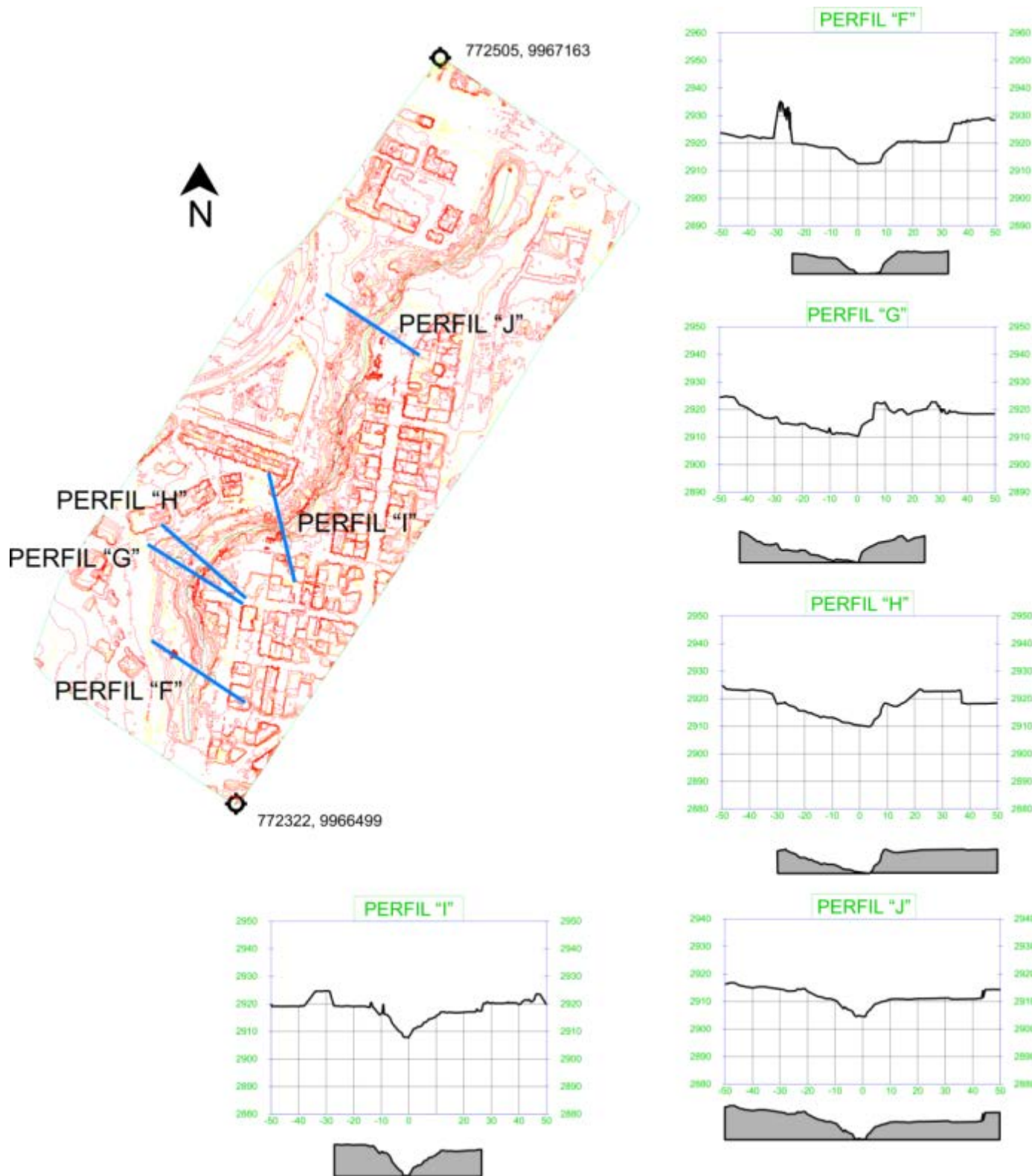


Figura 3.11. Curvas de nivel mediante el uso de un Dron y perfiles obtenidos con CAD.

### 3.3. Características Geotécnicas

#### Muestreo

Una vez determinada la litoestratigrafía de la zona se procedió a un muestreo de los distintos niveles de suelo de la quebrada en afloramientos contiguos a los deslizamientos activos registrados. El muestreo se realizó en la cangahua, en los dos tipos de suelo, y en la zona de relleno, como se muestra en la figura 3.12.

Se tomaron 3 muestras para la realización del ensayo de corte directo, y 10 muestras para los ensayos de clasificación S.U.C.S, (granulometría por tamizado seco e hidrómetro, densidad de sólidos y límites de Atterberg).

En la fotografía 3.1. se visualiza la recolección de muestras para efectuar los ensayos S.U.C.S, y en fotografía 3.2. se puede observar la toma de muestras para el ensayo de corte directo.

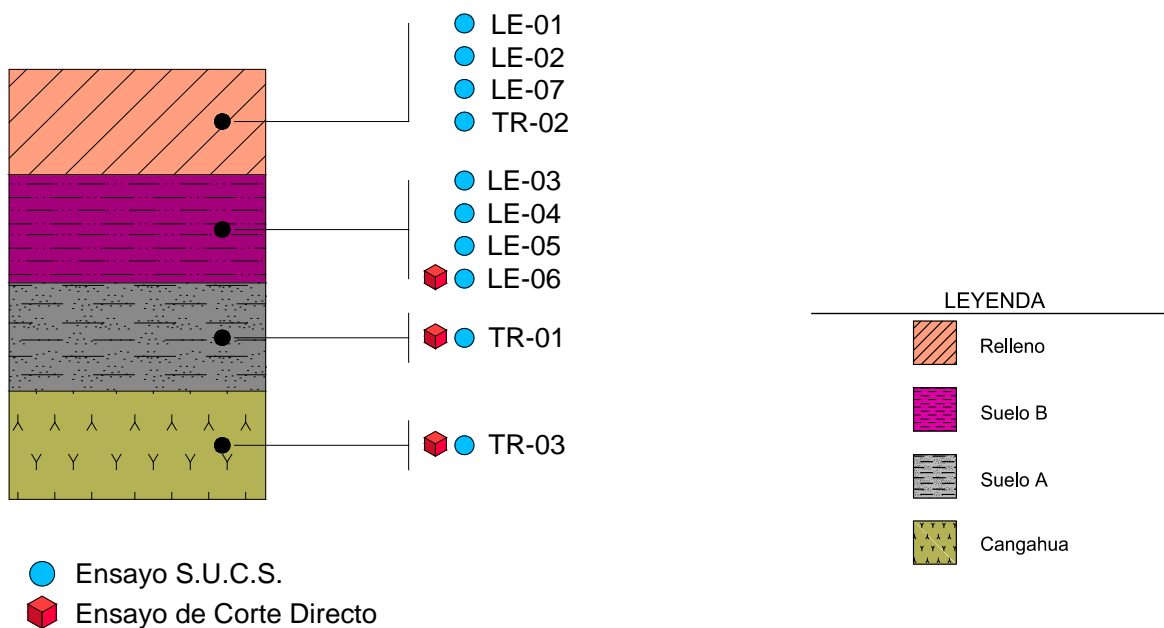


Figura 3.12. Ensayos realizados en los diferentes niveles litológicos.



Fotografía 3.1. Toma de muestras para el ensayo S.U.C.S.

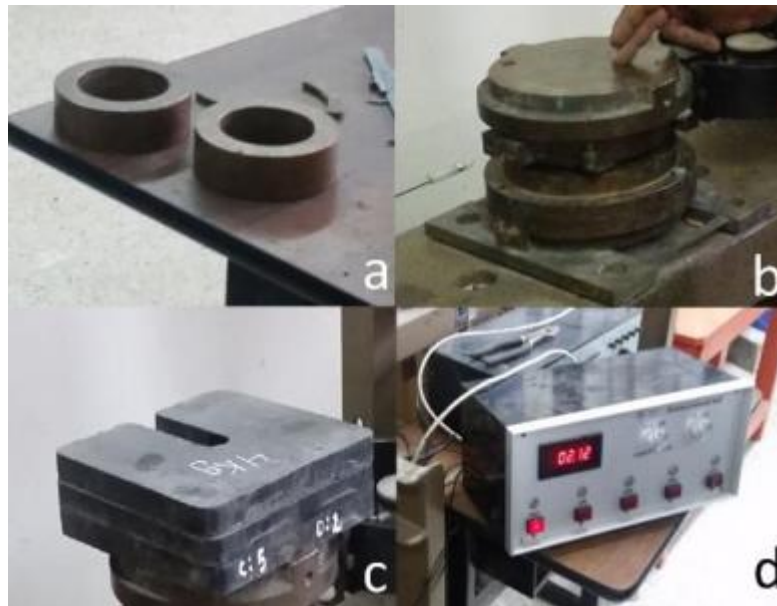


Fotografía 3.2. Extracción de muestra de suelo para el ensayo de corte directo.

### **Ensayo de Corte Directo.**

El ensayo de corte directo se realizó en tres muestras recolectadas, correspondientes a la cangahua, suelo A y suelo B. La finalidad de este ensayo es determinar el ángulo de fricción

interna y la cohesión ( $\phi$  y  $c$ ), relacionando el esfuerzo normal y el esfuerzo tangencial. Para este ensayo se emplearon los equipos de la fotografía 3.3.



Fotografía 3.3 Instrumentos para realizar el ensayo de corte directo; a) aros para tallar la muestra, b) cámara de ensayo, c) pesas para las cargas empleadas, y d) transductor.

Para este análisis, como ya se mencionó, se relacionan dos esfuerzos, para lo cual el esfuerzo normal es un dato ya conocido, usando así los valores de 0.5, 1 y 1.5 kg/cm<sup>2</sup> para los suelos más secos, y esfuerzos normales de 0.25, 0.5 y 0.75 kg/cm<sup>2</sup> para el suelo con alto contenido de humedad.

Para cada esfuerzo normal se empleó la carga determinada conjuntamente con el área del cilindro de la muestra. Tabla 3.2.

Tabla 3.2 Valores de las cargas empleadas para el ensayo de corte directo.

ESFUERZO NORMAL (kg/cm <sup>2</sup> )	CARGA IDEAL (kg)	CARGA EMPLEADA (kg)
0.25	10.89	11
0.5	13.39	13.5
0.75	32.69	32.5
1	35.19	35
1.5	56.99	57

Una vez obtenidos los datos para los diferentes esfuerzos normales se procedió a realizar los cálculos correspondientes obteniendo así las siguientes gráficas como se ve en la figura 3.13.

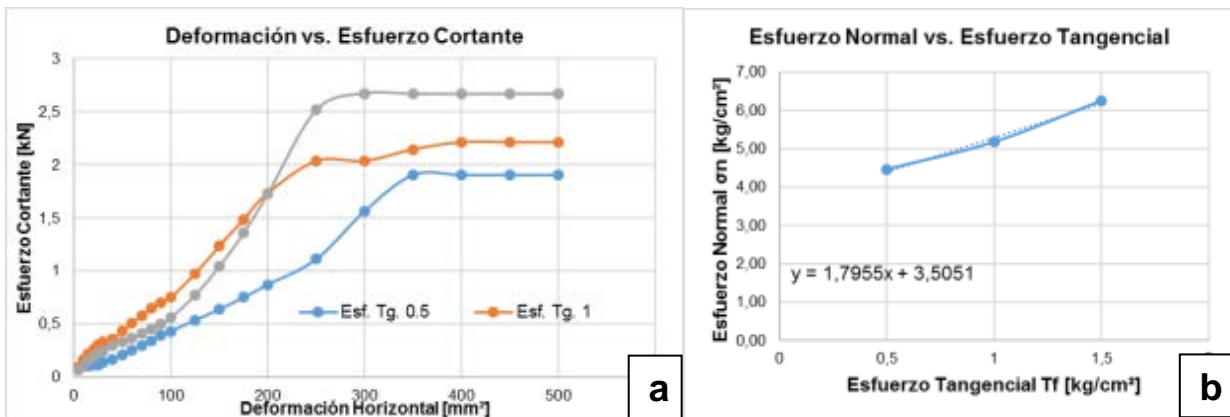


Figura 3.13. Gráficas para el análisis de los datos de corte directo; a) deformación vs. esfuerzo cortante, y b) esfuerzo normal vs. esfuerzo tangencial.

Mediante la gráfica de Esfuerzo Normal vs. Esfuerzo Tangencial se obtiene la línea de tendencia, la cual establece los valores de cohesión y ángulo de fricción interna de acuerdo a la siguiente ecuación:

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

Esta ecuación se la puede relacionar con la ecuación ordinaria de una recta:

$$y = mx + b$$

Donde la pendiente de la recta equivale a la tangente del ángulo de fricción interna y la coordenada en el origen (b) es la cohesión.

El ángulo de fricción es entonces:

$$\varphi = \tan^{-1} \left( \frac{\tau}{\sigma} \right)$$

### Ensayos para la Clasificación de Suelo tipo SUCS.

La norma ASTM D2487-06 (ASTM, D2487-06, 2006) es la que establece el procedimiento a seguir para la clasificación de suelos. El sistema unificado de clasificación de suelos (S.U.C.S.) se basa en diferentes parámetros (granulometría; límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad) para poder determinar el tipo de suelo que se ha obtenido en el campo, para eso toma en consideración:

- La granulometría.
- El límite líquido, el límite plástico (límites de Atterberg) y el índice de plasticidad.

### **Obtención de la Curva de Distribución Granulométrica**

Para la obtención de la curva de distribución granulométrica se realizaron: el ensayo de granulometría vía húmeda, secado y tamizado, de la fracción retenida en el tamiz No. 200, en seco y el ensayo de granulometría por hidrómetro:

#### **a) Ensayo de Granulometría por Tamizado en Seco**

Consiste en vibrar mecánicamente la muestra de suelo y dejarla pasar a través de una serie de tamices con aberturas que progresivamente disminuyen el tamaño de la abertura de sus mallas. Los tamices utilizados se muestran en la Tabla 3.3.

Tabla 3.3. Tamices empleados en Granulometría en seco según norma ASTM

<b>Tamiz No.</b>	<b>Abertura (mm)</b>
4	4.750
10	2.000
20	0.850
40	0.425
200	0.075

En la fotografía 3.4. se puede observar la serie de tamices mencionada anteriormente.





Fotografía 3.4. Serie de tamices: No.4, No. 10, No.20, No. 40, No. 200 y Bandeja de recolección.

### **b) Ensayo de Granulometría por Hidrómetro.**

Este ensayo fue realizado acorde a la norma D422 (ASTM, D422, 2007), la cual establece que la distribución del tamaño de partículas menores a 0.075 mm es determinada por un proceso de sedimentación, usando un hidrómetro para asegurar los datos necesarios.

Este ensayo se fundamenta en la sedimentación de las partículas de suelo en agua. Las partículas se asientan a diferentes velocidades, dependiendo de sus formas, tamaños y pesos. En la fotografía 3.5. se observa la ejecución de este ensayo.



Fotografía 3.5. Probetas con muestras analizadas utilizando el hidrómetro.

En este ensayo, se obtendrá la curva granulométrica más detallada para la fracción de partículas finas, posteriormente esto ayudará a calcular la permeabilidad de manera indirecta.

Para realizar el análisis de granulometría por hidrómetro es necesario conocer el Peso Específico del suelo, para lo cual se realiza un ensayo de densidad de sólidos (Gs). Este ensayo se lo realizó primeramente pesando el matraz con agua, luego mezclando la muestra con agua y volviendo a pesar, y finalmente el peso del matraz con la mezcla de la muestra pero extrayendo el aire dentro del recipiente (Fotografía 3.6.).





Fotografía 3.6. Materiales necesarios para la estimación del peso específico (Gs).

Los resultados del análisis mecánico (análisis por tamizado e hidrómetro) se presentan generalmente en gráficas semilogarítmicas como curvas de distribución granulométrica (o de tamaño de grano). Los parámetros que se obtienen a partir de ésta curva son (Das, 2001):

$D_{10}$ : que representa el diámetro en la curva de distribución del tamaño de las partículas correspondiente al 10% de finos.

$D_{30}$ : que representa el diámetro en la curva de distribución del tamaño de las partículas correspondiente al 30% de finos.

$D_{60}$ : que representa el diámetro en la curva de distribución del tamaño de las partículas correspondiente al 60% de finos.

Coefficiente de Curvatura ( $C_z$ ) : se expresa con la siguiente ecuación: 
$$C_z = \frac{D_{30}^2}{D_{60} \times D_{10}}$$

Coefficiente de Uniformidad ( $C_u$ ) : es la relación entre el  $D_{60}$  y  $D_{10}$ : 
$$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}}$$

## Límites de Atterberg

Límite Líquido: se define como el contenido de agua (en porcentaje), requerido para cerrar una distancia de 12.7 mm a lo largo del fondo de la ranura creada en el centro de la pasta de suelo que está en la cuchara de Casagrande, a los 25 golpes (Das, 2001). La fotografía 3.7. representa la porción cerrada después de cierto número de golpes.



Fotografía 3.7. Estimación del límite líquido (LL), empleando una Cuchara de Casagrande.

Límite Plástico: se define como el contenido de agua (en porcentaje), con el cual el suelo, al ser enrollado en rollitos de 3.2 mm de diámetro, se desmorona. El límite plástico es el límite inferior de la etapa plástica del suelo (Das, 2001). La fotografía 3.8. representa los rollitos formados después de 24 horas en el horno.



Fotografía 3.8. Rollitos para obtener el límite plástico.

Índice de Plasticidad: es la diferencia entre el límite líquido y el límite plástico del suelo (Das, 2001).

A continuación, en la figura 3.14. se muestra la carta de plasticidad de Casagrande utilizada para la clasificación S.U.C.S.

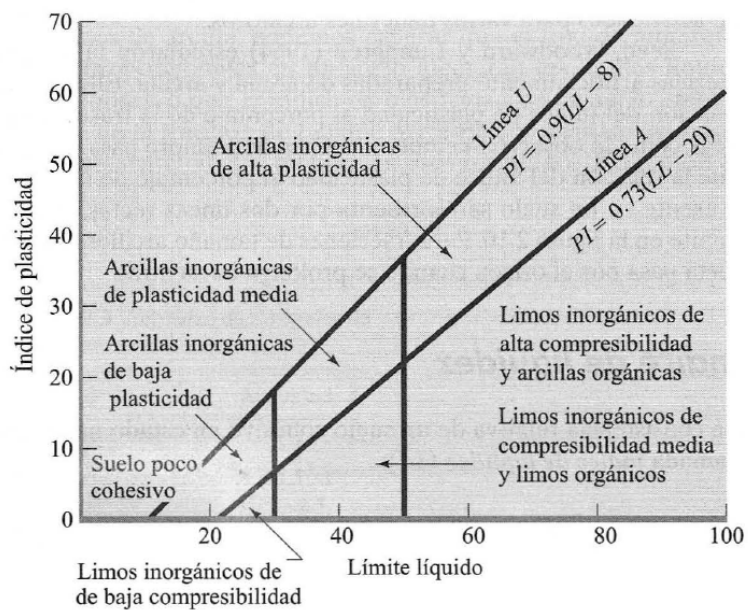


Figura 3.14. Carta de plasticidad. Fuente: Das (2001).

Luego de la obtención de los parámetros anteriormente descritos se obtiene los símbolos de la clasificación S.U.C.S. en función de lo que se muestra en la Tabla 3.4.

Tabla 3.4 Clasificación SUCS, Fuente: ASTM D2487-06, (2006).

División Mayor		Símbolo de Grupo	Nombres Típicos
Suelos de Grano Grueso	Gravas	Gravas Limpias	GW Gravas bien graduadas y mezclas de grava y arena, con poco o nada de finos
			GP Gravas mal graduadas y mezclas de grava-arena, con poco o nada de finos
		Gravas con material fino	GM Gravas Limosas, mezclas de grava, arena y limo
			GC Gravas arcillosas, mezclas de grava-arena-arcilla
	Arenas	Arenas Limpias	SW Arenas bien graduadas y mezclas de grava y arena, con poco o nada de finos
			SP Arenas mal graduadas y mezclas de grava-arena, con poco o nada de finos
		Arenas con material fino	SM Arenas Limosas, mezcla de arena-limo
			SC Arenas Arcillosas, mezcla de arena-arcilla
Suelos de Grano Fino	Limos y Arcillas Límite líquido menor 50%	ML Limos inorgánicos, arena muy fina, arenas finas limosas o arcillosas	
		CL Arcillas inorgánicas de baja a media plasticidad, arcillas arenosas	
		OL Limos orgánicos y arcillas orgánicas de baja plasticidad	
	Limos y Arcillas Límite líquido menor 50%	MH Limos inorgánicos, arenas finas micáceas o diatomeas, limos elásticos	
		CH Arcillas inorgánicas o de alta plasticidad.	
		OH Arcillas orgánicas de plasticidad media a alta	
Suelos con alto contenido Orgánico		PT Turba y otros suelos muy orgánicos	

### Obtención de la Permeabilidad (método indirecto)

La permeabilidad es la capacidad que presenta un suelo para permitir que el agua transite a través del mismo, por medio de sus espacios vacíos interconectados. Esto permite clasificar a los suelos en permeables e impermeables.

Los valores más comunes de permeabilidad se muestran en la Tabla 3.5.

Tabla 3.5. Grados de permeabilidad. Modificado de Badillo & Rodríguez (1973).

Tipo de suelo	Grano relativo de permeabilidad	Coefficiente de permeabilidad K (cm/s)
Grava limpia	Alto	$1 \cdot 10^{-1}$
Arena limpia	Medio	$1 \cdot 10^{-3}$
Grava Arenosa	Medio	$1 \cdot 10^{-3}$
Arena fina	Bajo	$1 \cdot 10^{-3}$ a $1 \cdot 10^{-5}$
Limos	Bajo	$1 \cdot 10^{-3}$ a $1 \cdot 10^{-5}$
Arcilla limo arcillosa	Muy Bajo	$1 \cdot 10^{-4}$ a $1 \cdot 10^{-7}$
Arcilla homogénea	Muy Baja/Impermeable	$< 1 \cdot 10^{-7}$

Según Das ( 2001), la permeabilidad de los suelos depende de varios factores, como son:

- La viscosidad del fluido
- La distribución del tamaño de los poros
- La distribución granulométrica
- La relación de vacíos
- La rugosidad de las partículas minerales
- El grado de saturación del suelo.

Para nuestro caso se calculó la permeabilidad mediante el criterio de granulometría. Si un suelo tiene partículas grandes y por lo tanto poros de tamaño grande, la permeabilidad será alta. Por el otro lado si el suelo posee material fino con poros de tamaño pequeño, el agua circulará con dificultad, ocasionando que la permeabilidad sea baja. Utilizando así la formula modificada de Allen-Hazen (1892):

$$k = C * (0.7 + 0.03T) * (D_{10})^2 \left[ \frac{cm}{s} \right]$$

Donde:

C es un valor que varía entre 40 y 150 dependiendo del tamaño efectivo de la partícula. Tabla 3.6.

$D_{10}$  es el diámetro efectivo, obtenido mediante la curva granulométrica completa.

T es la temperatura a la que se realizó el ensayo de granulometría

Tabla 3.6. Valores de C para diferentes características del material. Fuente: Bowles (1982).

C	Arena
40-80	Muy fina, bien gradada o con abundantes finos
80-120	Media a gruesa, pobremente gradada; limpia, gruesa pero bien gradada.
120-150	Muy gruesa, muy pobremente gradada, gravosa, limpia.

La otra ecuación empleada es la ecuación de Amer y Awad (1974), la cual utiliza el coeficiente de uniformidad ( $C_u$ ) y el índice de vacíos ( $e$ ), valores obtenidos de ensayos realizados anteriormente. La ecuación es la siguiente:

$$k = (D_{10})^{2.32} * (C_u)^{0.6} * \frac{e^3}{1 + e}$$

Donde:

$D_{10}$  es el diámetro efectivo 10.

$C_u$  es el coeficiente de uniformidad

$e$  es el índice de vacíos

Dependiendo del tipo de material, se determinó que fórmula utilizar para obtener los diferentes valores de permeabilidad, comparando los resultados obtenidos con los establecidos en la Tabla 3.5. para asegurarnos que entren en el rango al cual pertenecen.

### 3.4. Cálculo del Factor de Seguridad (FS) en zonas inestables mediante el uso del software SLIDE 6.0

Una de las herramientas disponibles para el Análisis de Estabilidad de taludes es el uso de software que permiten modelar características de los sitios y del modo potencial de falla (Suárez, 2009). A pesar de que existen varios programas informáticos diseñados para realizar el modelado de la zona de ruptura, se seleccionó el Software Slide (desarrollado por Rocscience) debido a que su interface nos permite un manejo ágil frente a otras casas comerciales. Este software integra los parámetros previamente descritos: litología, geometría del talud, tipo de rotura, datos geotécnicos, que permiten calcular el Factor de Seguridad (F.S.).

Los parámetros geotécnicos (cohesión, ángulo de fricción interna y peso específico) para deslizamientos activos (resistencia al corte residual) se obtuvieron mediante los ensayos de

laboratorio. Estos son fundamentales en el Software Slide para el modelado, ya que éste utiliza el criterio de Falla de Mohr Coulomb (ver Capítulo II). Figura 3.15.

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

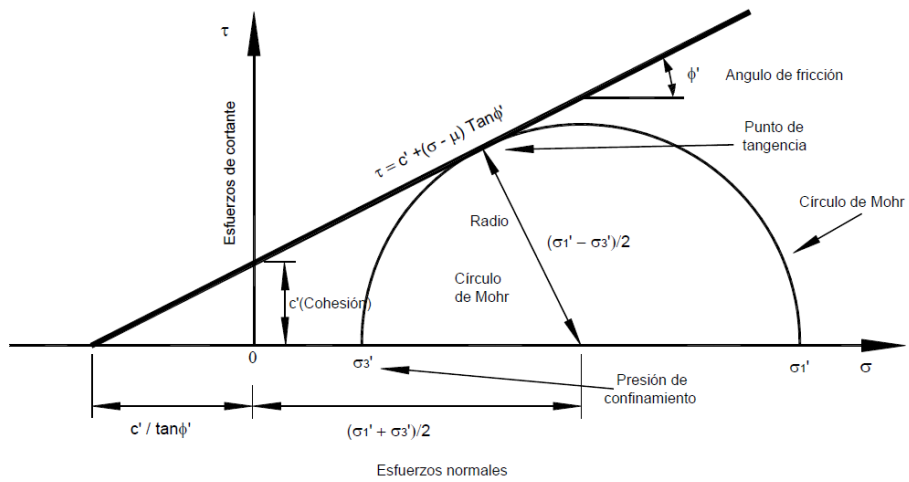


Figura 3.15. Representación gráfica de la ecuación de Mohr - Coulomb. Fuente: Suárez (2009).

Los valores geotécnicos resultantes, se introdujeron en el software Slide, para definir las propiedades de las capas a modelarse, donde además no se consideraron niveles freáticos que influyan en las capas. Figura 3.16.

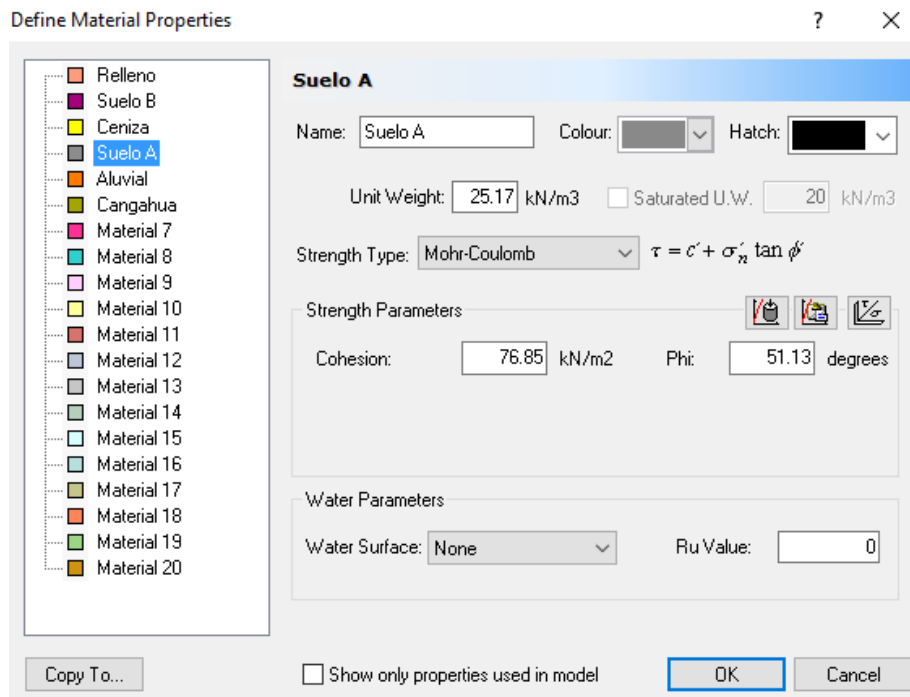


Figura 3.16. Ejemplo de asignación de propiedades geotécnicas en el programa Slide.

En un talud estable existe un equilibrio de las fuerzas actuantes y las fuerzas resistentes, entre las cuales es determinante la fuerza de gravedad; sin embargo, si se colocan cargas adicionales en la parte superior del talud o se remueven cargas en el pie del mismo, produce inestabilidad en el talud (Das, 2001).

Existen métodos que analizan la estabilidad de los taludes, uno de los más utilizados corresponde al Límite de Equilibrio.

Dentro de los métodos para el análisis de estabilidad de taludes mediante el método Límite de Equilibrio, se tiene entre los más comunes (Tabla 3.7.):

Tabla 3.7 Metodologías más comunes para el análisis de estabilidad de taludes. Fuente: Suárez (2009).



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, sea 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.

Los métodos escogidos para el cálculo de la estabilidad son: “Ordinario/Fellenius” y “Bishop simplificado” (Figura 3.17.), ya que estos métodos usan una superficie de falla circular; correspondiente a los deslizamientos rotacionales.

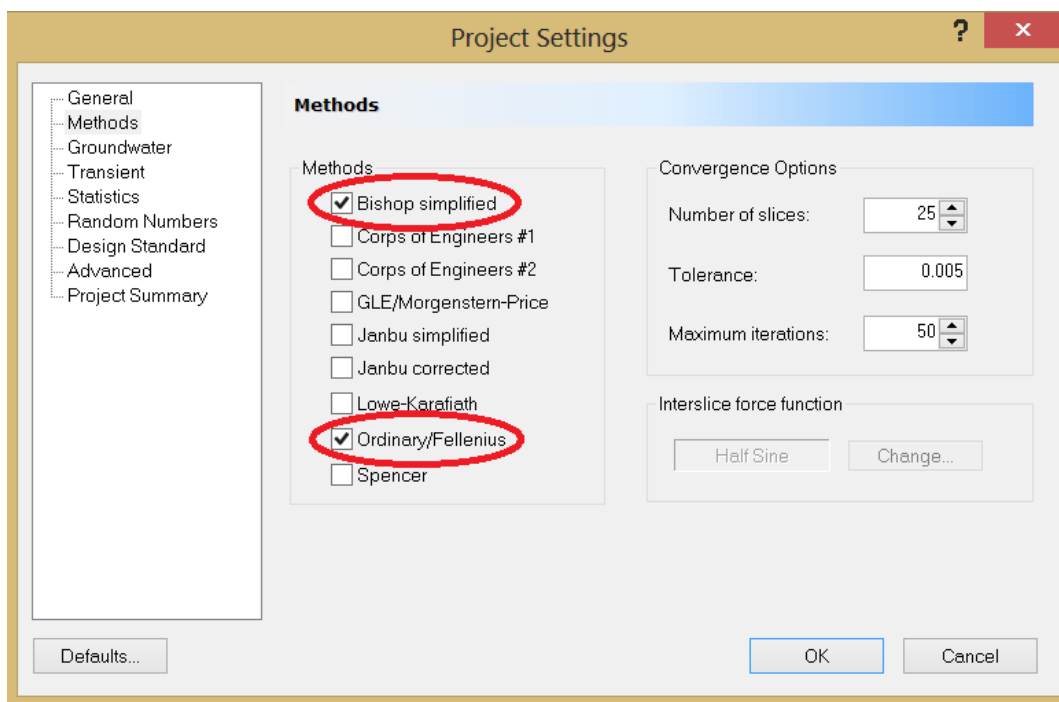


Figura 3.17. Métodos de cálculo de estabilidad presentes en Slide.

De esta manera se obtiene las superficies de rotura, además, para los taludes donde exista la presencia de construcciones se considerará una carga externa, la misma que será calculada utilizando el área de construcción, el espesor de las paredes, el número de pisos y los diferentes tipos de materiales empleados en la construcción de dichas viviendas. En el Anexo II se presentan los cálculos para la carga extra de las casas.

En la Tabla 3.8. se muestran las cargas externas que cada una de las casas representan para el talud en los perfiles “C” y “F”, la ubicación de los mismos puede ser observada en la figura 3.10.

Tabla 3.8. Valores de las cargas de las casas.

	<b>CARGA EXTERNA (KN/m<sup>2</sup>)</b>
<b>Casa Perfil “C”</b>	8.82
<b>Casa Perfil “F”</b>	15.16

## 4. CAPÍTULO IV: RESULTADOS

### 4.1. Inventario de los Fenómenos de Remoción en Masa

En el inventario levantado en campo se registraron 36 FRM, clasificados de la siguiente manera: 26 deslizamientos rotacionales, 9 caídas de bloques como movimiento primario, pero también caídas relacionadas a deslizamientos rotacionales y una reptación. A continuación en la Tabla 4.1. se sintetiza los parámetros característicos de los deslizamientos inventariados. Las zonas inestables fueron representadas en la ortofoto levantada con Dron y que permitió obtener un mapa escala 1:3000 (Mapa 1). En la figura 4.1. se observa un ejemplo de los FRM inventariados.

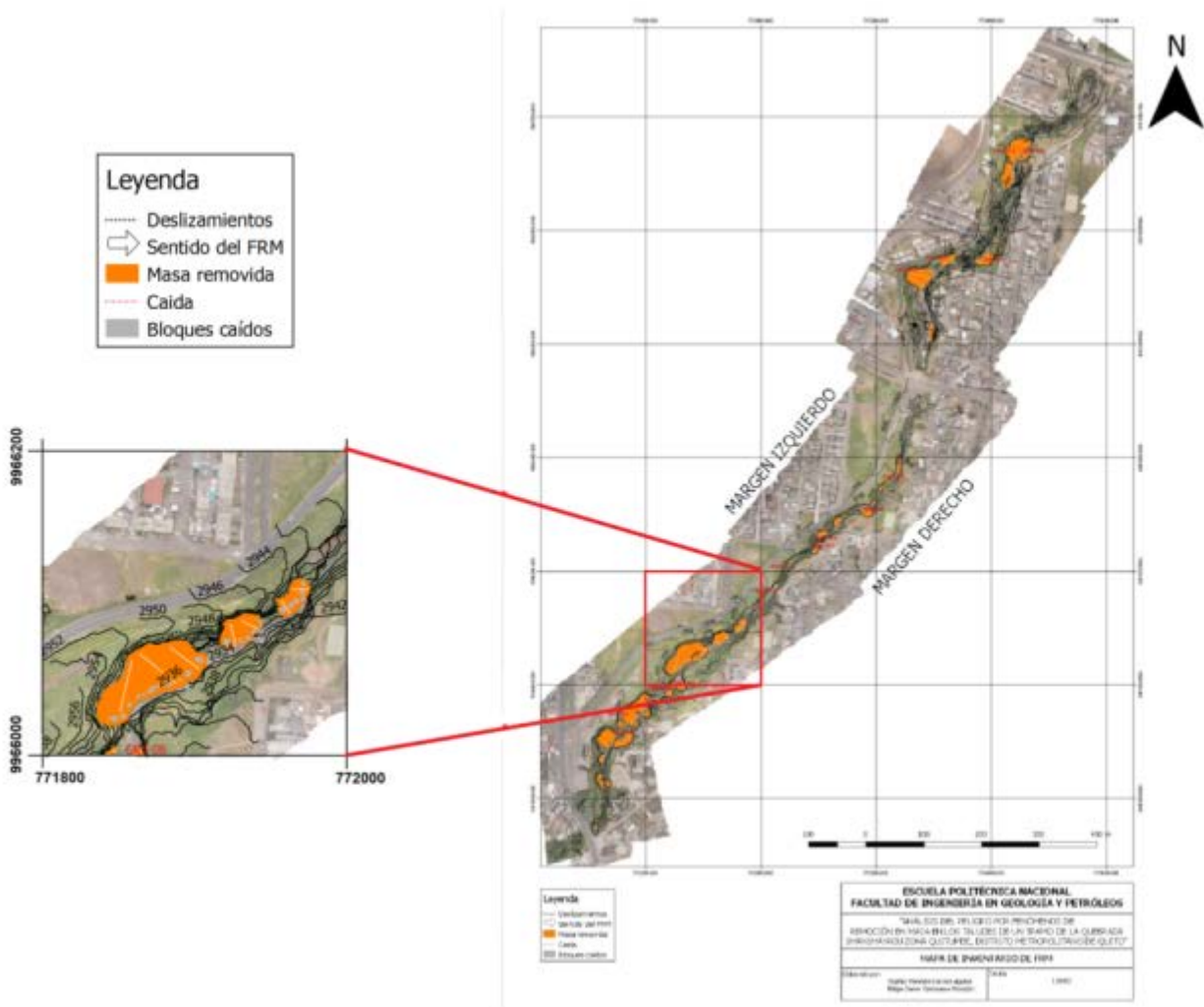
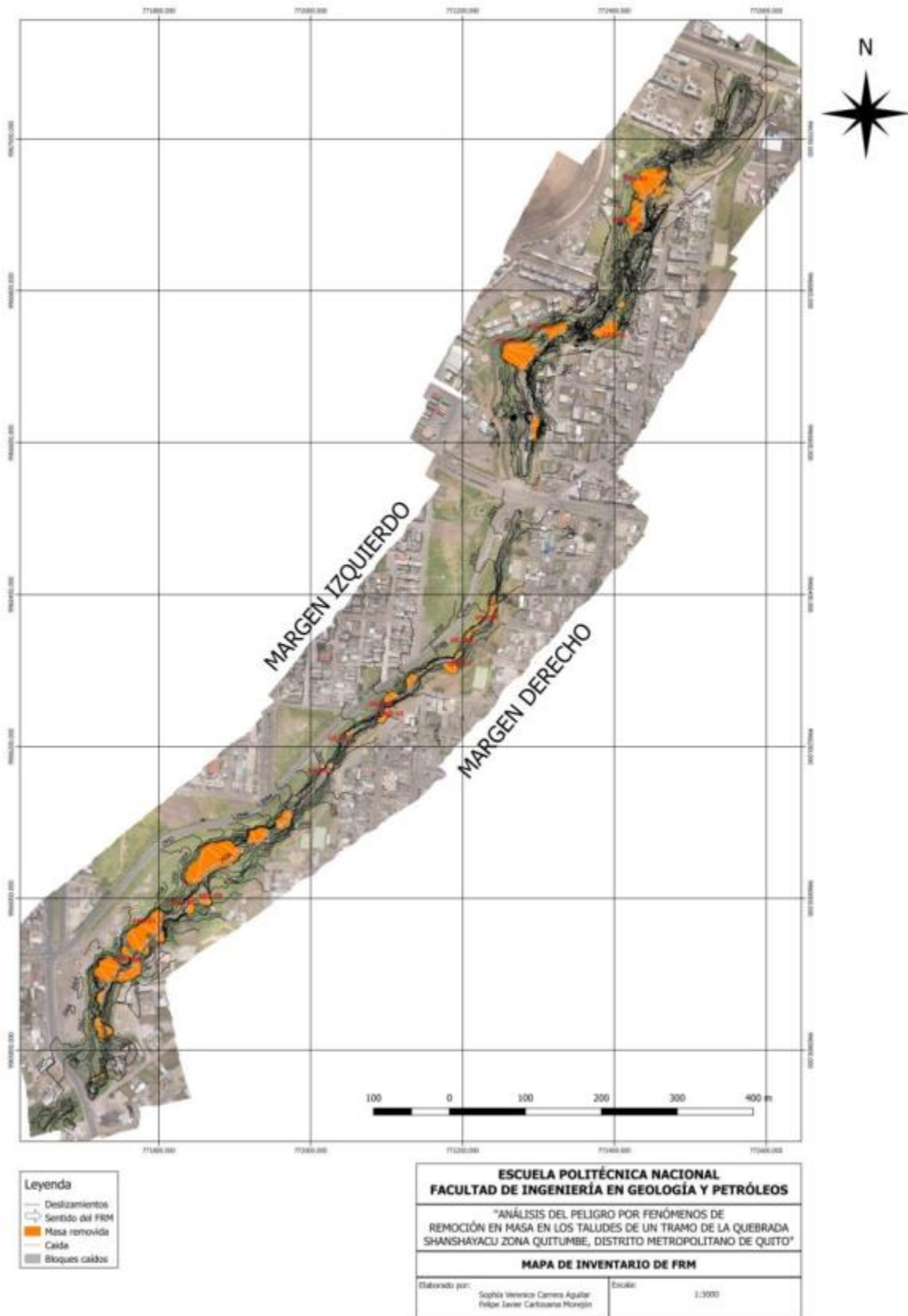


Figura 4.1. Ejemplo de FRM en el Mapa de Inventario.



Mapa 4.1. Mapa de inventario de FRM.

Tabla 4.1. Resumen del Inventario de FRM.

CÓDIGO	COORDENADAS		COTA DE ALTURA EN LA QUEBRADA (msnm)	TIPO DE MOVIMIENTO		NIVEL DE HUMEDAD	CAUSAS DEL MOVIMIENTO
	X	Y		1	2		
GR5-01	771762	9965965	2971	Deslizamiento Rotacional	Caída	Húmedo	* Material plástico débil, deleznable * Lluvias
GR5-02	771709	9965763	2971	Caída	Deslizamiento Rotacional	Húmedo	* Material deleznable, fisurado o agrietado, de meteorización * Erosión superficial * Erosión al pie del talud
GR5-03	771719	9965821	2962	Deslizamiento Rotacional	Caída	Húmedo	* Material deleznable, fisurado o agrietado * Socavación al pie del talud, lluvias
GR5-04	771744	9965931	2969	Deslizamiento Rotacional	Caída	Húmedo	* Material deleznable, fisurado o agrietado * Lluvias
GR5-06	771762	9965955	2971	Deslizamiento Rotacional	-	Seco	* Material deleznable * Socavación al pie del talud * Lluvias
GR5-07	771705	9965890	2970	Deslizamiento Rotacional	Caída	Seco	* Material deleznable * Socavación al pie del talud * Lluvias
GR5-08	771826	9966016	2965	Deslizamiento Rotacional	Caída	Seco	* Material plástico débil * Socavación al pie de talud
GR3-06	771851	9966000	2958	Caída	-	Húmedo	* Material meteorizado * Lluvias.
GR3-05	771862	9965999	2961	Deslizamiento Rotacional	Caída	Húmedo	* Material meteorizado * Lluvias * Socavación al pie del talud.
GR3-04	771831	9966020	2960	Caída	-	Seco	* Material meteorizado * Lluvias.
GR3-03	771942	9966086	2947	Caída	-	Húmedo	* Material meteorizado * Lluvias.
GR3-02	771993	9966140	2947	Caída	-	Húmedo	* Material deleznable y meteorizado * Lluvias.
GR3-01	772018	9966169	2831	Caída	-	Húmedo	* Material meteorizado, fisurado o agrietado * Lluvias * Sismo de abril de 2016.
GR2-01	772046	9966226	2893	Deslizamiento Rotacional	Caída	Húmedo	*Material meteorizado * Lluvias intensas en la época invernal.
GR2-02	772022	9966184	2892	Deslizamiento Rotacional	Caída	Húmedo	* Sismo del 16 de abril. * Lluvias intensas en la época invernal.
GR2-03	772085	9966226	2927	Deslizamiento Rotacional	-	Seco	* Lluvias intensas en la época invernal
GR2-04	772105	9966243	2945	Deslizamiento Rotacional	-	Seco	* Lluvias intensas en la época invernal
GR2-05	772105	9966257	2948	Deslizamiento Rotacional	Caída	Seco	*Material meteorizado * Lluvias intensas en la época invernal.
GR2-06	772136	9966269	2944	Deslizamiento Rotacional	Caída	Húmedo	* Material meteorizado, fisurado o agrietado * Sismo del 16 de abril. * Material deleznable.
GR2-07	772194	9966307	2936	Deslizamiento Rotacional	-	Seco	* Lluvias intensas en la época invernal
GR2-08	772235	9966396	2935	Deslizamiento Rotacional	-	Húmedo	* Lluvias intensas en la época invernal
GR2-09	772203	9966350	2945	Deslizamiento Rotacional	-	Seco	* Material plástico débil, * Lluvias intensas en la época invernal
GR2-10	772169	9966321	2939	Caída	-	Húmedo	* Material plástico débil, * Lluvias intensas en la época invernal
GR2-11	772101	9966267	2944	Deslizamiento Rotacional	-	Húmedo	* Material plástico débil, * Socavación al pie del talud.
GR1-01	772299	9966631	2941	Deslizamiento Rotacional	caída	Muy Húmedo	* Material meteorizado muy Húmedo, * Acción del sismo del 16 de abril * Lluvias intensas en la época invernal * Socavación al pie del talud por la acción de un tractor.
GR1-02	772260	9966648	2928	Reptación	caída	Húmedo	*Material deleznable, meteorizado * Posiblemente fue activado con lluvias y el terremoto que ocurrió el 16 de Abril del presente año.
GR1-03	772264	9966713	2951	Deslizamiento Rotacional	caída	Húmedo	*Material deleznable *Sismo del 16 de abril * Lluvias intensas en la época invernal.
GR1-04	772328	9966757	2921	Deslizamiento Rotacional	Caída	Húmedo	*El deslizamiento es causado por el material del lugar que es de relleno poco consolidado * Lluvias en la zona

							* Posteriormente por el sismo ocurrido el 16 de abril de 2016 * También existe socavación provocado por la corriente de agua al pie del plano de deslizamiento.
<b>GR1-05</b>	772382	9966738	2933	Deslizamiento Rotacional	-	Húmedo	*El deslizamiento es causado por una importante cantidad de débil material de relleno que cubre gran parte de la zona, además se encuentra poco consolidado y Húmedo, * Lluvias que cubrieron el área acentuó aún más la inestabilidad del terreno. * Según una moradora del sector, Señora Ximena Luque de 40 años, hubo un movimiento y súbito al momento del sismo suscitado el pasado 16 de abril de 2016.
<b>GR1-06</b>	772340	9966699	2910	Caída	-	Húmedo	* Material plástico débil, la orientación produce la caída de rocas * Posiblemente fue activado por el sismo * Lluvias
<b>GR4-06</b>	772459	9966878	2929	Deslizamiento rotacional	-	Seco	* Material plástico débil * Socavación al pie del talud
<b>GR4-05</b>	772434	9966900	2923	Deslizamiento Rotacional	-	Seco	* Material plástico débil * Socavación al pie del talud
<b>GR4-04</b>	772450	9966930	2923	Deslizamiento Rotacional	Caída	Seco	* Material fisurado o agrietado * Lluvias
<b>GR4-03</b>	772460	9966928	2925	Deslizamiento Rotacional	-	Seco	* Material deleznable, de meteorización, * Socavación al pie del talud
<b>GR4-02</b>	772478	9966970	2919	Caída	-	Húmedo	* Material plástico débil * Socavación al pie del talud * Erosión superficial * Lluvias
<b>GR4-01</b>	772566	9967052	2918	Deslizamiento Rotacional	Caída	Húmedo	* Material deleznable * Lluvias

## Descripción litológica y estratigráfica

Para el levantamiento geológico y litológico realizado en la Quebrada Shanshayacu se realizaron 15 columnas asociadas a los perfiles elaborados y paradas, como se observa en la figura 4.2.

Margen izquierdo: se levantaron 8 columnas, asociadas a perfiles y paradas como se resume en la Tabla 4.2., en las cuales se puede apreciar un espesor considerable de la capa de relleno hacia el sur de la quebrada, sobreyaciendo al suelo B, el cual presenta lentes de ceniza intercalados, y al suelo A. Hacia la parte norte de éste margen aflora la capa de la cangahua subyaciendo al suelo A. Figura 4.3.

Tabla 4.2. Margen Izquierdo.

PERFIL/PARADA	COORDENADAS	
	X	Y
<i>Perfil "A" (Parada 2)</i>	771715	9965847
<i>Perfil "B" (Parada 4)</i>	771731	9965886
<i>Parada 7</i>	771824	9965966
<i>Parada 11</i>	771943	9966085
<i>Perfil "E" (Parada 13)</i>	772080	9966234
<i>Perfil "G"</i>	772284	9966704
<i>Perfil "H"</i>	772292	9966716
<i>Parada TR-03</i>	772556	9967034

Margen Derecho: se levantaron 7 columnas, en las que se puede corroborar la potencia del relleno hacia el sur de la zona de estudio, así como se observó en las columnas del margen izquierdo, que éste se encuentra sobreyaciendo a los dos tipos de suelo. Es importante mencionar que existen depósitos aluviales que están adheridos y están depositados en el lecho del río, pero también depósitos más antiguos y que se encuentran bajo los suelos A y B, ver figura 4.4. En la Tabla 4.3. se resumen la ubicación de los perfiles y columnas levantados.

Tabla 4.3. Margen Derecho

PERFIL/PARADA	COORDENADAS	
	X	Y
<i>Parada 3</i>	771725	9965832
<i>Parada 5</i>	771757	9965910
<i>Perfil "C" (Parada 6)</i>	771776	9965929
<i>Perfil "D" (Parada 8)</i>	771869	9966000
<i>Perfil "F" (GR1-01)</i>	772294	9966634
<i>Perfil "I" (CTR-03)</i>	772408	9966752
<i>Perfil "J" (GR4-05)</i>	772439	9966904

En la fotografía 4.1. se puede observar un afloramiento en donde se observan el relleno, suelo B, suelo A, y también el aluvial; como un ejemplo de talud descubierto donde se realizó el levantamiento de una columna.





Fotografía 4.1. Litoestratigrafía del perfil "F".



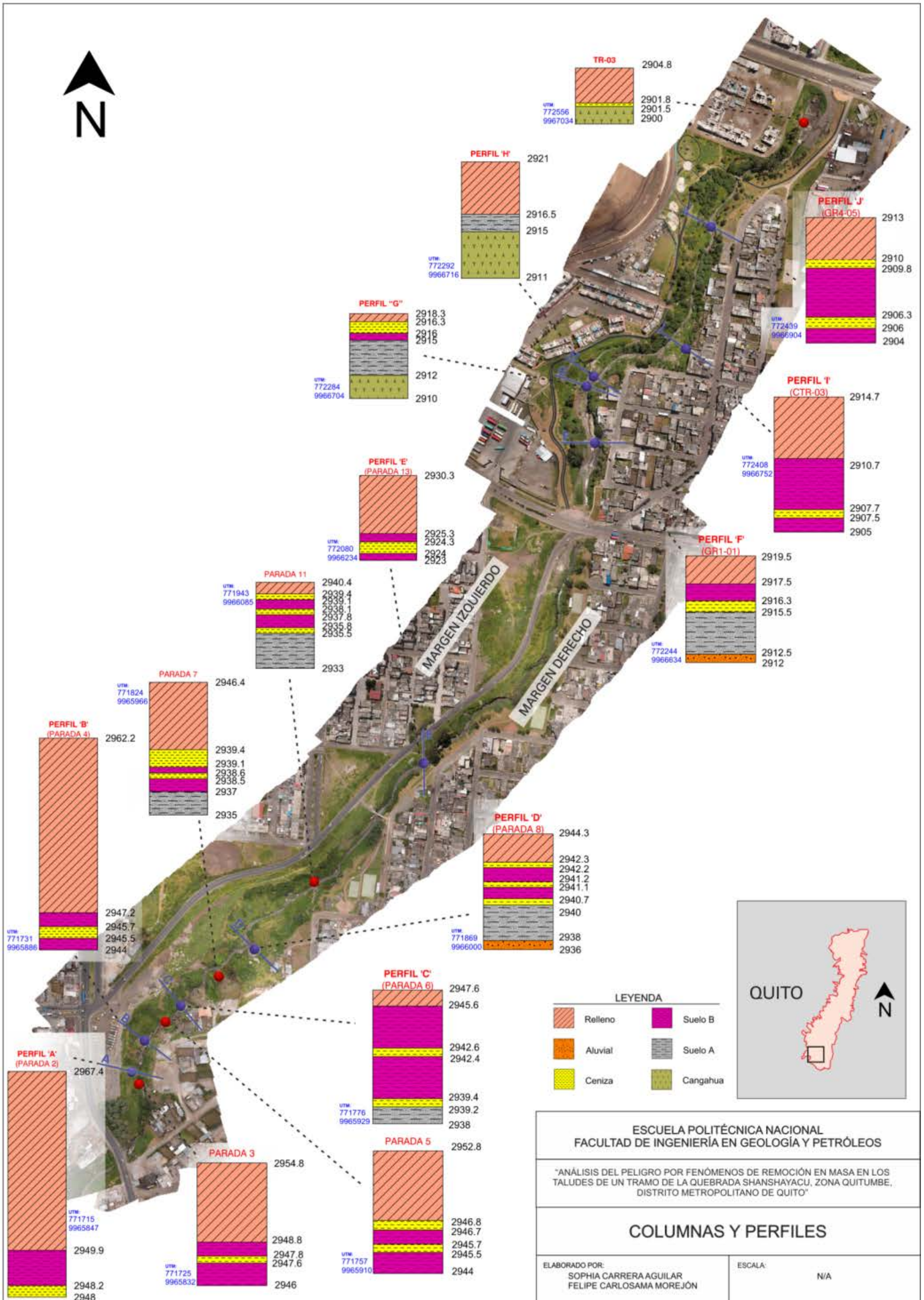


Figura 4.2. Ubicación de columnas y perfiles.



# Margen Izquierdo

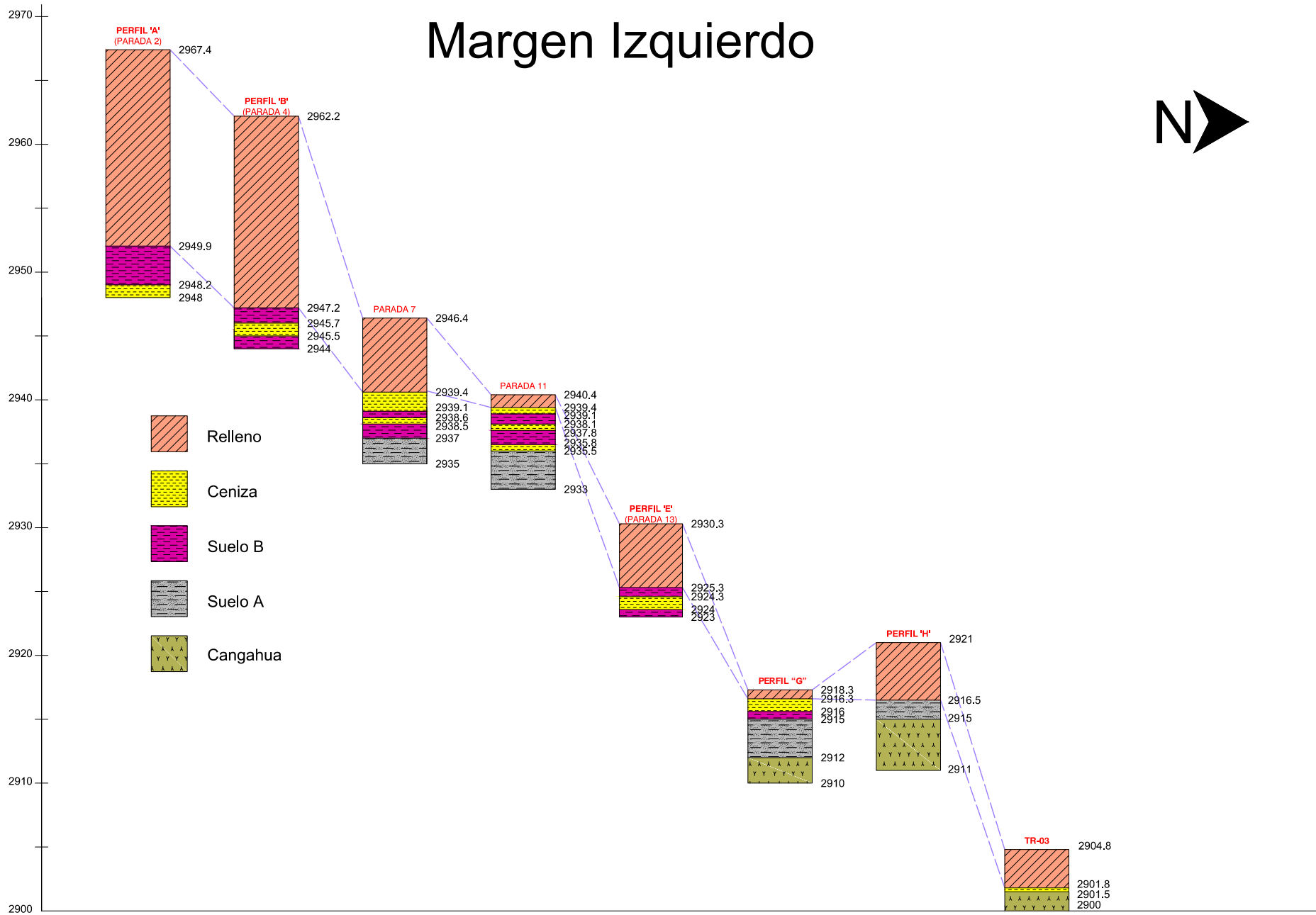


Figura 4.3. Esquema de columnas litológicas del margen izquierdo.

# Margen Derecho

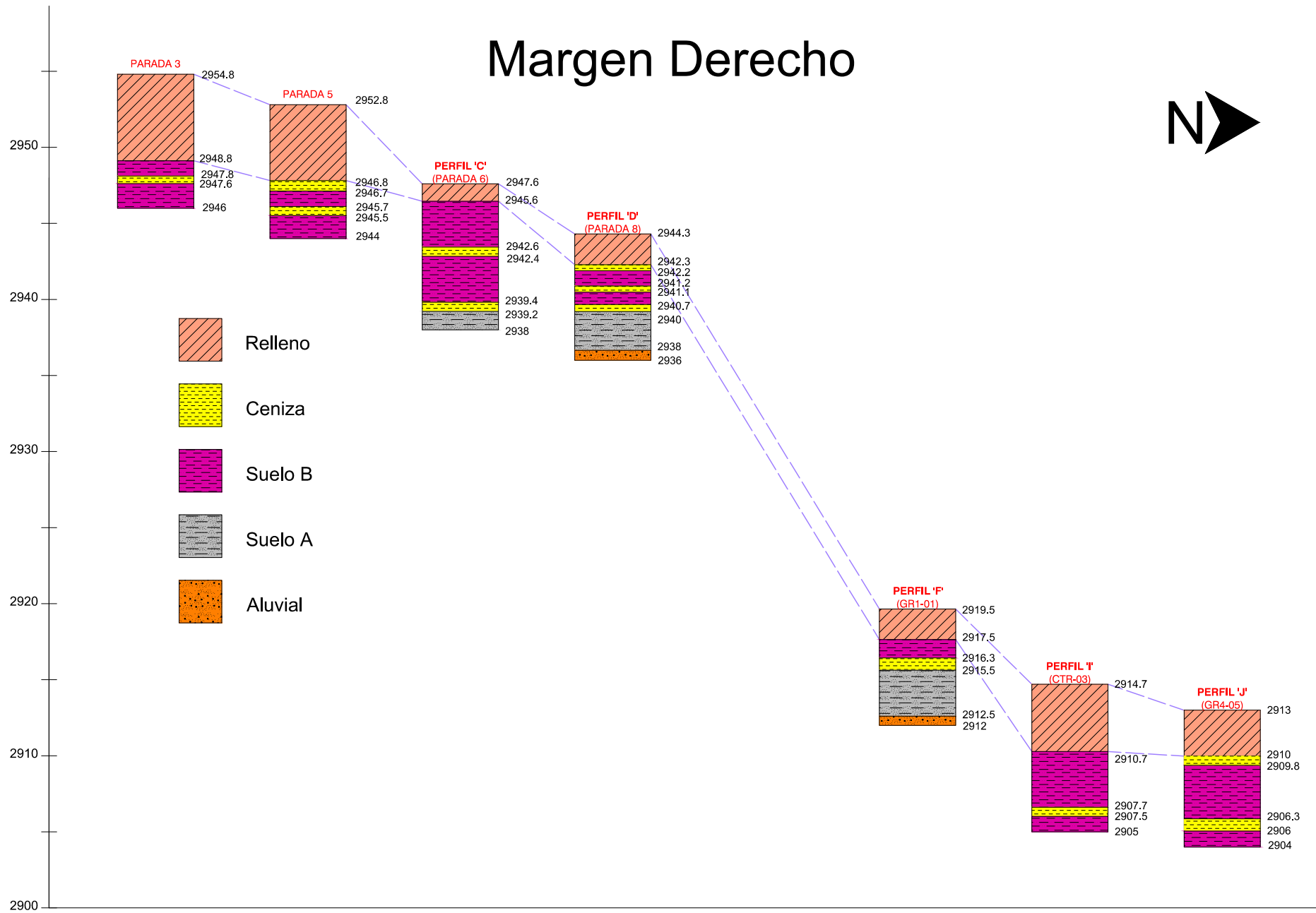


Figura 4.4. Esquema de columnas litológicas margen derecho.

## 4.2. Características Geotécnicas

### Ensayos de corte directo

En la Tabla 4.4. se muestran los resultados obtenidos de los tres ensayos de corte directo realizados en los suelos A y B y en el depósito de cangahua.

Tabla 4.4. Resultados del Ensayo de Corte Directo.

TIPO DE SUELO	COHESIÓN (C) Kg/cm <sup>2</sup>	COHESIÓN (C ) kN/m <sup>2</sup>	ÁNGULO DE FRICCIÓN (φ)
Suelo B (Muestra LE-06)	0.74	72.19	5.08°
Suelo A (Muestra TR-01)	0.78	76.85	51.13°
Cangahua (Muestra TR-03)	3.51	343.50	60.88°

### Ensayos para la clasificación S.U.C.S.

Curvas de Distribución Granulométrica: Los ensayos de Hidrómetro se realizaron con el fin de obtener la curva granulométrica completa (para la fracción de finos) de cada muestra. En la Tabla 4.5. se presentan los resultados obtenidos a partir de la curva granulométrica, que son los valores de coeficientes de uniformidad, coeficiente de curvatura, D<sub>10</sub>, D<sub>30</sub>, D<sub>60</sub>, así como también el porcentaje de partículas gruesas y finas.

Tabla 4.5. Parámetros obtenidos a través de las Curvas Granulométricas.

SUELO	MUESTRA	PARÁMETROS OBTENIDOS A TRAVÉS DE LA CURVA GRANULOMÉTRICA					PARTÍCULAS GRUESAS (%)	PARTÍCULAS FINAS (%)
		Coficiente de Uniformidad [Cu]	Coficiente de Curvatura [Cc]	D <sub>10</sub> (mm)	D <sub>30</sub> (mm)	D <sub>60</sub> (mm)		
RELLENO	LE-01	25.37	0.78	0.0048	0.0211	0.1206	47.42	52.58
	LE-02	120.33	0.22	0.0011	0.0054	0.1265	47.33	52.67
	LE-07	37.47	0.93	0.0033	0.0195	0.1234	46.97	53.03
	TR-02	69.66	0.17	0.0014	0.0047	0.0949	42.68	57.32
SUELO B	LE-03	12.31	0.99	0.0052	0.0181	0.0639	35.4	64.6
	LE-04	22.32	1.21	0.0056	0.029	0.1246	46.01	53.99
	LE-05	17.9	5.76	0.0031	0.0319	0.0563	6.61	93.39
	LE-06	8.7	0.63	0.0042	0.0098	0.0364	8.51	91.49
SUELO A	TR-01	97.03	0.28	0.0015	0.0079	0.1456	49.09	50.91
CANGAHUA	TR-03	128.32	4.95	0.0038	0.0947	0.4823	71.28	28.72

## Ensayos de densidad de sólidos

Este ensayo se aplicó a las mismas muestras utilizadas para la clasificación de suelo. En la Tabla 4.6. que se muestra a continuación se resume los resultados obtenidos.

Tabla 4.6. Densidad de solidos de las muestras.

SUELO	MUESTRA	DENSIDAD DE SÓLIDOS (gr/cm <sup>3</sup> )
<b>RELLENO</b>	<b>LE-01</b>	2.446
	<b>LE-02</b>	2.562
	<b>LE-07</b>	2.586
	<b>TR-02</b>	2.464
<b>SUELO B</b>	<b>LE-03</b>	2.387
	<b>LE-04</b>	2.544
	<b>LE-05</b>	2.122
	<b>LE-06</b>	1.780
<b>SUELO A</b>	<b>TR-01</b>	2.569
<b>CANGAHUA</b>	<b>TR-03</b>	2.581

## Límites de Atterberg

En la tabla 4.7. se presentan los valores de los límites de Atterberg (límite líquido, límite plástico, e índice de plasticidad) obtenidos. La figura 4.5. presenta la distribución de las muestras de éste estudio en la carta de plasticidad.

Tabla 4.7. Límites de Atterberg obtenidos.

SUELO	MUESTRA	LÍMITE LÍQUIDO [LL] (%)	LÍMITE PLÁSTICO [LP] (%)	ÍNDICE DE PLASTICIDAD [IP] (%)
<b>RELLENO</b>	<b>LE-01</b>	33.74	28.27	5.48
	<b>LE-02</b>	27.38	19.29	8.09
	<b>LE-07</b>	28.69	26.89	1.8
	<b>TR-02</b>	43.28	29.52	13.76
<b>SUELO B</b>	<b>LE-03</b>	54.2	43.04	11.16
	<b>LE-04</b>	30.24	23.82	6.41
	<b>LE-05</b>	56.37	51.19	5.18
	<b>LE-06</b>	254.85	223.81	31.04
<b>SUELO A</b>	<b>TR-01</b>	No Plástica	No Plástica	No Plástica
<b>CANGAHUA</b>	<b>TR-03</b>	No Plástica	No Plástica	No Plástica

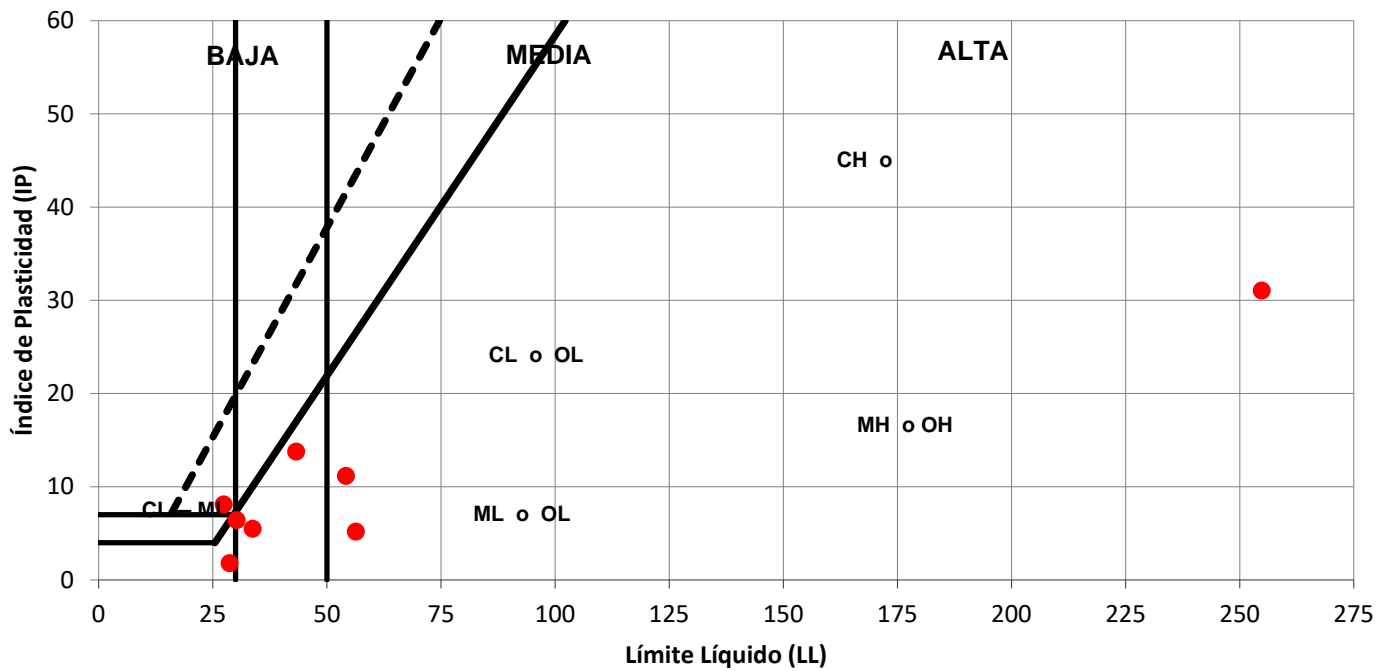


Figura 4.5. Carta de Plasticidad con las muestras de este estudio.

Estos resultados fueron de importancia con el fin de determinar la clasificación S.U.C.S, la cual se muestra en la tabla 4.8. En el Anexo VI se muestra detalladamente los parámetros empleados en la obtención de estos resultados.

Tabla 4.8. Resultados de Ensayo S.U.C.S.

SUELO	MUESTRA	SUCS	
<b>RELLENO</b>	<b>LE-01</b>	ML	limo arenoso
	<b>LE-02</b>	SC-SM	arena limosa arcillosa
	<b>LE-07</b>	ML	limo arenoso
	<b>TR-02</b>	CL	arcilla ligera arenosa
<b>SUELO B</b>	<b>LE-03</b>	MH	Limo arenoso con alta plasticidad
	<b>LE-04</b>	SM	arena limosa
	<b>LE-05</b>	MH	Limo arenoso con alta plasticidad
	<b>LE-06</b>	OH	arcilla orgánica/limo orgánico
<b>SUELO A</b>	<b>TR-01</b>	SM-SP	arena limosa mal graduada
<b>CANGAHUA</b>	<b>TR-03</b>	SM-SW	arena limosa bien graduada

## Cálculo de la permeabilidad por método indirecto

En la Tabla 4.9. se presenta los resultados de la permeabilidad de acuerdo a las diferentes fórmulas de cálculo. De la misma manera, este ensayo fue realizado en las 10 muestras obtenidas en campo.

Tabla 4.9 Resultados de permeabilidad.

Suelo	Muestra	Clasificación S.U.C.S	Diámetro efectivo 10 (D10) [mm]	Coficiente de Uniformidad (Cu)	Índice de Porosidad [e]	Permeabilidad Amer y Awad (1974)	C	Permeabilidad Allen Hazen (1892) <sup>1</sup>
Relleno	LE-01	Limo arenoso	0.0048	25.37	0.21815717	2.48E-07	50	1.50E-03
	LE-02	Arena limosa arcillosa	0.0011	120.23	0.27804699	4.07E-08	80	1.26E-04
	LE-07	Limo arenoso	0.0033	37.47	0.44025548	9.12E-07	40	5.66E-04
	TR-02	Arcilla ligera arenosa	0.0014	69.66	0.34186428	9.09E-08	20	5.10E-05
Suelo B	LE-03	Limo arenoso con alta plasticidad	0.0052	12.31	0.51191832	2.01E-06	40	1.41E-03
	LE-04	Arena limosa	0.0056	22.32	0.41363318	1.93E-06	80	3.26E-03
	LE-05	Limo arenoso con alta plasticidad	0.0031	17.9	0.54372479	8.90E-07	40	5.00E-04
	LE-06	Limo orgánico	0.0042	8.7	0.27509752	1.83E-07	20	4.59E-04
Suelo A	TR-01	Arena limosa mal graduada	0.0015	97.03	0.3524018	1.41E-07	100	2.93E-04
Cangahua	TR-03	Arena limosa bien graduada	0.0038	128.32	1.85465746	9.98E-05	120	2.25E-03

Para obtener la permeabilidad indirectamente a través de la granulometría, nos basamos en dos fórmulas descritas en el Capítulo III.

La fórmula de Allen Hazen resultaba más aplicable para suelos de grano medio a grueso (arenas) con una permeabilidad media, mientras que la fórmula de Amer y Awad presenta mejores resultados para suelos con mayor cantidad de finos (predominantemente arcillosos), correspondiendo a una permeabilidad baja. En la tabla 4.9., se encuentran sombreadas las permeabilidades aceptadas, así para el suelo B y la muestra TR-02 (del relleno) se consideró el valor obtenido a través de la fórmula de Amer y Awad (1974), y para

el suelo A, la cangahua y las muestras LE-01, LE-02 y LE-07 (del relleno) se aceptó el valor obtenido por la fórmula de Allen Hazen (1892).

## **Resumen de resultados de las características geotécnicas**

Relleno: Cuatro de las muestras analizadas (LE-01, LE-02, LE-07, TR-02) fueron tomadas de la capa superior que corresponde a relleno. Comprenden una clasificación muy heterogénea, que va desde CL (arcilla ligera arenosa) con una cantidad de finos de 64.5 %, ML (limo arenoso) con una presencia de finos entre 49.9% y 56.6%, y SC-SM (arena limosa arcillosa) con una presencia de finos de 48%. Así mismo presentan el índice plástico en un rango que va desde 1.80% a 13.76%.

Suelo B: material que exhibe un color gris oscuro-negro y materia orgánica. Cuatro muestras correspondientes a esta capa (LE-03, LE-04, LE-05, LE-06) fueron analizadas para obtener sus propiedades. Su clasificación S.U.C.S. es de MH (Limo arenoso con alta plasticidad), OH (limo orgánico), pero también se encontró una zona de transición hacia la capa inferior a éste suelo; la clasificación S.U.C.S. de ésta transición es SM (arena limosa). En la muestra más representativa de esta capa de suelo B se encontró una cantidad de finos de 93.3% y humedad natural promedio de 247.58%. Las propiedades geotécnicas del Suelo B son: peso específico ( $\gamma$ ) es muy bajo, con un valor de  $1.78 \text{ (gr/cm}^3\text{)} = 17.44 \text{ KN/m}^3$ ; cohesión (c)  $0.74 \text{ Kg/cm}^2 = 72.19 \text{ KN/m}^2$  y un ángulo de fricción ( $\phi$ ) de  $5.08^\circ$ ; su límite plástico es alto, de 223.81%, sin embargo, no se le puede considerar turba ya que las turbas generalmente presentan un límite líquido entre 300% y 500%. El índice plástico del suelo B es 31.04%, lo que se refleja en su carácter de ser muy moldeable.

La muestra LE-04 que se encuentra dentro de la capa de suelo B, presenta la clasificación S.U.C.S. de SM correspondiente a una arena limosa. Esto puede deberse a que representa una zona de transición entre el suelo B y el suelo A (el cual es SM-SP, arena limosa mal graduada), teniendo una cantidad de arena y grava del 56.1%, mientras que la cantidad de finos (43.9%); es decir, existe mayor presencia de partículas gruesas.

En cuanto a la génesis de esta capa de suelo, puede ser resultado de flujos de lodo que bajaron puntualmente por esta quebrada, arrastrando una importante cantidad de material orgánico que se depositaron en ciertos sectores; o, también puede ser resultado de una erosión fuerte de la cangahua cuyos flujos bajaron en zonas más pantanosas con mucho material orgánico.

Suelo A: la muestra TR-01 analizada perteneciente a esta capa presenta una clasificación S.U.C.S. que corresponde a SM-SP (arena limosa mal graduada), con una cantidad de finos



de 47.1%, una humedad natural promedio de 8.99%. Éste tipo de suelo no es plástico. Un peso específico ( $\gamma$ ) de  $2.569 \text{ (gr/cm}^3\text{)} = 25.17 \text{ KN/m}^3$ , cohesión ( $c$ ) de  $0.7842 \text{ Kg/cm}^2 = 76.85 \text{ KN/m}^2$  y un ángulo de fricción ( $\phi$ ) de  $51.13^\circ$ .

Visualmente es de color gris-pardo, y también tiene presencia de materia orgánica (en menor cantidad que el suelo B). Se lo encontró también en la Quebrada Ortega, con una consistencia más tobácea e intercalaciones de lapilli.

Cangahua: La muestra TR-03 es un SM-SW (arena limosa bien graduada), con la presencia de finos de 18.4%. Una humedad natural promedio de 2.42%. Esta muestra no tiene índice plástico, quiere decir que no es plástica. Sus propiedades geomecánicas son: peso específico ( $\gamma$ ) de  $2.581 \text{ (gr/cm}^3\text{)} = 25.2938 \text{ KN/m}^3$ , cohesión ( $c$ ) de  $3.5051 \text{ Kg/cm}^2 = 343.4998 \text{ KN/m}^2$  y un ángulo de fricción ( $\phi$ ) de  $60.8844^\circ$ .

Algo muy importante de destacar es la dureza, la cual se reflejó en la dificultad al momento de obtener muestras para los ensayos. Al ser la capa más profunda, solo se la puede encontrar en la parte norte de la quebrada.

Aluvial: material que va desde arena gruesa hasta cantos redondeados, se encuentra ocasionalmente a manera de lentes en el lecho del río. No constituye algo representativo en lo cual se deba profundizar.

### **4.3. Análisis de Estabilidad de zonas inestables**

El análisis de estabilidad se realizó con el uso de la herramienta Software Slide 6.0, el cual integra los parámetros previamente descritos: litología, geometría del talud, tipo de rotura, características geotécnicas, que permiten calcular el Factor de Seguridad (F.S.).

En la fotografía 4.2. se puede observar un esquema de la litoestratigrafía de una zona inestable introducida en el programa. A través de los cortes realizados en la topografía a detalle, levantada con el uso de Dron, se escogieron diez perfiles (figura 3.10.) para integrar la geometría del talud en el software.



Fotografía 4.2. Material visible en un deslizamiento rotacional, se ven los tipos de materiales existentes.

En la Tabla 4.10. se resumen los parámetros geomecánicos obtenidos de los ensayos de laboratorio, con los cuales se hizo el modelado. Debido a la heterogeneidad del relleno, no fue posible obtener en el laboratorio datos de peso específico, cohesión y ángulo de fricción interna, motivo por el cual se procedió a tomar valores bibliográficos, para el valor de la cohesión ( $c$ )  $0.05 \text{ Kg/cm}^2 = 4.9 \text{ KN/m}^2$ , se tomó de Cañari & Alva (2011); para el valor del ángulo de fricción interna ( $\phi$ ) de  $3.28^\circ$ , el cual se tomó de Jiménez (1999), y peso específico ( $\gamma$ ), con un valor de  $1.8 \text{ (gr/cm}^3) = 17.64 \text{ KN/m}^3$ , para usarlos en el software Slide.

Tabla 4.10. Tabla resumen de las propiedades geomecánicas obtenidas en los ensayos de corte directo y densidad de sólidos.

Tipo de suelo	Peso específico ( $\gamma$ ) kN/m <sup>3</sup>	Cohesión (C ) KN/m <sup>2</sup>	Ángulo de fricción interna ( $\phi$ )
Suelo B	17.44	72.19	5.08°
Suelo A	25.17	76.85	51.13°
Cangahua	25.29	343.50	60.88°

Es importante mencionar que las denominaciones de Suelo A y Suelo B, representan los nombres de las capas del presente estudio y de ninguna manera deben confundirse con los horizontes del suelo.

El modelado de rotura se realizó en diez perfiles, de los cuales se escogieron cinco en base a su representatividad, y estos son: Perfil “C”, Perfil “C” con carga externa, Perfil “F”, Perfil “F” con carga externa, y Perfil “G”, en condiciones estáticas sin nivel freático. A continuación, en la Tabla 4.11. se presentan los resultados de los factores de seguridad obtenidos mediante los dos métodos de rotura circular presentes en el Software Slide.

Tabla 4.11. Resumen de los FS en los diferentes perfiles.

<b>PERFIL</b>	<b>FACTOR DE SEGURIDAD (MÉTODO ORDINARIO- FELLENIUS)</b>	<b>FACTOR DE SEGURIDAD (MÉTODO BISHOP SIMPLIFICADO)</b>
Perfil “A”	0.21	0.22
Perfil “B”	0.25	0.25
Perfil “C”	0.63	0.63
Perfil “C” con carga	0.50	0.49
Perfil “D”	0.63	0.64
Perfil “E”	0.32	0.30
Perfil “F”	0.93	0.94
Perfil “F” con carga	0.71	0.71
Perfil “G”	0.44	0.45
Perfil “H”	0.43	0.44
Perfil “I”	0.52	0.53
Perfil “J”	3.67	3.68

A continuación se muestran los perfiles modelados en el software Slide más representativos, junto con su ubicación.

## Perfil "C"

La figura 4.6. representa el modelado sin la carga de la casa, en donde se obtuvo un F.S. = 0.63.

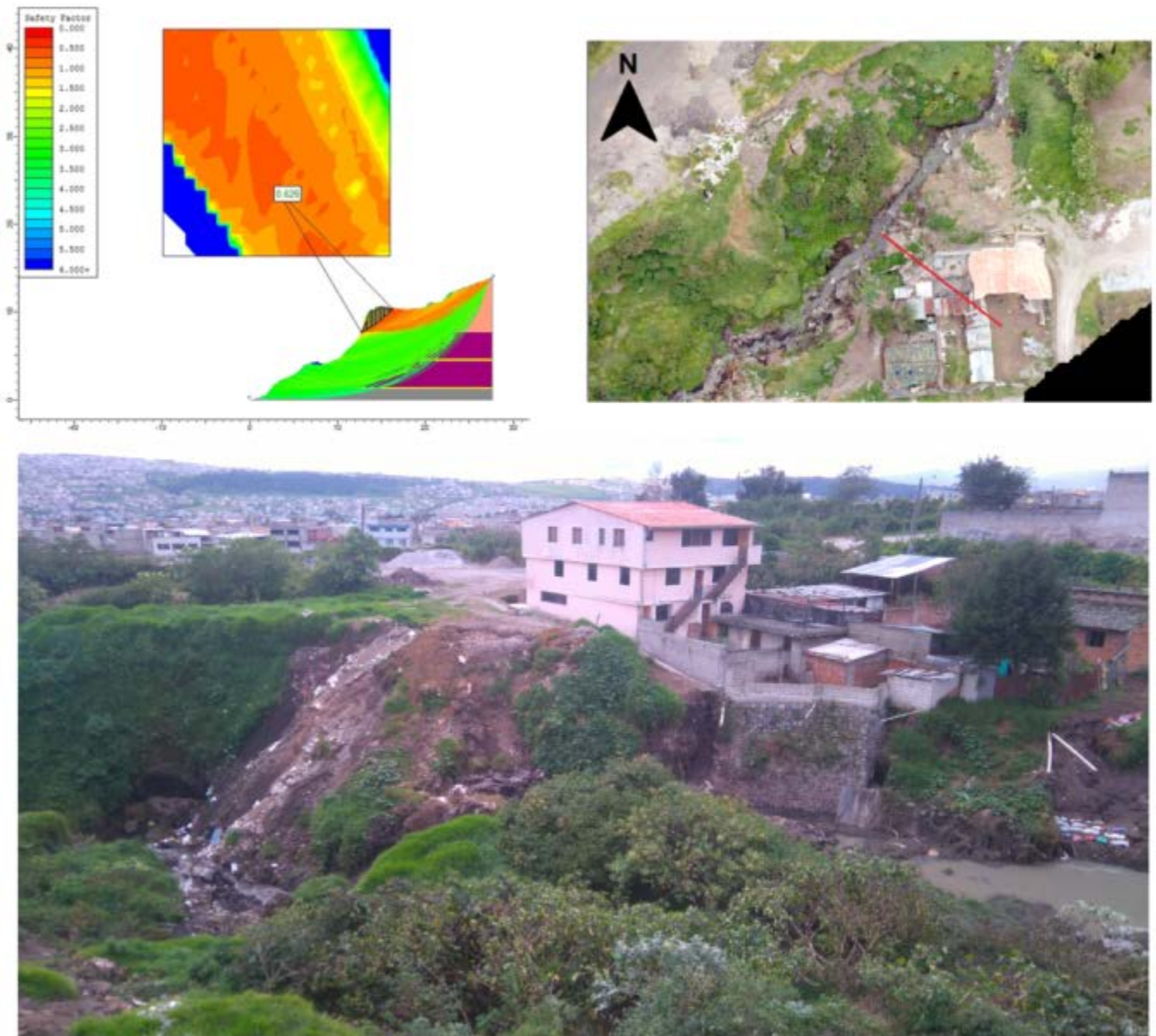


Figura 4.6. Perfil "C" sin sobrecarga externa.



## Perfil "C" con carga externa

La figura 4.7. muestra el modelado en el software, con un valor de F.S. = 0.49.

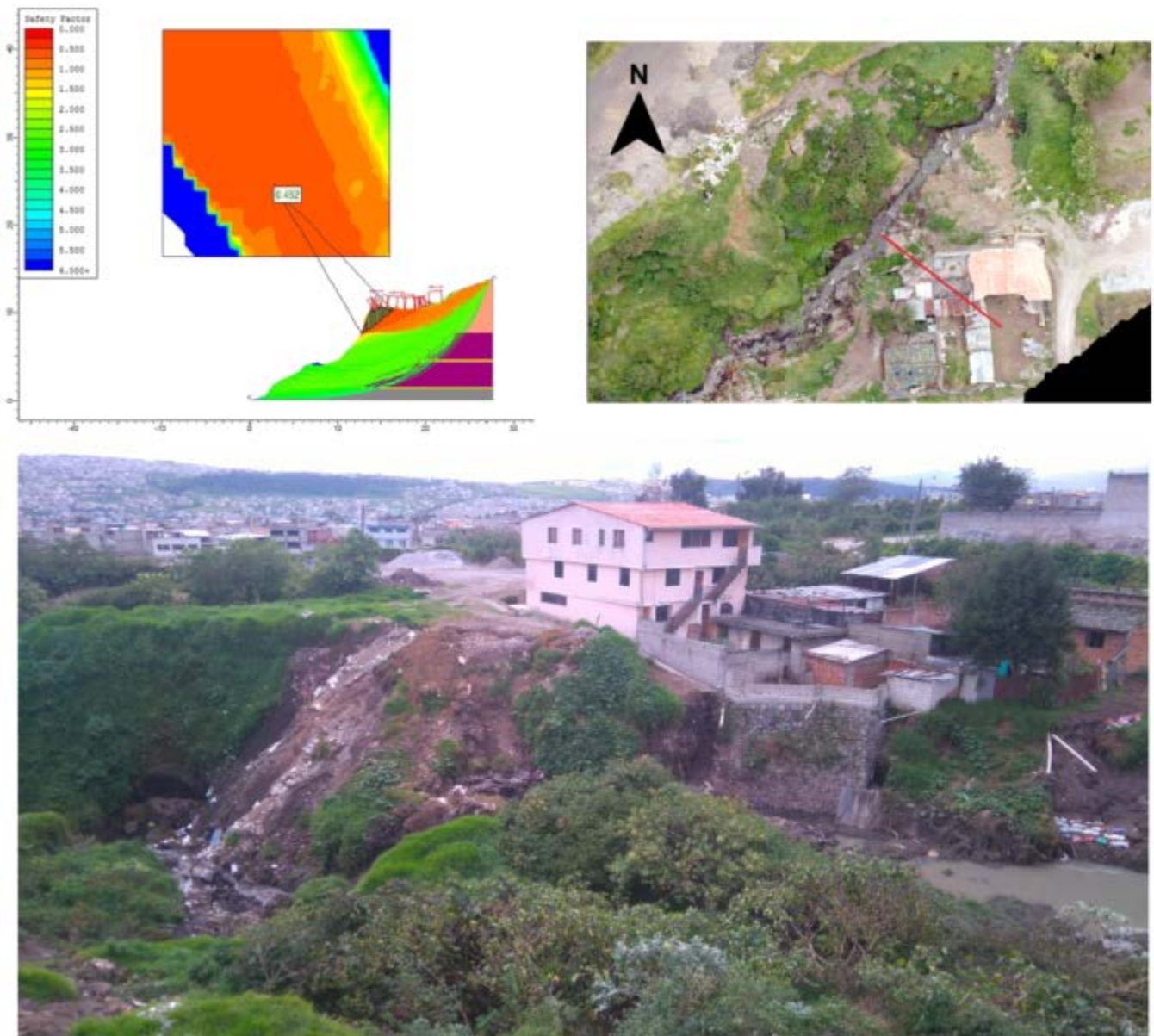


Figura 4.7. Perfil "C" modelado con la sobrecarga externa debida a la casa.

## Perfil "F"

La figura 4.8. muestra el perfil modelado en Slide con su F.S. = 0.93.

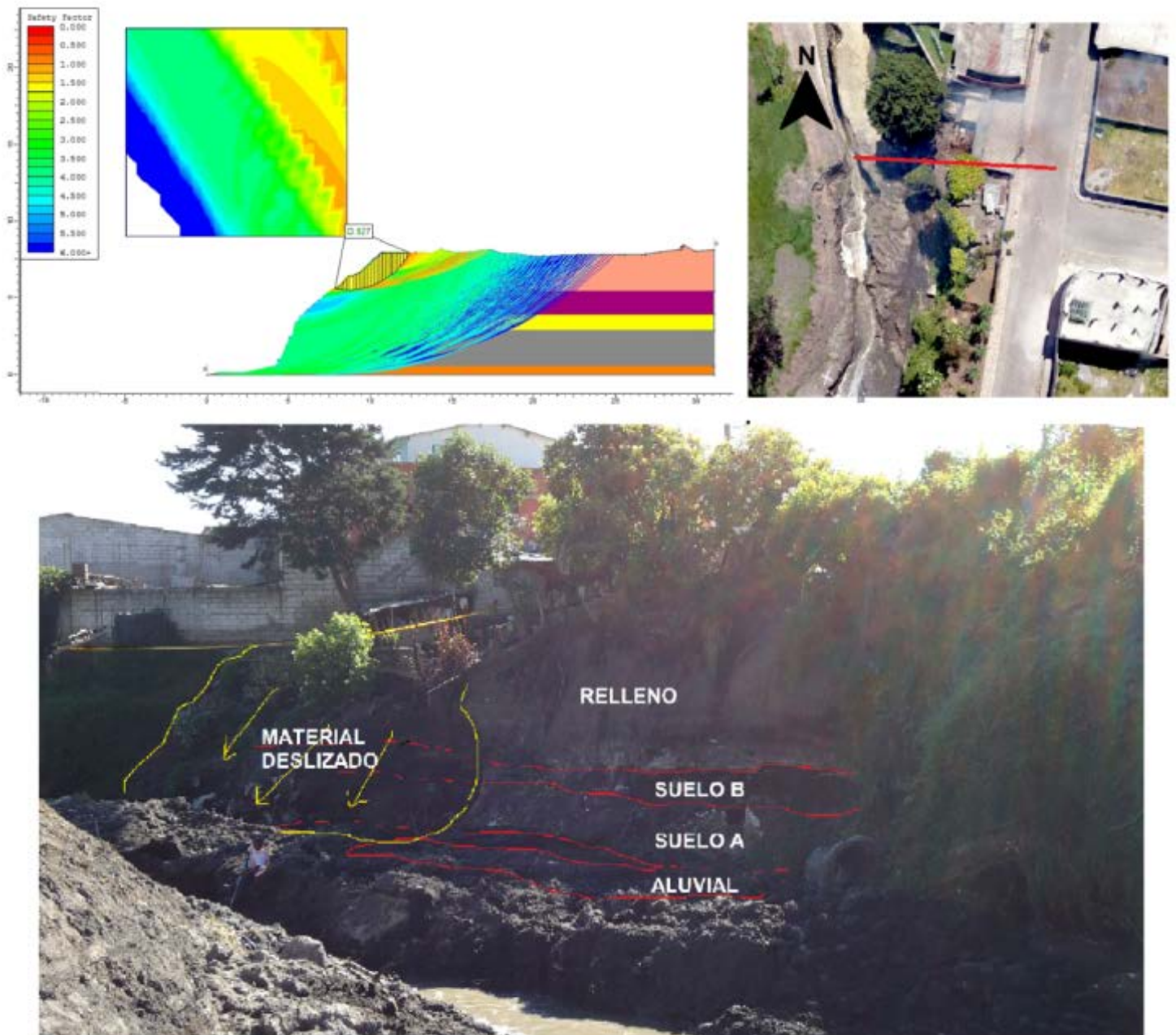


Figura 4.8. Perfil "F".



## Perfil "F" con carga externa

En la figura 4.9. se observa el modelado en el software, donde se obtiene el F.S. = 0.71.

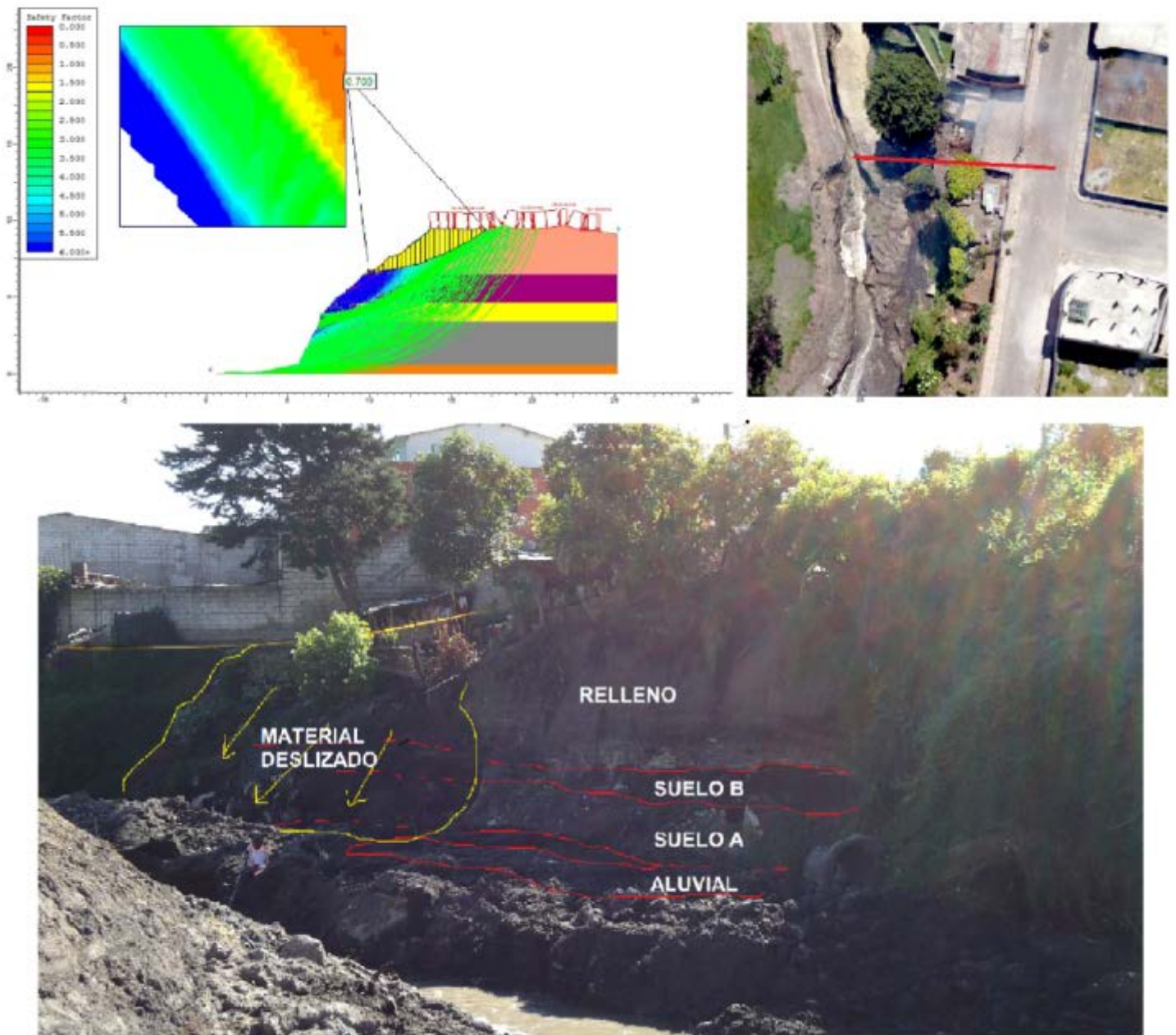


Figura 4.9. Perfil "F" modelado con la carga externa debido a la casa.

## Perfil "G"

La figura 4.10. muestra el modelado del Slide de este perfil, con su F.S. = 0.44.

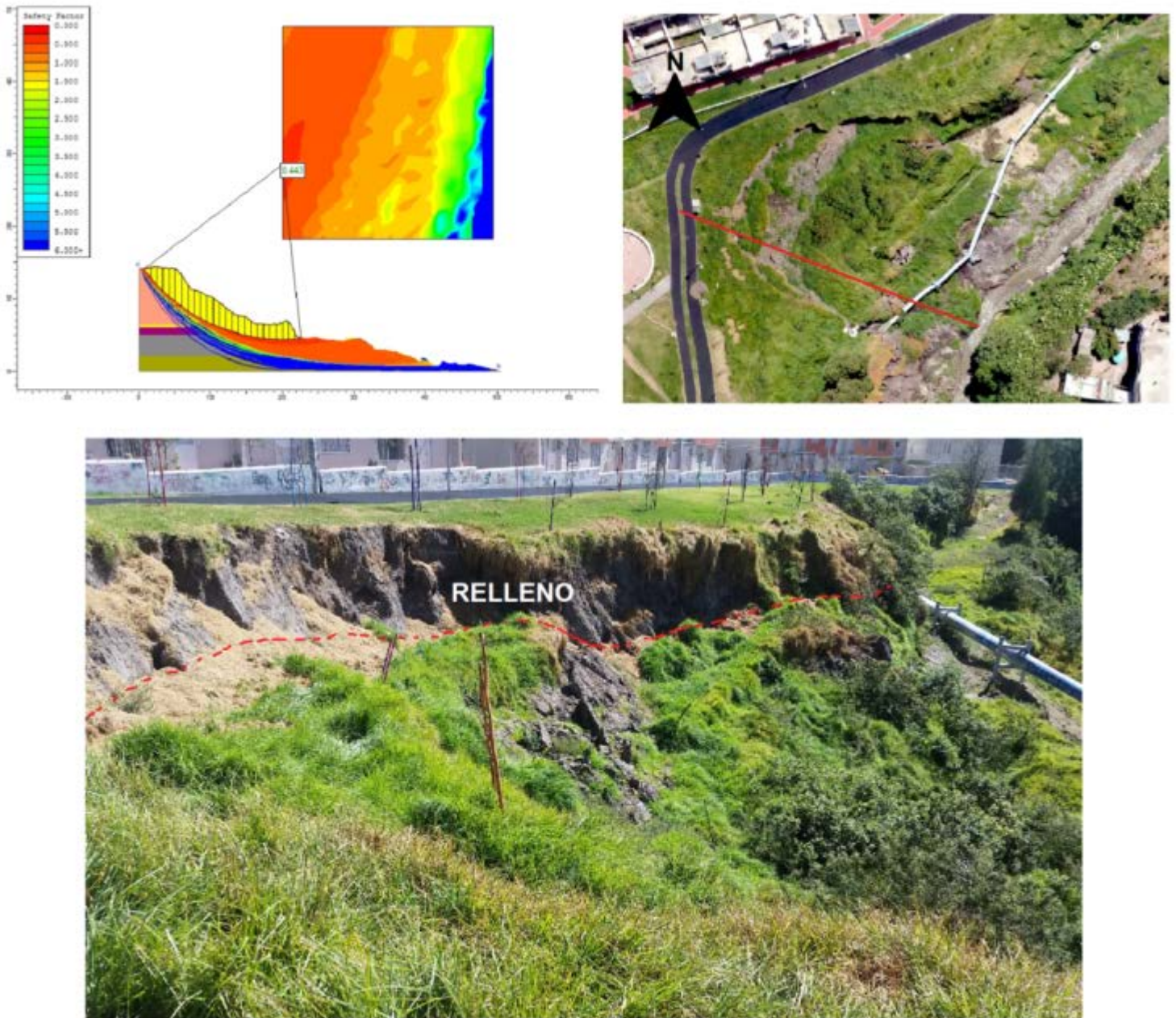


Figura 4.10. Perfil "G".



#### 4.4. Modelo Geotécnico 3D y corte longitudinal obtenidos mediante análisis geoestadístico

Como un aporte adicional para observar la variación de la granulometría a lo largo de la zona de estudio, se realizó un modelo geotécnico, el cual fue obtenido mediante el uso del software tNavigator 4.2.6, a través de procesos geoestadísticos, los cuales estudian las variables continuas y categóricas, cuyo objetivo es analizar, predecir y caracterizar los datos que se encuentran distribuidos espacialmente (Ganán, 2014).

Cabe indicar que por la disposición, localización geográfica de las capas descritas y en función de la comparativa con la Quebrada Ortega, además del modelado geoestadístico se deduce que las capas se encuentran buzando hacia el oeste.

Los datos que se utilizaron fueron las columnas litológicas levantadas en el trabajo de campo, estas poseen coordenadas que las ubican espacialmente. Y cada columna posee los estratos de suelo, a su vez divididos de acuerdo a su clasificación S.U. C.S.

Con el objetivo de relacionar estos datos espaciales se utilizó el Kriging, el cual es un método de interpolación o extrapolación espacial mediante la correlación de datos; utiliza un procedimiento de estimación lineal para dar un valor en ubicaciones no muestreadas (Ganán, 2014).

El objetivo del Kriging es estimar las ponderaciones asignadas a cada punto, esto depende de la relación espacial entre ubicación no muestreada y los valores vecinos (Ganán, 2014).

El software utiliza el Kriging simple para realizarlo.

- El Kriging simple: utiliza una variable estacionaria de media conocida y supone que un valor en un lugar no muestreado puede estimarse mediante la ecuación:

$$X(u_o) = \lambda_0 + \sum_{i=1}^n \lambda_i X(u_i)$$

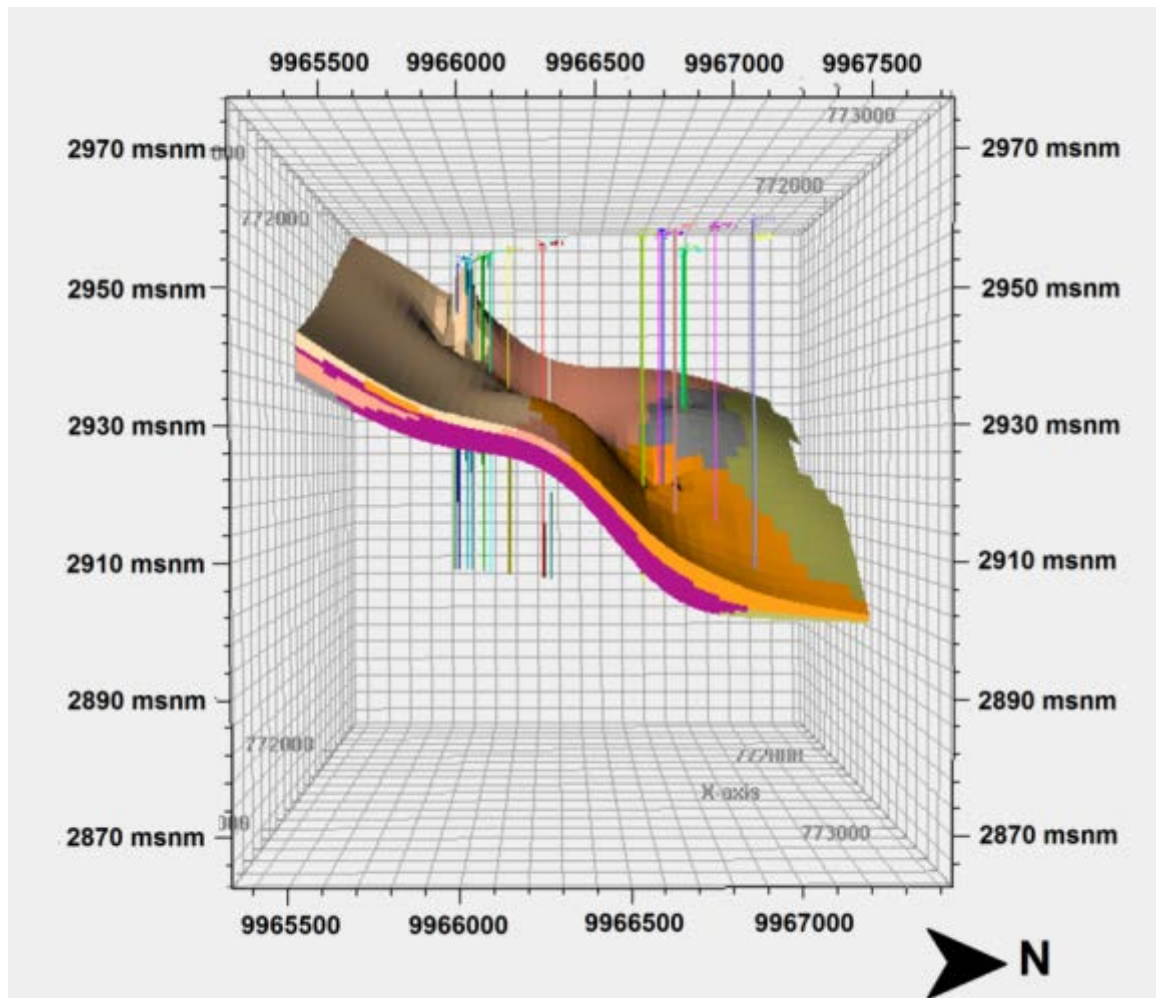
Donde:

$X(u_o)$  la posición del lugar no muestreado.

$\lambda_0$  el valor ponderado que daremos al lugar no muestreado.

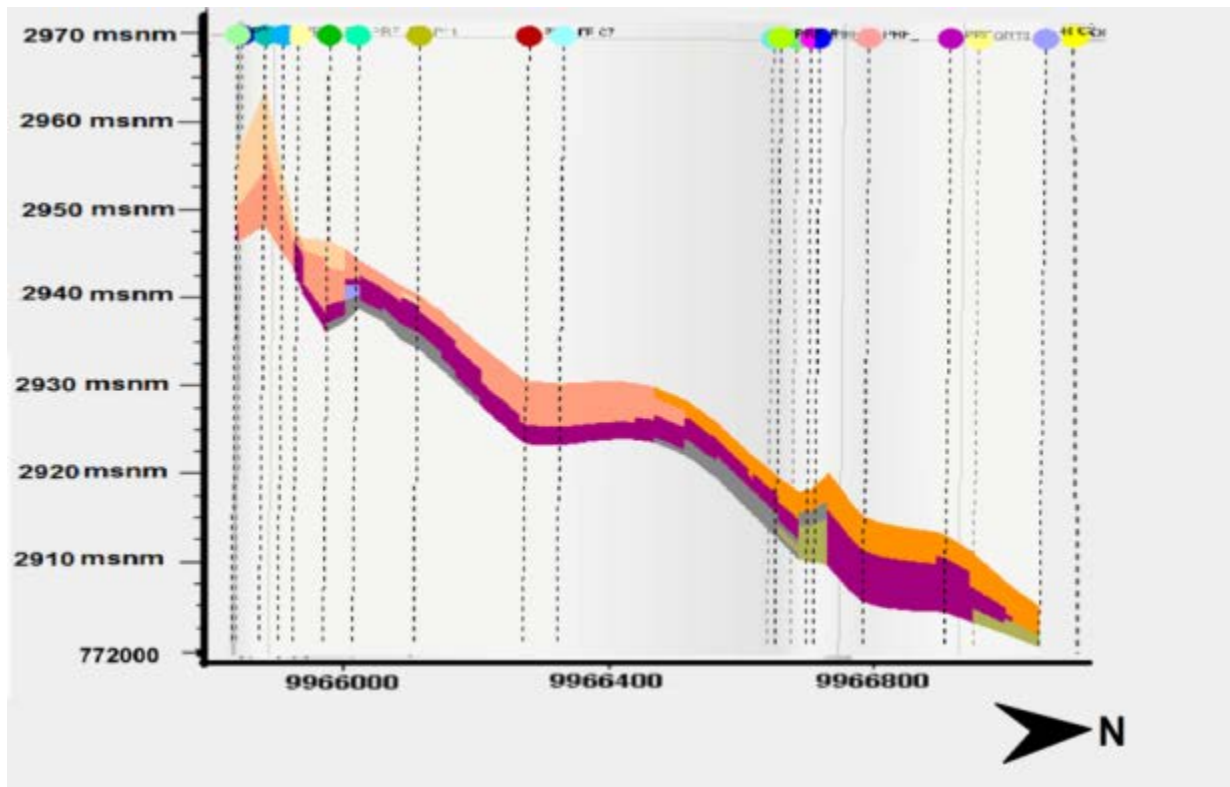
$\sum_{i=1}^n \lambda_i X(u_i)$  los valores muestreados conocidos y su ubicación.

Una vez ingresados los datos en el software se ejecutó el programa para obtener el modelado. En el modelo 3D (figura 4.11.) y en el corte (figura 4.12.), orientados en dirección Sur – Norte, se puede observar la disposición espacial de las capas de suelo. Esto es el resultado de 10 realizaciones que arroja el software, de éstas se seleccionó la realización que engloba lo más característico de las diez realizaciones celda por celda.



LEYENDA		
ML	} RELLENO	
SC-SM		
CL		
SM	} SUELO B	
MH		
OH		
SM-SP	} SUELO A	
SM-SW		CANGAHUA

Figura 4.11. Modelo en 3D de la quebrada en sentido S-N.



LEYENDA	
ML	RELLENO
SC-SM	
CL	
SM	SUELO B
MH	
OH	
SM-SP	SUELO A
SM-SW	CANGAHUA

Figura 4.12. Corte de la quebrada, sentido S-N.

## 5. CAPÍTULO V: DISCUSIÓN DE RESULTADOS

### 5.1. Análisis del peligro por FRM

El análisis del peligro por fenómenos de remoción en masa se realizará a través de un análisis de estabilidad de los taludes de la quebrada, desde la interpretación de la información obtenida en el inventario de los deslizamientos levantado con trabajo de campo y con visitas posteriores y las características geotécnicas de los estratos de suelo.

Como se había indicado, la metodología para el Análisis de Estabilidad de este estudio es el método de Límite de Equilibrio en el cual se obtiene un Factor de Seguridad, F.S., con la integración de los factores que afectan la estabilidad como: geológicos, geometría del talud, geotécnicos, humedad, tipo de superficie de ruptura, entre los analizados.

#### Inventario de Fenómenos de Remoción en Masa

En la figura 5.1. se puede apreciar una columna litoestratigráfica tipo, en la cual se muestran los estratos presentes en la quebrada, desde el relleno como la capa más superficial y más potente en espesor de afloramiento, luego los Suelos A y B, y finalmente la cangahua siendo la más profunda.

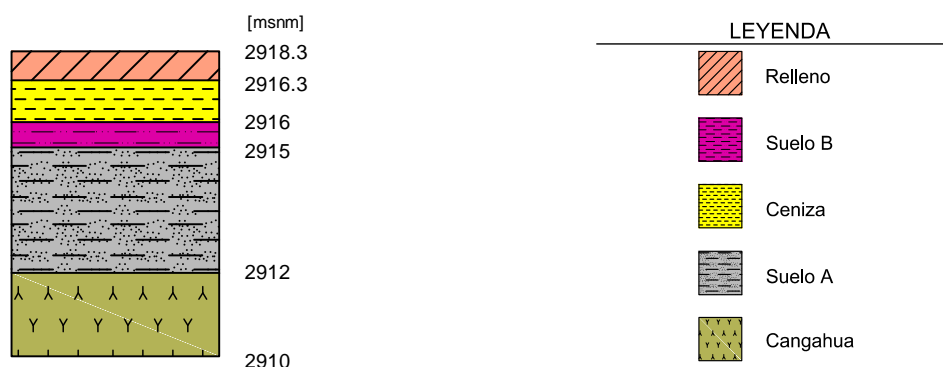


Figura 5.1. Columna litoestratigráfica tipo que abarca todos los estratos de la zona de estudio.

En este estudio se levantaron 15 columnas (8 correspondientes al margen izquierdo y 7 al margen derecho), en donde se observan que la capa de relleno tiene espesores que van desde aproximadamente 15 metros (al sur de la zona de estudio), disminuyendo su potencia hacia el norte de la quebrada, llegando a un espesor mínimo de 1 metro.

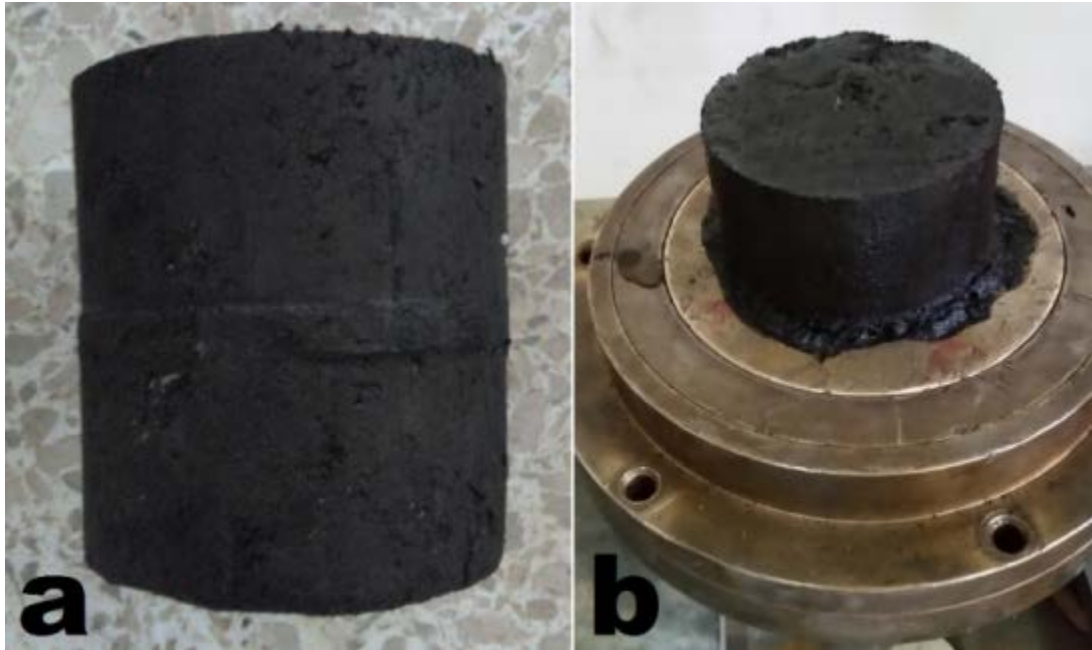
En la parte norte de la zona de estudio empieza a aflorar la cangahua hacia el lecho del río, a profundidad aproximada de 6 metros; mientras que la capa de suelo B empieza a desaparecer hacia el Oeste en el margen izquierdo.

Debido a la disposición espacial y la localización geográfica de las capas descritas, además de la comparativa con la estratigrafía de la Quebrada Ortega (Figura 3.5.) y adicionalmente, de acuerdo a Cupuerán (2016), en la interpretación litológica del subsuelo de Turubamba (Tabla 3.1.), se describe turbas y limos orgánicos (MH y OH) que corresponden a niveles de arenas finas o limos con alto contenido orgánico, con espesores que varían entre los 3 y 11 metros. Ésta capa correspondería al Suelo B (MH, OH y SM), (Tabla 4.8.) del presente estudio, con espesores en afloramientos entre 1 y 7 metros, se puede apreciar que la capa de Suelo B pierde considerablemente su espesor hasta desaparecer hacia el oeste, como se puede observar conjuntamente con el levantamiento de las columnas litoestratigráficas realizado en la Quebrada Ortega.

Con esta premisa y analizando el resultado del modelado geoestadístico, se deduce que las capas se encuentran buzando hacia el oeste. Cabe indicar que con la población de datos utilizada dentro de éste análisis geoestadístico, se genera un grado de incertidumbre, por lo que ayudándose de la interpretación de la disposición espacial de las capas observada en el trabajo de campo se redujo éste grado de incertidumbre.

Las cotas del lecho del río disminuyen hacia el norte de la quebrada, iniciando con una cota máxima de 2948 m.s.n.m. hasta llegar a una cota mínima de 2900 m.s.n.m., indicando que la quebrada presenta una pendiente que buza hacia el norte.

Debido a las propiedades geomecánicas de esta capa de suelo (Suelo B) que fueron obtenidas en laboratorio, indican que el material no es propenso a deslizarse, si no que actúa como una superficie por donde el relleno se desliza, esto se debe a la alta humedad natural que presenta dicho suelo y a su alto índice de plasticidad (IP); ya que existía deformación y no se producía cizallamiento, provocando así que luego de quitar las cargas, el material regrese a su forma original, fotografía 5.1.a); además, a medida que se colocaba mayor carga sobre la muestra, el agua retenida en la misma tendía a salir, fotografía 5.1.b), factor importante que indica que efectivamente esta capa genera subsidencia. A medida que pierde agua, su volumen disminuye considerablemente.



Fotografía 5.1. Muestra de suelo B después del ensayo de corte directo. a) No se produce fractura. b) Contenido de agua después de aplicar la carga.

### **Tipo de movimiento y actividad**

De la sistematización de los datos del Inventario de FRM, se puede evidenciar que 26 de las 36 zonas inestables muestran deslizamientos rotacionales. Estos deslizamientos muestran una rotura entre la capa de relleno y el suelo A, sin embargo existen superficies de rotura más profundas que muestran fallamientos de los perfiles de suelo sobre la cangahua. Esto se puede observar en los deslizamientos en los perfiles “G” y “H”, en los cuales en el escarpe hay una ventana de suelo A, lo que hace suponer que este deslizamiento es más profundo e implicó a esas dos capas de suelo.

De acuerdo a un radargrama obtenido en la Quebrada Shanshayacu, con el uso de un Georadar facilitado por el Instituto Espacial Ecuatoriano y utilizado para un proyecto adicional de titulación, (figura 5.2.); se pueden observar una serie de rasgos morfológicos, figura 5.3., en la cual, la línea de color azul y más corta indica una posible discontinuidad en la que podría ser zona de relleno sobre el suelo B, que puede funcionar como una superficie de falla del deslizamiento, la cual no es muy común por su alta plasticidad (Fotografía 5.1.).

Las zonas de fractura en deslizamientos más profundos se generan entre el suelo A y la cangahua que es un material más competente.





Figura 5.2. Línea roja, ubicación en donde se tomó el radargrama, Deslizamiento parque lineal Cdla. El Ejército. Dirección N-W. Ubicación: 772190,90; 9966292,22.

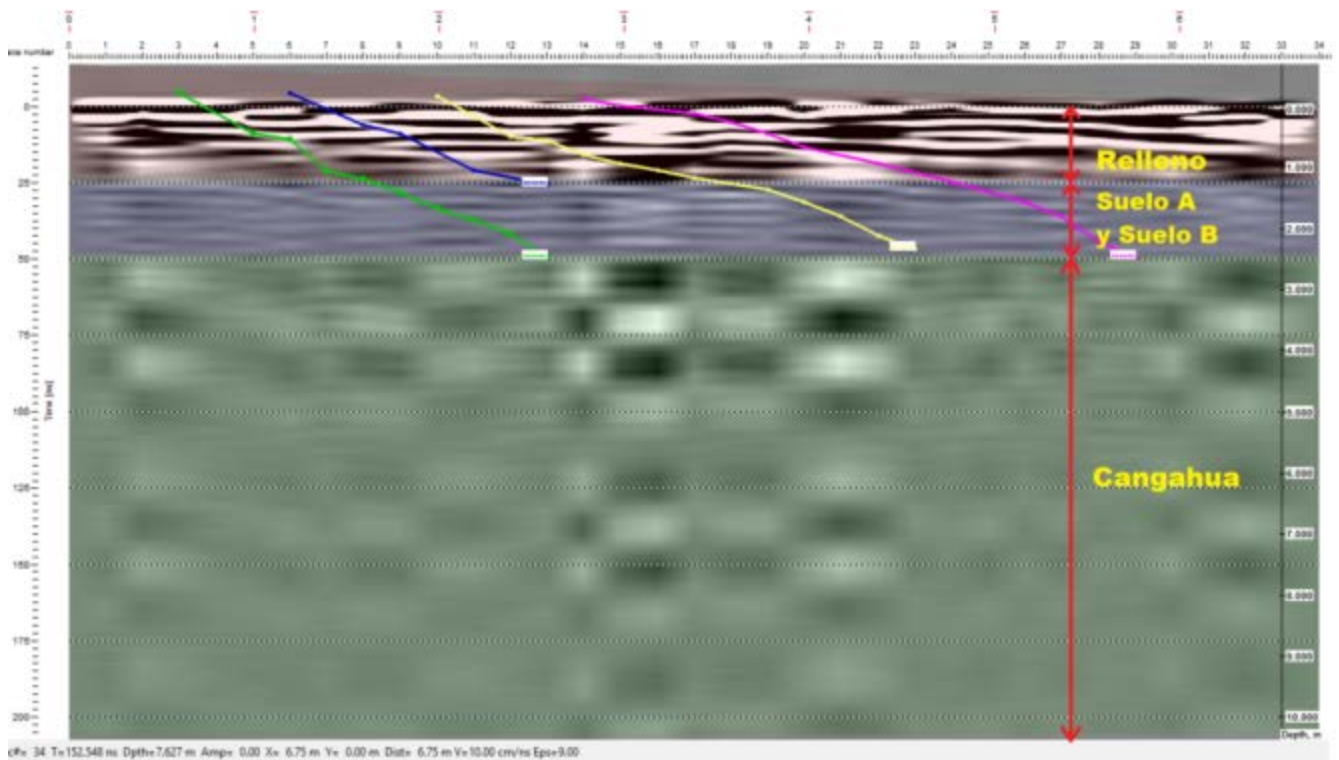


Figura 5.3. Radargrama DAT\_0790\_A1, perfil de la Figura 5.1. Interpretación: Discontinuidades en las capas (líneas de color verde, azul, amarillo y lila). Fuente: Instituto Espacial Ecuatoriano, 2017.

## Causas del movimiento

De acuerdo a los resultados obtenidos con el inventario de FRM, se observa que los factores que han reducido la resistencia al corte en los taludes a lo largo de la quebrada representan el 86.1% de todas las causas que provocan los deslizamientos, y son:

- Aspectos litológicos: los deslizamientos rotaciones afectan a la capa de relleno, que corresponde a un material fisurado y agrietado, deleznable y de meteorización o material plástico débil; hace que la ladera tenga una debilidad propia.

A través de la simulación en el Software Slide de los perfiles analizados se identificó que la zona de rotura se produce en los materiales de relleno; siendo el Suelo A y el Suelo B los materiales sobre los que se deslizan estos materiales. Esto se debe a que el Suelo A presenta características de arenas y componente de suelos cohesivos, como se puede evidenciar en su clasificación S.U.C.S., que es SM-SP, presentando un alto ángulo de fricción y una alta cohesión; mientras que el Suelo B posee características de suelos cohesivos, donde sus muestras más representativas tienen clasificaciones MH y OH, manifestando bajo ángulo de fricción y alta cohesión, por esta razón tendría una tendencia a fenómenos de subsidencia; mientras que el Suelo A, al poseer un alto ángulo de fricción alto indica un ángulo de reposo (equilibrio aparente en condiciones drenadas) que reduce la susceptibilidad a deslizarse.

El ángulo de reposo para las arenas depende de la mineralogía, el tamaño y la forma de las microestructuras del suelo, la textura gruesa produce un mayor ángulo de reposo (Suárez, 2009), en los suelos cohesivos no existe un ángulo de reposo, debido a que al ser material fino no existe choque entre las partículas; en este caso se produce el fenómeno de adherencia que caracteriza a los suelos cohesivos y les da la capacidad de absorber agua.

El Suelo A y/o Suelo B se ven afectados cuando existe socavación al pie del talud producto de la erosión, y esto debilita la resistencia porque, a pesar de tener bajas permeabilidades, el agua se va a infiltrar aumentando la presión de poros y provocando una disminución en los valores de cohesión y ángulo de fricción; y así ocasionando pérdida de equilibrio y aumentando el plano de falla en esos niveles. En los lugares donde no existe socavamiento al pie de talud, los materiales no presentan problemas, debido a su baja permeabilidad, en especial en el Suelo B ya que es cohesivo (presenta alta plasticidad y alta consistencia); mientras que el Suelo A al ser un suelo con elementos granulares y finos, tiene alta cohesión y alto ángulo



de fricción dando condiciones mucho más favorables para que tenga mayor resistencia.

- Deforestación: la vegetación es considerada un factor protector, ya que su presencia ayuda a la estabilidad del talud; pero la falta de matorrales nativos o de pasto provoca que esté desprotegido ante procesos erosivos, y sean propensos a deslizarse.
- Descargas de agua: las aguas servidas que son arrojadas al cauce de la quebrada impactan intrínsecamente a la ladera, afectando la presión de poros de los taludes, ésta a su vez disminuye la cohesión entre las partículas y su resistencia a la fricción, lo que lo vuelve más débil y propenso a deslizarse.

Los aspectos que funcionan como disparadores de los deslizamientos aumentando los esfuerzos de corte en la quebrada son: lluvias, las cuales representan un 77.7% de las causas de los deslizamientos inventariados; un 25% corresponde a sismos, y la erosión al pie representa un 36.11%.

- Lluvias intensas: la infiltración por lluvia va ligada a la permeabilidad de los suelos, ya que influye en la presión de poros haciendo que aumente. Generalmente, las lluvias de mayor intensidad son las que saturarán los taludes y aumentarán la presión de poros.
- Sismo: de acuerdo a varios moradores a lo largo de la quebrada Shanshayacu, el terremoto que ocurrió el 16 de abril del 2016, que también fue sentido en la ciudad de Quito, fue el que desató algunos de los movimientos de terreno o provocó que se vuelvan a deslizar las masas ya desplazadas.

En la serie de fotografías tomadas de Google Earth de los años 2003 a 2016 y que se muestra en la figura 5.4., se puede observar que la mayor cantidad de deslizamientos se dispararon en el año 2014 (Figuras 5.5. y 5.6.) y pueden estar asociados a periodos de lluvias intensas a inicios del mismo año, además del periodo de sismos del 12 de agosto del 2014 y sus réplicas. Es importante señalar que la combinación de sismos posteriores a periodos de lluvias intensas, configuran un escenario de multiamenaza que agrava las condiciones de estabilidad en laderas de baja resistencia.

Además también es evidente un importante crecimiento de la población especialmente en el margen izquierdo, lo cual ha aumentado considerablemente el impacto antrópico (descargas, deforestación, entre otros).

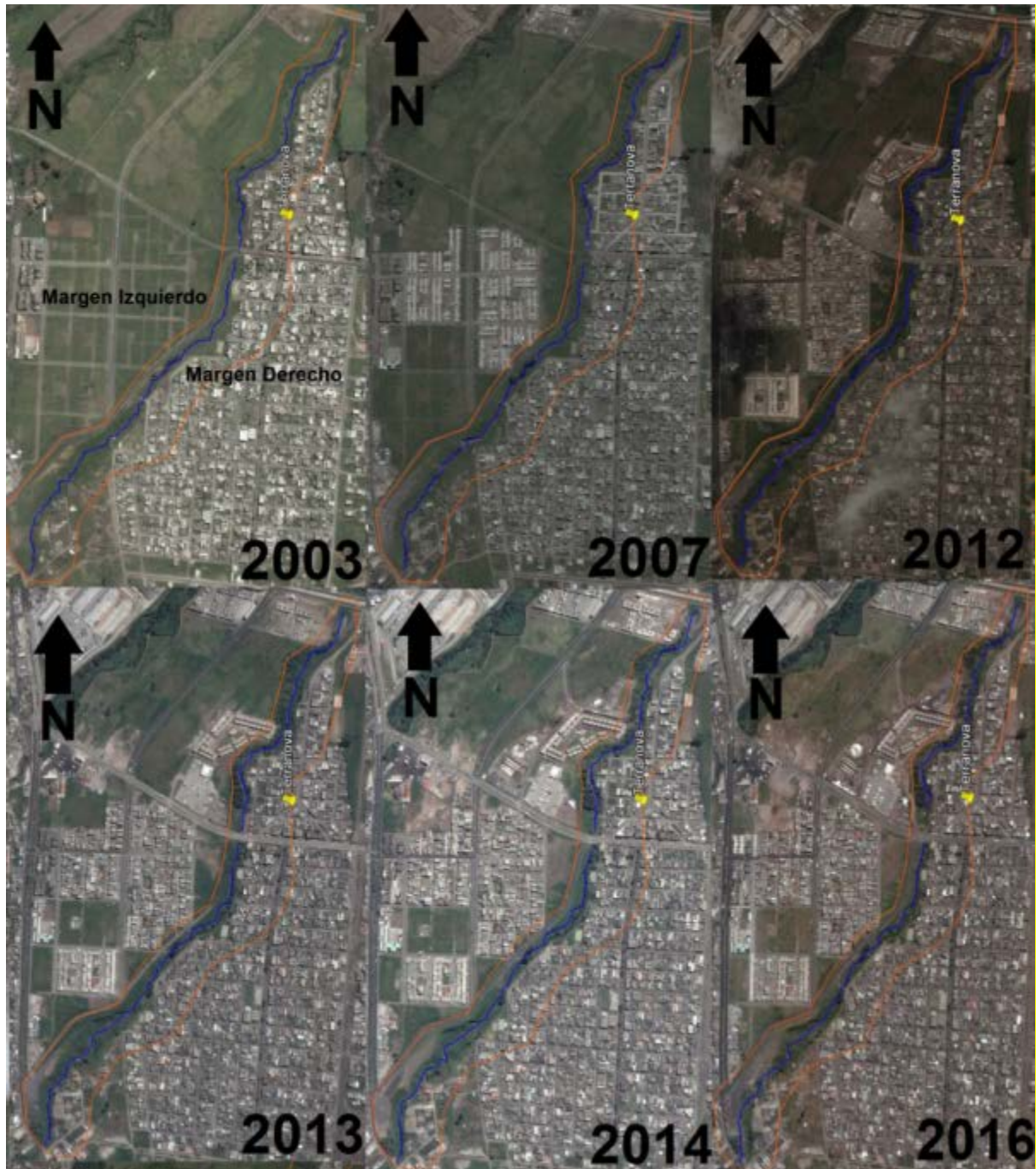


Figura 5.4. Imágenes satelitales de la zona de estudio desde el año 2003 hasta 2016.  
Fuente: Google Earth.



Figura 5.5. Deslizamiento ubicado en el perfil "C" en los años 2013 y 2014. Fuente: Google Earth, 2013-2014.





Figura 5.6. Deslizamiento en el perfil "G" y "H" en los años 2013 y 2014. Fuente: Google Earth, años 2013-2014.

Otro de los aspectos que aumentan los esfuerzos al cortante y que se señala en el 36.11% de las causas del movimiento en los datos recogidos en el Inventario de FRM es la:

- Erosión y socavamiento al pie del talud: este aspecto va de la mano con el proceso antrópico que ha modificado el caudal del río, incrementándolo. El río produce socavación al pie del talud (Figura 5.7.) y esto a su vez lleva a la reactivación de los deslizamientos.



Figura 5.7. Socavación al pie de talud.

- Sobrecargas: información proporcionada por parte de algunas personas que viven cerca de la quebrada desde hace varios años, indica que el relleno se realizó con el fin de “ganar” territorio y en cierta manera solucionar el crecimiento urbano. Sin embargo, el relleno constituye una carga más al talud; ya que, en algunas partes de la quebrada su espesor es muy potente (de 5 a 14 m aproximadamente hacia el sur de la zona de estudio). De la misma manera las casas ubicadas en el borde de la quebrada que arrojan desperdicios, generan una carga extra al talud, aumentando los esfuerzos al cortante (Figura 5.8.).



Figura 5.8. Desperdicios arrojados.

### Características Geotécnicas

Como ya se ha mencionado anteriormente, en la quebrada existen 4 niveles litológicos: relleno, dos capas de suelo y la cangahua. Se hicieron 3 ensayos de corte directo y 10 ensayos para la clasificación S.U.C.S.

En los dos niveles de suelo, los resultados de corte directo fueron: cohesión ( $c$ ) de  $0.7842 \text{ Kg/cm}^2 = 76.85 \text{ KN/m}^2$  y un ángulo de fricción ( $\phi$ ) de  $51.13$  para el suelo A, y una cohesión ( $c$ ) de  $0.74 \text{ Kg/cm}^2 = 72.19 \text{ KN/m}^2$  y un ángulo de fricción ( $\phi$ ) de  $5.08^\circ$  para el suelo B. Estos valores de cohesión se encuentran dentro del promedio establecido para los tipos de suelos que representan, el suelo A es una arena limosa mal graduada y el suelo B, en la muestra más representativa, es un limo arenoso con alta plasticidad (suelos arcillosos pueden tener una cohesión entre  $0.25 \text{ Kg/cm}^2$  y  $1.5 \text{ kg/cm}^2$ ). Así mismo, el ángulo de fricción interna que presenta el suelo B corrobora su clasificación de tipo de suelo, reflejado en la cantidad de partículas finas y en su alto índice de plasticidad; este valor de ángulo de fricción interna ( $5.08^\circ$ ) representa que el suelo B mostraría inestabilidad con valores de altas pendientes



(pronunciadas), por lo que se puede deducir que esta capa también funciona como una zona de rotura, es decir que es la zona por donde se desliza el relleno. Con respecto a la cangahua, los valores de cohesión y ángulo de fricción interna representan buenos parámetros de estabilidad, lo que se ve reflejado en los taludes de este material con pendientes de ángulos mayores a 45°

En la zona de relleno como no son materiales in situ, no se realiza ensayos de corte directo por sus características, por lo cual se utilizaron valores bibliográficos de cohesión, ángulo de fricción interna y peso específico, como se mencionó en el capítulo IV.

Con respecto a los ensayos de granulometría por tamizado e hidrómetro, el suelo B es un material con una cantidad de finos importante (aproximadamente de 90%) lo que le otorga la clasificación de limo arenoso, y de alta plasticidad debido a que su índice de plasticidad alcanzó valores de hasta 31.04%. Una de las muestras arrojó una clasificación de SM (arena limosa), a ésta se la consideró una zona de transición entre el suelo B y el suelo A, en donde empieza a aumentar la cantidad de partículas gruesas.

El suelo A corresponde a un material de características visuales semejantes a las del suelo B, pero su contenido de partículas finas (aproximadamente 51%) es similar al de partículas gruesas (aproximadamente 49%), debido a esto su clasificación es arena limosa (mal graduada). Y por el contenido de gruesos presente resultó ser “no plástica”. Y finalmente, en cuanto a la cangahua, su porcentaje de partículas gruesas corresponde a aproximadamente 71%, y el porcentaje restante corresponde a material fino, y por ésta razón no es plástica y es clasificada, así mismo, como arena limosa bien graduada.

En cuanto a lo que se refiere a la permeabilidad, el suelo B presenta permeabilidad baja por la predominancia de finos que posee; este principio es aplicable al suelo A y a la Cangahua, ya que su cantidad de finos disminuyó haciendo que su permeabilidad aumente.

Como se mencionó anteriormente, los valores de cohesión y ángulo de fricción que presenta el Suelo A corresponden a las de un suelo granular con componentes finos, es por esto que presenta valores altos de ángulo de fricción y cohesión, relacionados a un alto ángulo de reposo que no lo hace propenso a que ocurran deslizamientos en este estrato, esto sumado a su permeabilidad baja.

El Suelo B presenta características mineralógicas que le dan una naturaleza de suelo cohesivo, y al no tener un contacto entre partículas se obtiene un ángulo de fricción bajo, presentando además, una permeabilidad más baja que el Suelo A y una alta plasticidad, dando condiciones que favorecen a la resistencia.

## Cálculo del Factor de Seguridad en Zonas Inestables

El cálculo del Factor de Seguridad se realizó en 12 zonas inestables, de los valores obtenidos se puede observar que 11 zonas muestran valores menores a 1, lo que significa que con un mínimo impacto van a continuar deslizándose; y el del perfil “J” presenta un factor de seguridad mayor a 3, esto puede deberse a que el espesor de la capa de relleno no es tan potente como el resto de capas subyacentes, y por la vegetación colocada como parte del parque lineal, sin embargo los rasgos de inestabilidad como grietas de tensión, infraestructuras deformadas, además de la presencia de socavamiento al pie del talud, indican que esta zona podría deslizarse.

En dos perfiles (“C” y “F”) se realizó el modelado con la carga extra que constituye las casas presentes sobre la corona del deslizamiento.

### Perfil “C”

El Factor de Seguridad obtenido tomando en cuenta a la casa como una carga extra de valor  $8.82 \text{ KN/m}^2$  disminuyó en un 21.40 %.

Se evidencia una fuerte erosión ocasionada por el incremento del caudal de la quebrada, que a su vez es producto de las descargas de aguas servidas arrojadas al río por parte de la vivienda del sitio (Fotografía 5.2.), de igual manera existe la presencia de escombros arrojados directamente a la quebrada (Fotografía 5.3.).



Fotografía 5.2. Descargas de aguas servidas por parte de la casa en el perfil “C”.





Fotografía 5.3. Escombros arrojados al talud en la casa presente en el perfil "C".

En el margen izquierdo de este mismo sitio, se encuentra el parqueadero de volquetas de la EPMMOP. En este sitio se observan grietas de tensión (Fotografía 5.4.), además de que existe la carga de las volquetas estacionadas en este lugar, las mismas que depositan escombros sobre la corona del deslizamiento. (Fotografía 5.5.)



Fotografía 5.4. Grietas de tensión en el escarpe donde se encuentra el parqueadero de las volquetas.



Fotografía 5.5. Escombros actuando como carga extra.



## Perfil "F"

El factor de Seguridad obtenido con el modelado de la casa como carga extra, de valor  $15.16 \text{ KN/m}^2$ , disminuye el F.S. en un 22.86%.

En este lugar se encuentra cerca un embaulamiento del río, que crea erosión puntual y aumenta el socavamiento al pie del talud (Fotografía 5.6.).



Fotografía 5.6. Socavamiento al pie de talud.

## 5.2. Propuestas de mitigación en las zonas inestables

Las propuestas de mitigación están enfocadas a aumentar la resistencia al corte residual de las zonas inestables y otras que reduzcan los esfuerzos al cortante, específicamente el socavamiento al pie del talud. Estas medidas pueden orientar futuras medidas de estabilización.

- Realizar estudios subsuperficiales en los deslizamientos activos para caracterizarlos de mejor manera, puntualmente en los perfiles "G" y "H". Estos estudios de exploración de subsuelo comprenden perforaciones, sísmica, tomografías eléctricas; para entender con mayor detalle la litología, tener los espesores reales de cada capa determinar la superficie de rotura, calcular el volumen deslizado con el fin de realizar obras de mitigación como terracedo, entre otras.

En los perfiles mencionados, se deberá hacer una perforación vertical hacia atrás del deslizamiento, una perforación inclinada entre 30° y 45° con respecto a la vertical (Figura 5.9.) en el cuerpo con el fin de observar espesores verdaderos y determinar la profundidad a la que se encuentra la Cangahua. La perforación direccionada permitirá además descubrir la zona de rotura. Las perforaciones deberán tener una profundidad de entre 12 y 15 metros; la información obtenida se deberá complementar con otro método como líneas sísmicas o tomografía eléctrica para correlacionar resultados entre sí.

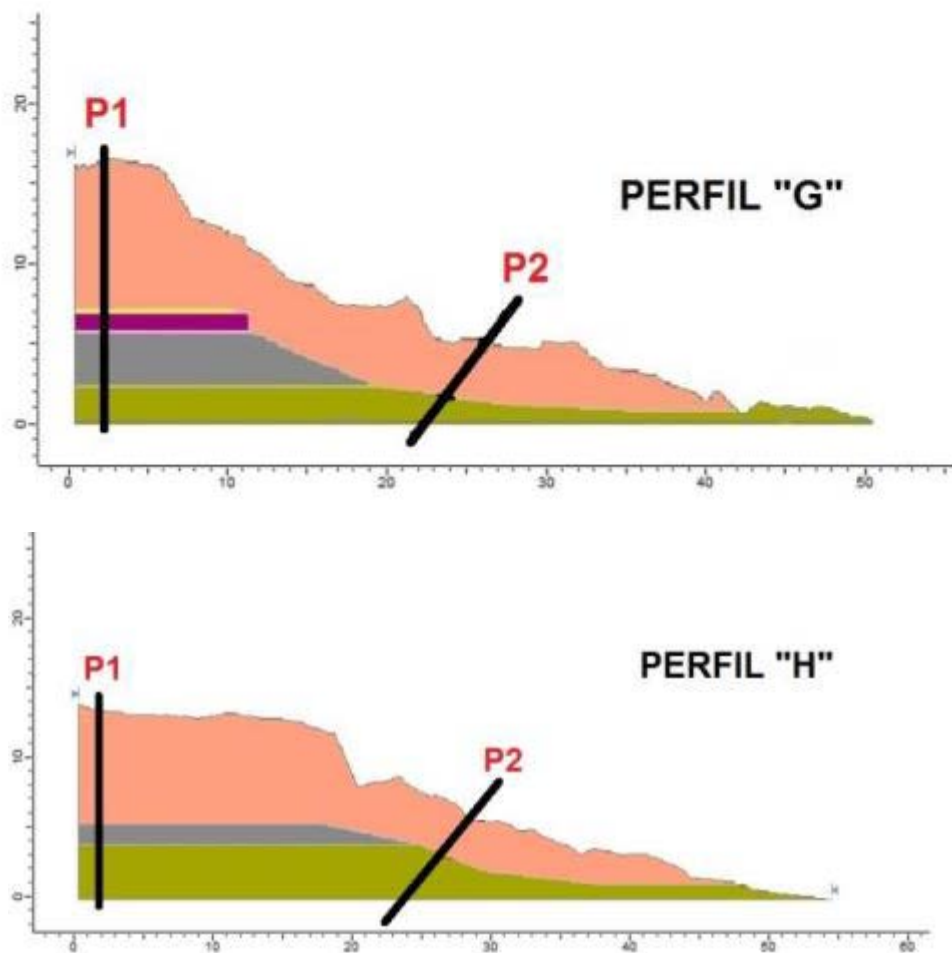


Figura 5.9. Perforaciones sugeridas para los perfiles "G" y "H".

- Llevar a cabo ensayos triaxiales consolidados no drenados (CU) para analizar el esfuerzo al cortante, y ensayos de sensibilidad (para ver la facilidad con que se deforma, esto arrojará un buen indicador de cómo está el nivel de estabilidad de esa zona), estos ensayos junto con calicatas deben ser realizados para todos los deslizamientos presentes.

- Realizar muestreos en afloramientos, en sondeos y en calicatas, para la realización de ensayos de clasificación S.U.C.S., para así comprender mejor la distribución geotécnica de los materiales y reducir los niveles de incertidumbre del modelo geoestadístico.
- Específicamente, para el suelo B se deberán realizar ensayos de consolidación y expansión.
- Iniciar un estudio a detalle de toda la cuenca de la cual forma parte este tramo de la Quebrada Shanshayacu, para determinar el caudal de descarga y caudales generados por la actividad antrópica.
- Ejercer control de los caudales de descarga, debido a que las viviendas que se encuentran en los márgenes de la quebrada arrojan aguas servidas, constituyendo una carga extra al caudal del río, provocando que estas sean las principales generadoras de la inestabilidad, todo esto persistirá si no hay un manejo adecuado de aguas servidas.
- Incentivar la reforestación y arborización como un factor de control de agua, ya que disminuye la erosión generada por el agua.

### **5.3. Descripción de las medidas de mitigación aplicables para la zona de estudio**

Estas medidas de mitigación deben considerarse como sugerencias para futuros estudios que permitan estabilizar los taludes, es por esto que no se realizan cuantificaciones exactas de lugares, longitudes, distancias y alturas; ya que para esto se debería tomar en cuenta otros aspectos como la hidrología e hidráulica.

De acuerdo a lo observado, lo que desestabiliza los taludes es: sobrecargas al talud y erosión al pie del mismo. Por lo tanto se han dividido las medidas de mitigación de la siguiente manera:

## Medidas que reducen los esfuerzos al cortante

### Terraceo

Tiene varios objetivos: facilitar cultivos y plantaciones para mecanizar topografía accidentada, reducir velocidad de escurrimiento, minimizar erosión del suelo, conservar la humedad del suelo (Figura 5.10.).

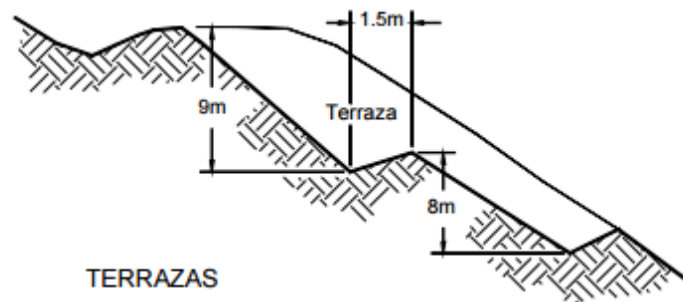


Figura 5.10 Modelo de terraza para el terrajeo. Fuente: Suárez (2001).

Una forma de disminuir la sobrecarga en los taludes y de mantenerlos estables es el terrajeo con vegetación y con pendientes muy suaves hacia atrás. Las terrazas deberán permitir el drenaje, por lo que es necesario hacer drenes a manera de cunetas que crucen por el talud y que lleguen al cauce del río; esto con el fin de drenar el cuerpo del talud, ya que con lluvias se acumularía el agua entre las terrazas, ejerciendo peso y provocando un colapso reincidente.

Cabe mencionar que esto comprende una solución complicada de ejecutar en ésta quebrada ya que la mayoría de casas se encuentran ubicadas en la zona donde se realizarían las terrazas, lo que implicaría reubicación de los pobladores de estas casas.

### Terrajeo con Trinchos en taludes

Son elementos horizontales de madera o bambú separados por estacas, utilizados para prevenir el movimiento de sedimentos en la superficie del talud e impedir la formación de surcos y cárcavas en los taludes. Los trinchos pueden ser enterrados o sobresalidos (Suárez, 2001). (Figura. 5.11.)

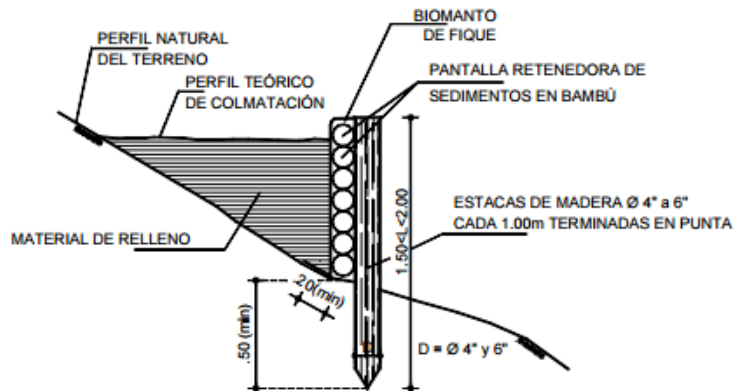


Figura 5.11 Trinchos con estacas y postes. Fuente: Suárez (2001).

Estas medidas mencionadas podrían ser realizadas a lo largo de toda la quebrada con el fin de suavizar la pendiente de los taludes, además en el sitio donde se localiza el perfil “C” debe implementarse otras medidas adicionales descritas a continuación (muro de tierra reforzada).

## Geomanto, geomallas, biomantos

### Biomanto

- Son mantos delgados fabricados de paja, biruta de madera, fibra, fique, o combinación de ellos distribuidos uniformemente en medio de fibras biodegradables.
- Las fibras tienen un sistema de protección que controla la degradación por los rayos UV.
- Aplicaciones limitadas.

### Geomanto

- Son textiles fabricados con fibras y filamentos sintéticos estabilizados que controlan la acción de los rayos UV.
- Una vez germinada la semilla, la vegetación emerge a través de los vacíos del geomanto.
- La parte inferior y superior de los mantos deben enterrarse en el suelo, mediante zanjas de 30 cm. de profundidad.

## Geomalla

- Son mallas con orificios de gran tamaño, fabricadas de polietileno, poliéster o polipropileno (Figura 5.12.).
- La resistencia a la tensión disminuye con el tiempo hasta un 50% dependiendo del material de suelo junto a la malla.
- Se debe tener en cuenta la resistencia primaria y secundaria, teniendo en cuenta la dirección de colocación (Figura 5.13.).

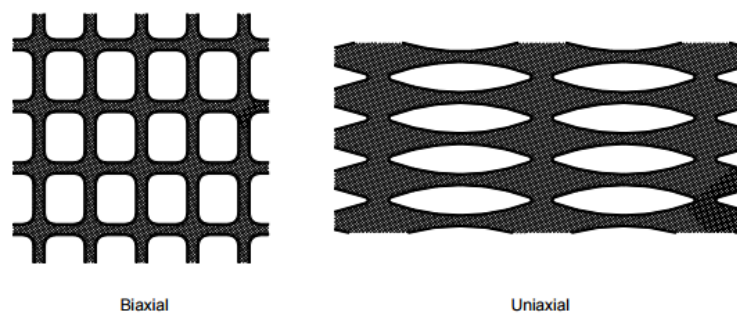


Figura 5.12 Ejemplos típicos de Geomalla Fuente: Suárez (2001).

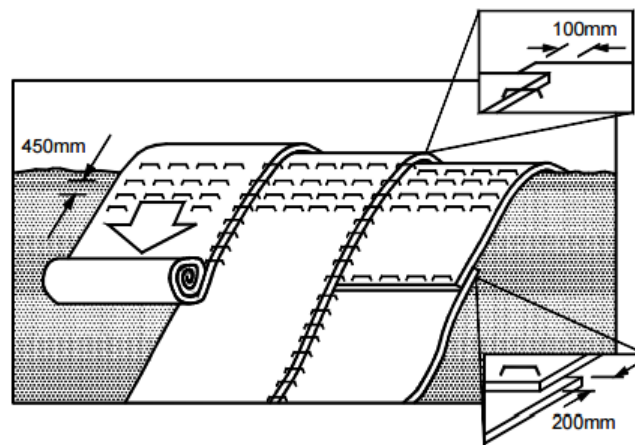


Figura 5.13 Esquema de colocación de una Geomanto o Biomanto. Fuente: Suárez (2001).

Se recomendaría estos métodos de estabilidad, particularmente el Geomanto, en la mayoría de taludes presentes. Tomando en cuenta que para la aplicación de este tipo de medidas, la pendiente del talud no debe ser vertical, es decir se requiere de una importante longitud en



lateral. Una geomalla no sería aplicable ya que los orificios son de gran tamaño en comparación con el tipo de granulometría que presentan los taludes de este estudio.

## **Medidas para proteger el lecho del río contra el socavamiento**

### **Geotextiles**

Comprenden los textiles permeables o redes de material plástico. Entre los materiales utilizados para su fabricación están el poliéster y polipropileno. Su diseño se basa en: la permeabilidad para permitir el paso de agua y la capacidad de retención de las partículas. Se les utiliza como separadores entre capas de suelo, como refuerzo o filtro. Se dividen en tejidos y no tejidos.

Debido a la diferente granulometría presente en el lecho del río de los taludes en la zona de estudio se establece que los geotextiles no tejidos son los indicados. Los geotextiles no tejidos son manufacturados formando una telaraña suelta organizadas en un patrón desordenado y luego unidas para formar una estructura planar resistente (Suárez, 2001).

A continuación del embaumamiento cerca de la Avenida Guayanay Ñan, en dirección norte siguiendo el cauce del río se debería colocar el geotextil no tejido de tal manera que se permita el drenaje desde una pequeña filtración de materiales tipo arena fina para que no se genere sobrepresión y no se dañe el material, frenando así la socavación sin expandirse lateralmente. El geotextil debe colocarse hasta antes de la infraestructura ubicada cerca de la Avenida Condor Ñan.

### **Colchonetas**

Son módulos de grandes dimensiones, utilizados en la construcción de revestimientos de canales y orillas de corrientes. La sección base se llena con rocas y los espacios intergranulares se llenan progresivamente con material fino (Suárez, 2001). En la figura 5.14 se puede observar un esquema de una colchoneta, y en la fotografía 5.7. se muestra un colchón reno, propiedad de Maccaferri América Latina,

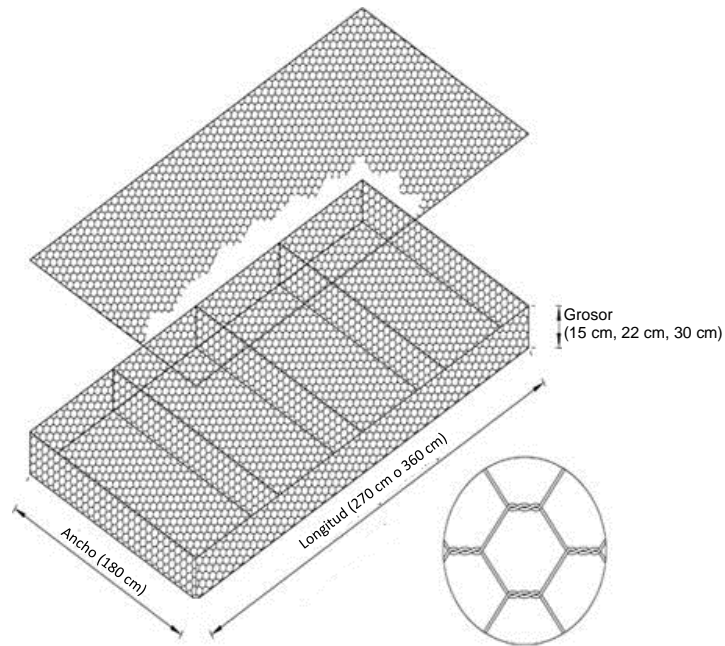


Figura 5.14. Esquema de una colchoneta. Fuente: Gabion Supply (2013).



Fotografía 5.7. Colchoneta (Colchón Reno propiedad de Maccaferri). Fuente: Maccaferri, Maccaferri América Latina (2016).

Sobre la capa de geotextil colocada que se menciona en párrafos anteriores, debería construirse unas colchonetas llenadas con gravas en función de la granulometría en el lecho del río, esto para evitar erosión puntual provocada por el embaulamiento del río. Se deberá colocarlas de una forma determinada que vayan bajando gradualmente para evitar una altura de caída que provoque erosión. Estas colchonetas deben ser implementadas hasta el sitio de los perfiles “G” y “H”.

## Muro de tierra reforzada

Suárez (2001) indica que es un muro donde se construye una pantalla superficial en gaviones rellenos de piedra y el relleno detrás del muro se refuerza utilizando malla similar a la utilizada para la elaboración de los gaviones. En la figura 5.15. se muestra un esquema del muro tierra reforzado, y en la fotografía 5.8. se observa un ejemplo de éste propiedad de Maccaferri América Latina, llamado Terramesh.

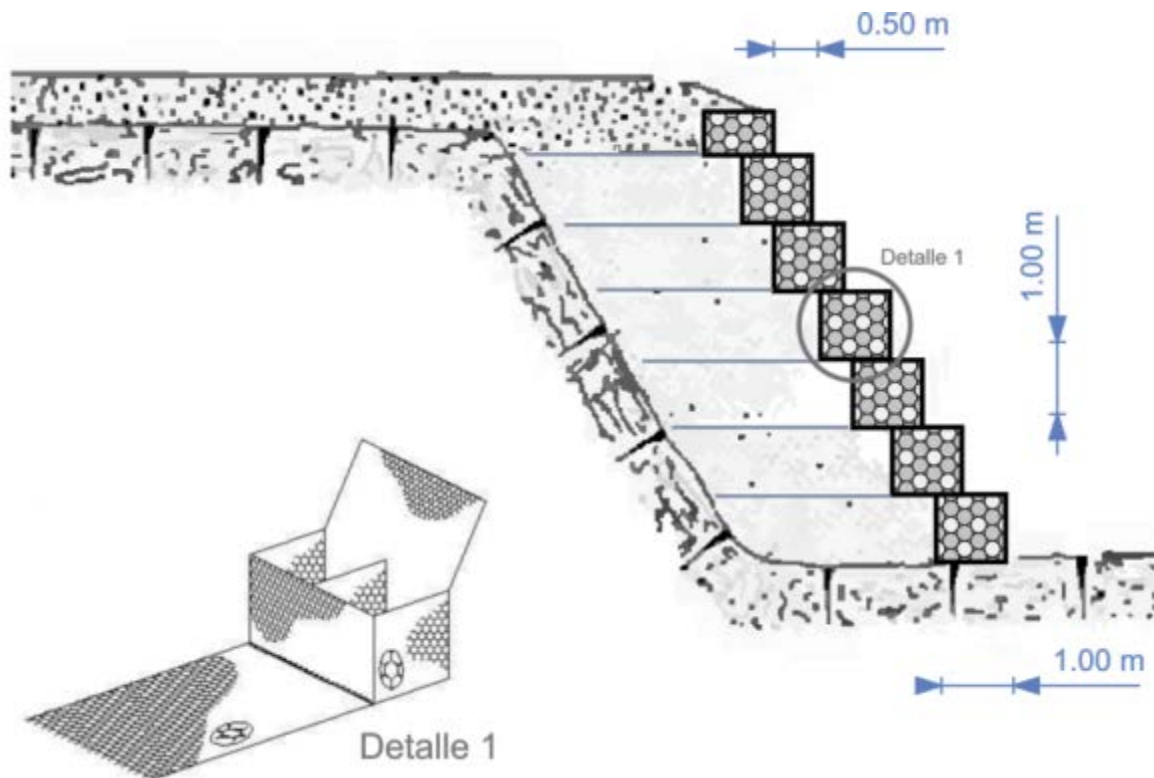


Figura 5.15. Esquema de un muro de tierra reforzado. Fuente: GabionMattress (2013).



Fotografía 5.8. Muro de tierra reforzada (Terramesh, propiedad de Maccaferri). Fuente: Maccaferri, Maccaferri América Latina (2016).

Este tipo de obra podría ser implementada en el perfil "F", el cual se encuentra a pocos metros del embaulamiento de la Avenida Guayanay Ñan. La realización de un muro de tierra reforzado requiere un anclaje horizontal de 2 a 2.5 veces la altura. Sin embargo, esto implicaría el desalojo de los habitantes de esta zona con el fin de precautelar sus vidas.

Para el lugar donde se encuentra el perfil "C", donde la pendiente del talud no es muy vertical, de la misma manera, se puede aplicar un muro de tierra reforzada en base a las características que se pueden apreciar en el campo y a las propiedades granulométricas.

Las colchonetas y los muros de tierra reforzados son medidas que por sus características requieren distancias amplias en los márgenes de la quebrada, por lo que se debe considerar la ubicación de las casas presentes en la zona de estudio; además de que éstas estructuras son aplicables para zonas donde el cauce es más ancho, y donde no exista cambios de dirección del caudal, ya que esto produciría socavación debajo de estas obras.

### **Tubos de geotextil rellenos**

Son grandes tubos elaborados con geotextiles de alta resistencia como el poliéster, los cuales poseen diámetros de hasta 2 metros y longitudes hasta de 100 metros. Estos tubos se rellenan con suelo. Son empleados para la protección de playas en contra de oleaje y para evitar la erosión al pie del talud. Estos tubos permite el paso de agua a través del geotextil, reteniendo material sólido en su interior (Suárez, 2001). En la figura 5.16. se observa una representación.

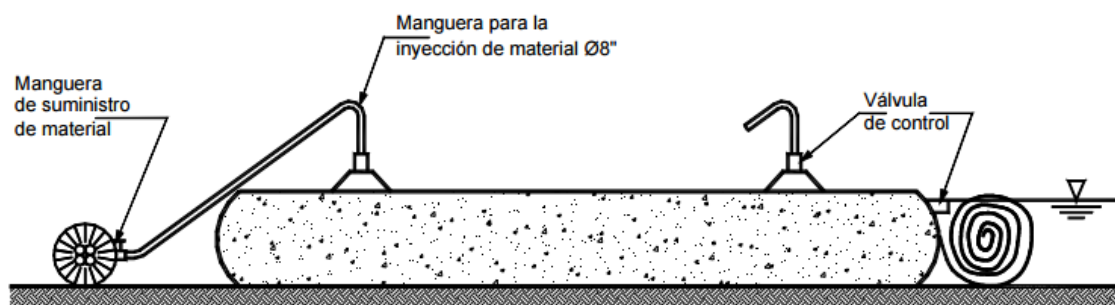


Figura 5.16 Tubo de Geotextil relleno. Fuente: Suárez (2001).

Para proteger el pie del talud en el sitio del perfil "F", se debería colocar tubos de geotextil rellenos, utilizando granulometría acorde al tamaño de grano encontrado en el margen del río, el cual corresponde al suelo B. Esto como complemento de las medidas de mitigación mencionadas anteriormente para este lugar.

## 6. CAPÍTULO VI: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 6.1. Conclusiones

- Los Barrios Terranova y Ciudadela de El Ejército se encuentran ubicados en un tramo de 1600 metros de las márgenes de la Quebrada Shanshayacu, donde se presentan 36 Fenómenos de Remoción en Masa, de los cuales 26 son deslizamientos rotacionales, 9 caídas de bloques como movimiento primario, pero también caídas relacionadas a deslizamientos rotacionales y una reptación; los cuales han afectado las diversas construcciones presentes, como vías y casas.
- En función de la problemática de FRM, se han realizado algunas obras de mitigación y recuperación, como el embaulamiento del río y parques lineales; sin embargo esto no ha resuelto la situación de inestabilidad que persiste en la zona.
- La zona de estudio se encuentra afectada por multiamenazas como: lluvias torrenciales, sismos, fenómenos de remoción en masa, éstos últimos relacionados a estos eventos de precipitaciones y sismicidad que son factores de disparo.
- Las amenazas antrópicas son relevantes y están relacionadas a la actividad de los pobladores que habitan a lo largo de la quebrada y que han generado entre otros impactos: rellenos anti-técnicos, escombreras, aumento del caudal ecológico, deforestación y construcciones al borde sin respetar la franja de protección. Estas amenazas de tipo antrópico han aumentado el riesgo en la zona generando una mayor frecuencia en la ocurrencia de deslizamientos.
- El análisis del peligro por FRM se hizo a través de un análisis de estabilidad con el método Límite de Equilibrio, que toma en cuenta: factores geológicos, geometría del talud, factores geotécnicos y tipo de superficie de rotura.
- El mapa de inventario de FRM permite visualizar la cantidad, el tipo y magnitud de los FRM, especialmente de los deslizamientos rotacionales; en donde, el 72% corresponde a deslizamientos rotacionales, el 25% a caídas de bloques y el 3% a reptación.
- La litología característica de la zona de estudio consta de una zona de relleno con espesores hasta 17 metros; luego dos capas de suelos, Suelo B, con espesores de

hasta 7 metros, y Suelo A con espesores de hasta 4 metros; y la cangahua como la capa más profunda con afloramientos de espesores aproximadamente de 4 metros.

- La geometría del talud se precisó empleando los perfiles obtenidos a partir del levantamiento topográfico con DRON, ya que los mismos cuentan con detalle centimétrico, haciendo que el modelado del plano de rotura sea más exacto al momento de configurarlo en el software.
- Los ensayos geotécnicos llevados a cabo en la zona fueron: ensayos de corte directo, el cual permite obtener los valores de cohesión y ángulo de fricción interna, sin tomar en cuenta esfuerzos al cortante; además, ensayos para la clasificación de tipo de suelo a través de granulometría en seco, granulometría por hidrómetro y límites de Atterberg (límites líquido y plásticos, e índice de plasticidad).
- Los ensayos para la clasificación S.U.C.S. nos permitieron obtener la granulometría, la cual fue fundamental para diferenciar el contenido de elementos granulares y de elementos finos, siendo el relleno la capa que presenta más heterogeneidad en cuanto a la presencia de tamaño de partículas, lo cual hace que esta capa sea inestable.
- La granulometría del suelo B presenta gran cantidad de partículas finas, lo que hace que tenga una naturaleza de suelo cohesivo, de igual forma esto se evidencia en su baja permeabilidad (calculada por método indirecto), lo que indica que es un material estable en condiciones drenadas; sin embargo, en condiciones saturadas la presencia de agua provocará que la presión de poros aumente y se reduzca el valor de la cohesión, llevándolo a la inestabilidad.
- El suelo A presenta en su composición material de partículas gruesas haciendo que esta capa de suelo posea un ángulo de reposo, el cual está entre  $30^\circ$  y  $45^\circ$ , y se relaciona con el ángulo de inclinación de talud, provocando que a medida que el ángulo del talud aumente, el plano de rotura sea más propenso a afectar al estrato de suelo A. Esta capa de suelo, además, presenta material fino en su composición, lo que aumenta la cohesión entre partículas en condiciones drenadas y de igual manera que con el suelo B, en condiciones saturadas el agua se adhiere a los bordes y caras de las partículas finas causando disminución en su resistencia.
- El modelo geotécnico y las columnas levantadas con el trabajo de campo, permitieron entender la distribución espacial de las capas presentes en la zona de



estudio de acuerdo a sus propiedades geotécnicas obtenidas mediante los ensayos para la clasificación S.U.C.S.

- Los principales mecanismos generadores de los movimientos en masa que afectan a la zona de estudio se dividen en dos: los factores que disminuyen la resistencia al corte y los que aumentan el esfuerzo cortante. Siendo los primeros; material plástico débil, material deleznable, material fisurado y material de meteorización, las descargas de agua, y la deforestación; y los que aumenta el esfuerzo al cortante: las sobrecargas (casas sobre la corona del talud), las lluvias intensas, sismos, erosión y socavamiento al pie del talud.

## 6.2. Recomendaciones

- Socializar este estudio e incluir a la población que habita en el Barrio Terranova y en la Ciudadela de El Ejército en las soluciones, como por ejemplo en el control de descargas de agua a la quebrada, control de escombros y basura y actividades de reforestación. La población también puede participar activamente en soluciones técnicas a través de mingas.
- Es importante que las construcciones respeten la franja de protección establecida en la ordenanza metropolitana 213 del distrito metropolitano de Quito, 2010, que en su artículo 58 define una distancia de 15 metros.
- Se recomienda tomar acciones inmediatas en las casas que se encuentran al borde del escarpe ya que pueden colapsar con eventos de lluvias y sismos de mayor magnitud.
- Se debe realizar un estudio hidrológico e hidráulico de todas las descargas de la cuenca que abarca a la Quebrada Shanshayacu, para relacionarla con los procesos erosivos.
- Debe existir un mejor control a la actividad de las empresas metropolitanas, puntualmente en la escombrera al sur de la quebrada, ya que material de escombros es arrojado sobre el talud, aumenta la carga y genera inestabilidad, así como las volquetas parqueadas en ese sitio, generan carga no estática.
- Ejercer un control en cuanto a las descargas provenientes de las casas ubicadas a los márgenes de la quebrada, ya que estas descargas caen directamente sobre el talud aumentando la humedad del suelo y afectando la presión de poros, por lo cual las empresas municipales deben encargarse de estos desechos mediante alcantarillado.
- Las medidas de mitigación están dirigidas contra el socavamiento al pie del talud y en el lecho del río; y además para la estabilización del talud, estas requieren estudios geotécnicos a detalle de superficie y subsuperficie.

- Implementar campañas de muestreo para ejecución de ensayos geotécnicos de tipo de clasificación S.U.C.S., corte directo con la finalidad de mejorar el ajuste de los modelos generados en base a geoestadística, y apreciar adecuadamente como se están distribuyendo geotécnicamente los materiales de la zona de estudio.
- Este estudio técnico es un aporte a la Secretaría de Gestión de Riesgo del DMQ y la Administración Zonal Quitumbe para que se orienten los estudios futuros de intervención en la quebrada y así aportar en la solución.

## 7. Bibliografía

- Aleotti, P. (2004). A warming system for rainfall-included shallow failures. *Engineering Geology*, 247-265.
- ASTM. (2006). Standard Practice for Classification of Soils or Engineering Purposes (D2487-06). West Conshohocken, Estados Unidos de Norte America.
- ASTM. (2007). Standar Test Method for Particle-Size Analysis of Soils (D422-07). West Conshohocken, Estados Unidos de Norte America.
- Avilés, L. R. (Mayo de 2013). Caracterización Geológica-Geotécnica del Sur de la Ciudad de Quito. Quito, Ecuador.
- Badillo, E. J., & Rodríguez, A. R. (1973). *Mecánica de Suelos*. México: Limusa.
- Bowles, J. (1982). *Propiedades Físicas y Geotécnicas del Suelo*. McGraw-Hill.
- Cañari, M., & Alva, J. (2011). Análisis de Estabilidad de Taludes de la Costa Verde. Lima, Perú.
- Cantero Calero, B., Guijarro Milán, R., Muñoz Rodríguez, M., & Cantero Calero, F. (2004). *Ayudantes técnicos de Medio Ambiente de la Junta de Andalucía*. Sevilla: MAD, SL.
- Cupuerán, M. I. (2016). Evaluación del riesgo por subsidencia en la zona de Turubamba, Sur de Quito, como aporte al diseño de un plan integral de gestión de riesgos del Distrito Metropolitano de Quito. Quito, Ecuador.
- Das, B. M. (2001). *Fundamentos de Ingeniería Geotécnica*. Mexico: Thomson Learning.
- FUNEPSA, C. L. (2015). *Actualización de la Zonificación por la Amenaza de Deslizamiento en el Distrito Metropolitano de Quitp*. Quito.
- GabionMattress. (2013). *GabionMattress*. Recuperado el Enero de 2016, de <http://www.gabionmattress.org/install/gabion-wall-installation.html>
- Ganán, A. (Septiembre de 2014). Caracterización de un reservorio aplicando técnicas geostatísticas para un campo del distrito amazónico. Quito, Pichincha, Ecuador.
- Gansser, A. (1973). Facts and theories on the Andes. *Journal of the Geological Society of London*, 93-131.
- GEMMA. (2007). *Movimientos en Masa en la Región Andina: Una guía para la Evaluacion de Amenazas*. Canada: PMA; GCA.

- Geofísico-EPN, Instituto. (s.f.). *Instituto Geofísico-EPN*. Recuperado el noviembre de 2016, de <http://www.igepn.edu.ec/ninahuilca>
- González, L., M. F., L. O., & C. O. (2002). *Ingeniería Geológica*. Madrid: Pearson Education S. A.
- Ilustre Colegio Oficial de Geólogos, D. d. (Noviembre de 2003). *Introducción a la Estabilidad de Taludes*. Zaragoza, España.
- Jaillard, E., Soler, P., Carlier, G., & Mourier, T. (1990). Geodynamic evolution of the northern and central Andes during early to middle Mesozoic times: a Tehythan model. *Journal of the Geological Society of London*, 1009-1022.
- Jimenez, E. (1999). Zonificación de laderas inestables considerando el efecto sísmico, caso de las cuencas de Rumipamba y Rumiurco, Quito. Quito, Pichincha, Ecuador.
- Lonsdale, P. (1978). Ecuadorian Subduction System. *Bulletin of the American Association of Petroleum Geologists*, 2454-2477.
- Maccaferri. (s.f.). *Maccaferri América Latina*. Recuperado el 4 de enero de 2017, de <http://www.maccaferri.com/br/es/productos/colchones-reno/>
- Maccaferri. (s.f.). *Maccaferri América Latina*. Recuperado el 4 de enero de 2017, de <http://www.maccaferri.com/br/es/productos/terramesh/>
- NEC, N. E. (Diciembre de 2014). *Peligro Sísmico - Diseño Sismo resistente*. Ecuador.
- Panchana, C. (Diciembre de 2015). *Estudio de los domos del volcán Quilotoa y su correlación con la estratigrafía del Volcán*. Quito, Pichinhca, Ecuador.
- Peñafiel, L. A. (Febrero de 2009). *Geología y Análisis del Recurso Hídrico subterráneo de la subcuenca del sur de Quito*. Quito, Ecuador .
- Programa de Saneamiento Ambiental para el Distrito Metropolitano de Quito-PSA-FASE II. (2013). *Proyecto de Acondicionamiento Ambiental de la Quebrada Shanshayacu*. Quito.
- Quito-DMQ, M. D. (2015). *Atlas de Amenazas Naturales y Exposición de Infraestructura del Distrito Metropolitano de Quito*. Quito D.M.
- Suárez, J. (1998). *Deslizamientos y estabilidad de taludes en zonas tropicales*. Bucaramanga: Ingeniería de Suelos Ltda.

- Suárez, J. (2001). *Control de Erosión en Zonas Tropicales*. Bucaramanga: CDMB.
- Suárez, J. (2009). *Deslizamientos: Análisis Geotécnico*. Bucaramanga: Ingeniería de suelos Ltda.
- Supply, G. (2013). Recuperado el Febrero de 2017, de <https://www.gabionsupply.com/dura-flex-gabions.html>
- Unidad de Seguridad Ciudadana-Administración Quitumbe. (2015). *Gestión de Riesgos, Prevención de Riesgos barrio Terranova, JZSC-AZQ/GRD-028*. Quito.
- UNISDR. (2004). *unisdr.org*. Obtenido de [www.unisdr.org/2004/campaign/booklet-spa/page4-spa.pdf](http://www.unisdr.org/2004/campaign/booklet-spa/page4-spa.pdf)
- UNISDR. (2009). *Terminology on Disaster Risk Reduction*. Geneva: United Nations International Strategy for Disaster Reduction.
- Varnes, D. J. (1978). Slope movements types and processes. *Landslides analysis and control*, 9-33.
- Varnes, D. J. (1984). *Landslide hazard zonation: a review of principles and practice*. Paris: Unesco.
- Veintimilla, P., Maza, G., Tashiguano, S., Garcés, M., & Santana, F. (2015). *Gestión de Riesgos, Prevención de Riesgos barrio Terranova, JZSC-AZQ/GRD-019*. Quito.
- Villagómez, D. R. (Mayo de 2003). Evolución Geológica Plio-Cuaternaria del Valle Interandino Central en Ecuador (Zona de Quito-Guayllabamba-San Antonio). Quito, Ecuador.
- Wieczorek, G., & J. S. (2009). Monitoring slope movements. *The Geological Society of America*, 245-271.
- Winkler, W., Villagomez, D., Spikings, R., Abegglen, P., Tobler, S., & Egüez, A. (2005). The Chota basin and its significance for the inception and tectonic settings of the interandean depression in Ecuador. *Journal of South American Earth Sciences*, 5-19.



## **8. ANEXOS**

## 8.1. ANEXO I. Formato Para Inventario De Fenómenos De Remoción En Masa

Nombre del encuestador: \_\_\_\_\_ Fecha: \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_ Hora: \_\_\_\_\_

<b>UBICACIÓN</b> Localidad: _____  UTM: _____  X: _____  Y: _____  Altura: _____		<b>FECHA DE OCURRENCIA</b> (dd/mm/aaaa) Primer _____ Movimiento: _____  _____ _____  <b>ESTADO</b> <input type="checkbox"/> Activo <input type="checkbox"/> Inactivo		<b>TIPO DE MOVIMIENTO:</b> 1 2 <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> Caída <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> Desliz. Rotacional <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> Propagación Lateral <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> Reptación <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> Flujo <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> Desliz. Traslacional <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> Otros _____  Nota: 1=Primer Movimiento 2=Segundo Movimiento		<b>DESCRIPCIÓN LITOLÓGICA</b> (ver columna en la parte posterior) _____ _____ _____ _____ _____ _____ _____ _____	
<b>Nivel de Humedad</b> Seco <input type="checkbox"/> Húmedo <input type="checkbox"/> Muy Húmedo <input type="checkbox"/>		<b>CAUSAS DEL MOVIMIENTO:</b> <input type="checkbox"/> Material Plástico débil. <input type="checkbox"/> Material deleznable. <input type="checkbox"/> Material Meteorización <input type="checkbox"/> Material Fisuradoo agrietado <input type="checkbox"/> Orientación desfavorable  <input type="checkbox"/> Mantenimiento deficiente sistema de drena <input type="checkbox"/> Sismo. <input type="checkbox"/> Lluvias. <input type="checkbox"/> Erosión Superficial. <input type="checkbox"/> Socavación al pie del talud			<b>POBLACIÓN DAMNIFICADA:</b> _____ _____ _____ _____ _____		<b>Convención para intensidad de daño.</b> DL: Daño leve. DM: Daño Moderado DS: Daño severo DT: Destrucción Total NC: No cuantificable.
<b>COBERTURA Y USO DE SUELO:</b> Tipos de cobertura.      Uso de suelo <input type="checkbox"/> Vegetación Herbácea <input type="checkbox"/> Ganadería. <input type="checkbox"/> Árboles <input type="checkbox"/> Área protegida. <input type="checkbox"/> Matorrales. <input type="checkbox"/> Agrícola <input type="checkbox"/> Cuerpo agua. <input type="checkbox"/> Recreación. <input type="checkbox"/> Cultivos <input type="checkbox"/> Zona Industrial <input type="checkbox"/> Construcciones <input type="checkbox"/> Viviendas <input type="checkbox"/> Sin cobertura <input type="checkbox"/> Vías <input type="checkbox"/> Otros _____ <input type="checkbox"/> Otros: _____		<b>DAÑOS.</b> INF AE DA      Tipo      Intensidad y cantidad      Observaciones DL DM DS DT NC					

EFFECTOS SECUNDARIOS. (Especificar daños a infraestructura, casas, vías, etc.)

---

---

---

---

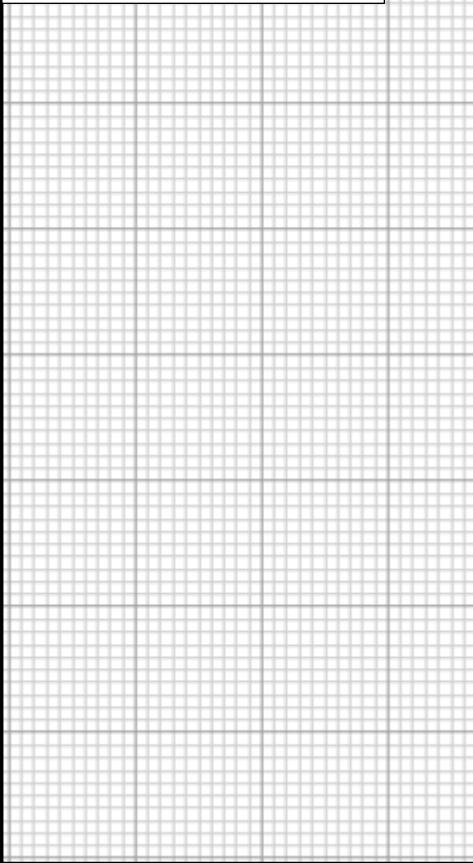
---

---

---

---

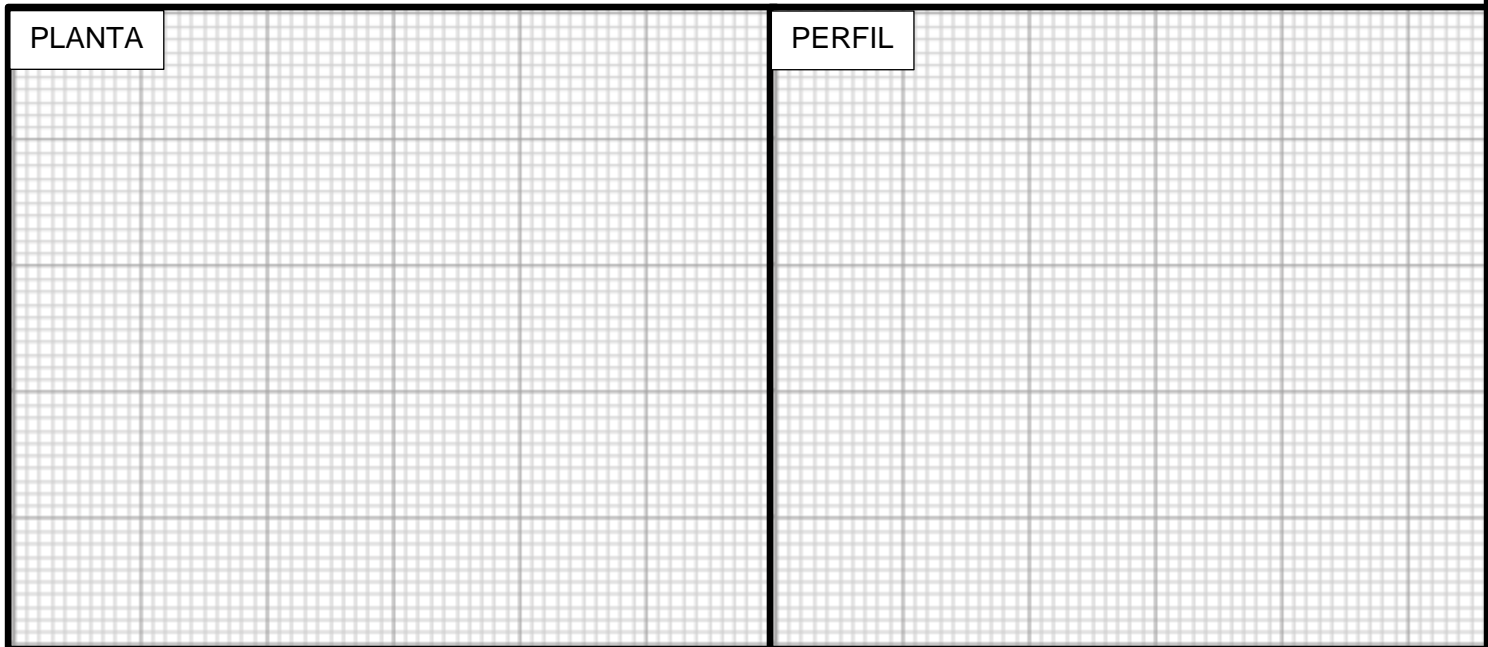
COLUMNA



ESQUEMA DEL MOVIMIENTO.

PLANTA

PERFIL



OBSERVACIONES.

---

---

---

## 8.2. ANEXO II. Cálculo de las cargas por la presencia de casas al margen de la quebrada

### Casa – Perfil “F”

Tabla 8.1 Calculo de la carga Casa del Perfil "F"

	LARGO (m)	ANCHO (m)	ALTURA (m)	VOLUMEN (m <sup>3</sup> )
<b>Casa Señora</b>	7.70	4.30	2.23	73.84
<b>Primer Piso</b>				
Pared 1	9.20	0.16	2.23	3.28
Pared 2	12.00	0.16	2.23	4.28
Pared 3	5.00	0.16	2.23	1.78
Pared 4	7.70	0.16	2.23	2.75
Volumen total paredes				12.10
Densidad ladrillo común (kg/m <sup>3</sup> )				1600.00
Densidad ladrillo común (KN/m <sup>3</sup> )				15.68
<b>CARGA DE LAS PAREDES (KN)</b>				<b>189.66</b>
<b>Losa</b>	10.00	9.20	0.16	14.72
Densidad de la losa (kg/m <sup>3</sup> )				2100.00
Densidad de la losa (KN/m <sup>3</sup> )				20.58
<b>CARGA DE LA LOSA (KN)</b>				<b>302.94</b>
	LARGO	ANCHO	Área	
<b>Techo</b>	7.70	5.00	<b>38.50</b>	
	10.00	4.20	<b>42.00</b>	
Área total - techo				80.50
kg/m <sup>2</sup> de cubierta de fibrocemento ondulado				11.94
CARGA DEL TECHO (kg)				961.17
<b>CARGA DEL TECHO (KN)</b>				<b>9.41</b>
<b>AREA TOTAL (m2)</b>				<b>33.11</b>
<b>CARGA TOTAL (KN)</b>				<b>502.01</b>
<b>MAGNITUD (KN/m<sup>2</sup>)</b>				<b>15.16</b>

## Casa – Perfil “C”

Tabla 8.2 Cálculo de la carga Casa del Perfil "C"

	LARGO (m)	ANCHO (m)	ALTURA (m)	VOLUMEN (m <sup>3</sup> )
<b>TECHO TOMATE</b>	22.60	9.00	8.00	1627.20
<b>Primer piso</b>				
Pared 1	11.30	0.16	2.30	4.16
Pared 2	11.30	0.16	2.30	4.16
Pared 3	9.00	0.16	2.30	3.31
Pared 4	9.00	0.16	2.30	3.31
Volumen paredes				14.94
Densidad paredes (kg/m <sup>3</sup> )				1700.00
Densidad paredes (KN/m <sup>3</sup> )				16.66
<b>CARGA PAREDES(KN)</b>				<b>248.91</b>
<b>Losa piso</b>	11.30	9.00	0.16	16.27
Densidad hormigón armado (kg/m <sup>3</sup> )				2100.00
Densidad hormigón armado (KN/m <sup>3</sup> )				20.58
<b>CARGA DE LA LOSA (KN)</b>				<b>334.88</b>
<b>Segundo Piso</b>		<b>CARGA PAREDES</b>		<b>248.91</b>
		<b>CARGA LOSA</b>		<b>334.88</b>
<b>Tercer piso</b>				
Pared 1	11.30	0.16	2.80	5.06
Pared 2	11.30	0.16	2.80	5.06
Pared 3	9.00	0.16	2.30	3.31
Pared 4	9.00	0.16	2.30	3.31
Volumen paredes				16.75
Densidad paredes (kg/m <sup>3</sup> )				1700.00
Densidad paredes (KN/m <sup>3</sup> )				16.66
<b>CARGA PAREDES</b>				<b>279.04</b>
<b>Losa</b>	11.30	9.00	0.16	16.27
<b>CARGA LOSA</b>				<b>334.88</b>
	LARGO	ANCHO		Área
<b>Techo</b>	11.30	9.00		<b>101.70</b>
kg/m <sup>2</sup> de cubierta de fibrocemento ondulado				<b>11.94</b>
CARGA DEL TECHO (kg)				1214.30
<b>CARGA DEL TECHO (KN)</b>				<b>11.90</b>
<b>AREA TOTAL (m<sup>2</sup>)</b>				<b>203.40</b>
<b>CARGA TOTAL (KN)</b>				<b>1793.39</b>
<b>MAGNITUD (KN/m<sup>2</sup>)</b>				<b>8.82</b>

### 8.3. ANEXO III. Tabla De Inventario

CÓDIGO	COORDENADAS		ALTURA (msnm)	TIPO DE MOVIMIENTO		NIVEL DE HUMEDAD	CAUSAS DEL MOVIMIENTO	COBERTURA VEGETAL Y USO DEL SUELO	OBSERVACIONES	DESCRIPCIÓN LITOLÓGICA	ASOCIADO A
	X	Y		1	2						
GR5-01	771762	9965965	2971	Deslizamiento Rotacional	Caída	Húmedo	* Material plástico débil, deleznable * Lluvias	* Cubierto por vegetación herbácea * Dedicada a áreas de recreación	Casas construidas sobre el escarpe	* 24 metros de arena fina color pardo con material clástico de mayor tamaño (no identificado), lo cual corresponde al relleno	
GR5-02	771709	9965763	2971	Caída	Deslizamiento Rotacional	Húmedo	* Material deleznable, fisurado o agrietado, de meteorización * Erosión superficial * Erosión al pie del talud	Cubierto por vegetación herbácea y árboles	Casas construidas sobre el escarpe	* 6 metros de arena fina color gris estratificada con niveles de ceniza	
GR5-03	771719	9965821	2962	Deslizamiento Rotacional	Caída	Húmedo	* Material deleznable, fisurado o agrietado * Socavación al pie del talud, llluvias	Cubierto por vegetación herbácea y árboles		* 2 metros de material no consolidado tipo arena fina correspondiente al relleno (material antrópico) * 12 metros de material compactado tipo arena fina de color gris.	cerca de PERFIL A/Parada 2
GR5-04	771744	9965931	2969	Deslizamiento Rotacional	Caída	Húmedo	* Material deleznable, fisurado o agrietado * Lluvias	* Cubierto por vegetación herbácea * En su mayoría ocupada por viviendas	* Caída del cerramiento y posterior reconstrucción Caída de árboles y represamiento	* Encontramos una capa de 10 metros de altura de relleno, material de color café parduzco, tamaño de grano de arena media a grueso (Material heterogéneo) * Hacia la base encontramos una capa de 6 metros de material fino de color gris oscuro a negro con material orgánico e intercalaciones de cenizas	cerca de PERFIL B/parada 4
GR5-06	771762	9965955	2971	Deslizamiento Rotacional	-	Seco	* Material deleznable * Socavación al pie del talud * Lluvias	Cubierto con vegetación herbácea y matorrales	Pérdida de cerramiento	* Desde el tope tenemos una capa de 1 metro de material d tamaño tipo arena fina a media de color café, presenta basura lo que indica que se trata de relleno. * Luego tenemos una cada de material limoso de color negro, donde se pueden ver estratificaciones de ceniza. * Finalmente encontramos material de color café pardusco de tamaño de grano tipo limo a arena fina.	PERFIL C/ Parada 6
GR5-07	771705	9965890	2970	Deslizamiento Rotacional	Caída	Seco	* Material deleznable * Socavación al pie del talud * Lluvias	En su mayoría cubierto de escombros, pero también hay presencia de vegetación herbácea		Aprox. 5 metros de arena fina color gris	
GR5-08	771826	9966016	2965	Deslizamiento Rotacional	Caída	Seco	* Material plástico débil * Socavación al pie de talud	* Cubierto con vegetación herbácea * Dedicado a áreas de recreación		* Desde el tope tenemos una capa de 5 metros de material de tamaño tipo arena fina a media de color café se trata de relleno. * Luego tenemos una cada de material limoso de color negro de 2 metros de espesor, donde se pueden ver estratificaciones de ceniza. * Finalmente encontramos material de color café pardusco de tamaño de grano tipo limo a arena fina 2 metros de espesor.	cerca de Parada 7
GR3-06	771851	9966000	2958	Caída	-	Húmedo	* Material meteorizado * Lluvias.	* Cubierto por vegetación herbácea y matorrales		* Desde el tope encontramos unos 5 metros de relleno, arena media de color café. * Seguido de material limo arcilloso de color negro con intercalaciones de ceniza de color gris amarillenta. * Finalmente en la base observamos una capa de material limo arenoso de color café.	

GR3-05	771862	9965999	2961	Deslizamiento Rotacional	Caída	Húmedo	* Material meteorizado * Lluvias * Socavación al pie del talud.	* Cubierto de vegetación herbácea * El uso de suelo corresponde para la ganadería		* En la parte superior encontramos material antrópico correspondiente al relleno. * Luego tenemos una capa limo arcillosa con gran presencia de agua. De color negro con intercalaciones de ceniza. * Después encontramos una capa de material de color gris cafésuzco de tamaño limo arenoso. * Finalmente tenemos una capa de material aluvial de tamaño arena gruesa a media.	COLUMNA LE-03 Y LE-04/ PERFIL D
GR3-04	771831	9966020	2960	Caída	-	Seco	* Material meteorizado * Lluvias.	* Cubierto por vegetación herbácea y matorrales		No se puede apreciar litología por la gran cantidad de material herbáceo. Sin embargo en su mayoría parece relleno.	
GR3-03	771942	9966086	2947	Caída	-	Húmedo	* Material meteorizado * Lluvias.	* Cubierto por vegetación herbácea y matorrales * El uso de suelo corresponde a las vías		* Encontramos una capa de 1 metro aproximadamente de relleno (material heterogéneo). * Seguido tenemos una capa de 3 metros de material limo arcilloso de color negro, presenta intercalaciones de ceniza. En la base del afloramiento encontramos una capa de material de color café grisáceo de tamaño de arena fina, 2 metros aproximadamente.	Parada 11
GR3-02	771993	9966140	2947	Caída	-	Húmedo	* Material deleznable y meteorizado * Lluvias.	* En su mayoría cubierto por vegetación herbácea y árboles		No se puede apreciar litología por la gran cantidad de material herbáceo. Sin embargo en su mayoría parece relleno.	
GR3-01	772018	9966169	2831	Caída	-	Húmedo	* Material meteorizado, fisurado o agrietado * Lluvias * Sismo de abril de 2016.	* Cubierto principalmente por vegetación herbácea. * Además existen construcciones (puente), vías.	Daño moderado en las bases del puente	No se puede apreciar litología por la gran cantidad de material herbáceo. Sin embargo en su mayoría parece relleno.	
GR2-01	772046	9966226	2893	Deslizamiento Rotacional	Caída	Húmedo	* Material meteorizado * Lluvias intensas en la época invernal.	* Vegetación herbácea, árboles, matorrales, * Construcciones de pistas, la cual utilizan para la recreación de las personas.	La humedad aumenta hacia el tope del talud.	* Desde el tope podemos observar material de relleno de unos 5 metros de espesor, material de color café de tamaño de grano grueso a medio (material antrópico). * En la base encontramos una capa de color negro, limo arcilloso de unos 2 metros de espesor con intercalaciones de ceniza de color gris.	
GR2-02	772022	9966184	2892	Deslizamiento Rotacional	Caída	Húmedo	* Sismo del 16 de abril. * Lluvias intensas en la época invernal.	* Vegetación herbácea, árboles, matorrales, * Construcciones de pistas, la cual utilizan para la recreación de las personas.	La humedad aumenta hacia el tope del talud.	Se puede ver una capa de 5 metros de espesor donde se aprecia material de relleno, de color café con presencia de material antrópico.	
GR2-03	772085	9966226	2927	Deslizamiento Rotacional		Seco	* Lluvias intensas en la época invernal	* Vegetación herbácea, árboles, matorrales, * Construcciones de pistas, la cual utilizan para la recreación de las personas.		* Desde el tope podemos observar material de relleno de unos 5 metros de espesor, material de color café de tamaño de grano grueso a medio. * En la base encontramos una capa de color negro, limo arcilloso de unos 2 metros de espesor.	Parada 13/PERFIL E
GR2-04	772105	9966243	2945	Deslizamiento Rotacional	-	Seco	* Lluvias intensas en la época invernal	* Vegetación herbácea, árboles, matorrales, * Construcciones de pistas, la cual utilizan para la recreación de las personas.	La vegetación herbácea es muy espesa y no se puede observar material litológico.	No se puede apreciar litología por la gran cantidad de material herbáceo. Sin embargo en su mayoría parece relleno.	



GR2-05	772105	9966257	2948	Deslizamiento Rotacional	Caída	Seco	*Material meteorizado * Lluvias intensas en la época invernal.	Vegetación herbácea.		Se puede ver una capa de 7 metros de espesor donde se aprecia material de relleno, de color café con presencia de material antrópico.	
GR2-06	772136	9966269	2944	Deslizamiento Rotacional	Caída	Húmedo	* Material meteorizado, fisurado o agrietado * Sismo del 16 de abril. * Material deleznable.	* Cubierto principalmente por vegetación herbácea. * Construcciones para recreación	Afectando a los cerramientos del parque lineal.	* Encontramos una capa de 3 metros de material de relleno, color café tamaño de grano medio a grueso. * En la base encontramos una capa de color café oscuro de material limo arenoso de unos 5 metros de espesor.	
GR2-07	772194	9966307	2936	Deslizamiento Rotacional	-	Seco	* Lluvias intensas en la época invernal	* Vegetación herbácea, árboles, matorrales, * Construcciones de pistas, la cual utilizan para la recreación de las personas.	Se puede mirar que el cerramiento del parque lineal se encuentra afectado.	No se puede apreciar litología por la gran cantidad de material herbáceo. Sin embargo en su mayoría parece relleno.	
GR2-08	772235	9966396	2935	Deslizamiento Rotacional	-	Húmedo	* Lluvias intensas en la época invernal	* Vegetación herbácea, árboles, matorrales, * Construcciones de pistas, la cual utilizan para la recreación de las personas.	La humedad aumenta hacia la base del talud.	* Encontramos una capa de unos 5 metros de material de relleno, material heterogéneo. * Finalmente encontramos una capa de 1 metro de material arcilloso de color gris oscuro con alto contenido de humedad.	
GR2-09	772203	9966350	2945	Deslizamiento Rotacional	-	Seco	* Material plástico débil, * Lluvias intensas en la época invernal	Vegetación herbácea.	Frente al parque lineal.	* Encontramos material de relleno hacia el tope, material heterogéneo de color café. * Hacia la base encontramos material de color gris oscuro con alto contenido de humedad y material de tamaño limo arcilloso. * Finalmente se observa 2 metros de material aluvial.	
GR2-10	772169	9966321	2939	Caída	-	Húmedo	* Material plástico débil, * Lluvias intensas en la época invernal	Vegetación herbácea.	La humedad aumenta hacia la base del talud.	* Desde el tope tenemos material correspondiente a relleno, color café con tamaño de grano de arena media a gruesa, 5 metros aproximadamente. * Luego tenemos material limo arcilloso de color negro presenta alta humedad e intercalaciones de ceniza. * Finalmente se observa una capa de material aluvial de color café con ligera estratificación, tamaño de arena grueso.	
GR2-11	772101	9966267	2944	Deslizamiento Rotacional	-	Húmedo	* Material plástico débil, * Socavación al pie del talud.	Cubierto por una densidad de vegetación herbácea considerable y árboles	No se puede establecer una columna estratigráfica debido a la presencia de vegetación en el deslizamiento.	No se puede apreciar litología por la gran cantidad de material herbáceo. Sin embargo en su mayoría parece relleno.	
GR1-01	772299	9966631	2941	Deslizamiento Rotacional	caída	Muy Húmedo	* Material meteorizado muy húmedo, * Acción del sismo del 16 de abril * Lluvias intensas en la época invernal * Socavación al pie del talud por la acción de un tractor.	* Vegetación herbácea, árboles, cuerpos de agua, cultivos y construcciones. * El uso de suelo es preferentemente agrícola (tuberías de riego) y de viviendas.	Daño a cultivos y áreas verdes. Fomento de la socavación al pie del talud por aumento del caudal del causada por el flujo de aguas servidas.	* Primero tenemos una capa de aluvial con cantos de origen igneo, redondeados y con mal sorteo. * Luego tenemos una capa saturada en agua de limo negro con materia orgánica, de comportamiento plástico. * Seguidamente tenemos una capa fina de arcillas, poco consolidadas. * Finalmente tenemos dos capas, una potente de suelo volcánico y otra más fina de suelo con materia orgánica.	COLUMNA TR-01CD - PERFIL F
GR1-02	772260	9966648	2928	Reptación	caída	Húmedo	*Material deleznable, meteorizado * Posiblemente fue activado con lluvias y el terremoto que ocurrió el 16 de Abril del presente año.	* Vegetación herbácea, árboles, matorrales, * Construcciones de pistas, la cual utilizan para la recreación de las personas.	Fracturas en el piso, por lo cual las vías perjudicarán al transporte y venta de algún material. También la cobertura de las aguas servidas originará contaminación y socavación al pie del talud.	* Suelo limo arenoso café-amarillento, húmedo deleznable, posiblemente meteorizado, con pastantes raíces, poca porosidad, y no se observa minerales. * Suelo desarrollado, con material orgánico, de color negro, tamaño limo, poco poroso, no se pudo	

										observar algún mineral, y en la parte superior se encuentra cubierto de plantas.	
GR1-03	772264	9966713	2951	Deslizamiento Rotacional	caída	Húmedo	*Material deleznable *Sismo del 16 de abril * Lluvias intensas en la época invernal.	* Vegetación herbácea y matorrales. * El uso de suelo es de recreación, formando parte del parque lineal.	Daño al parque lineal y al acueducto (sostenedores).	* Suelo volcánico color café, tamaño de limo. * Escombros de material de relleno de tamaño y composición variada, de poca consolidación, color café oscuro. * Suelo con materia orgánica parcialmente meteorizado, color café claro.	PERFIL G-H
GR1-04	772328	9966757	2921	Deslizamiento Rotacional	Caída	Húmedo	*El deslizamiento es causado por el material del lugar que es de relleno poco consolidado * Lluvias en la zona * Posteriormente por el sismo ocurrido el 16 de abril de 2016 * También existe socavación provocado por la corriente de agua al pie del plano de deslizamiento.	* Vegetación herbácea y matorrales, además de construcciones y vías de adoquín. * El uso de suelo corresponde a vías.	Daño a infraestructura, específicamente a la vía de adoquín ubicada en la parte superior del deslizamiento, notándose importantes agrietamientos y fisuras causadas por el retroceso del escarpe de deslizamiento provocando daños severos sobre la carretera.	* Suelo color café oscuro con materia orgánica, sin minerales y con tamaño de limo. * Material de relleno (escombros) poco consolidado con fragmentos de diferente tamaño, conformado en su mayoría por restos de cerámica, con tonalidades pardas.	cerca de CTR-03/PERFIL I
GR1-05	772382	9966738	2933	Deslizamiento Rotacional	-	Húmedo	*El deslizamiento es causado por una importante cantidad de débil material de relleno que cubre gran parte de la zona, además se encuentra poco consolidado y húmedo, * Lluvias que cubrieron el área acentuó aún más la inestabilidad del terreno. * Según una moradora del sector, Señora Ximena Luque de 40 años, hubo un movimiento y súbito al momento del sismo suscitado el pasado 16 de abril de 2016.	* Vegetación herbácea, matorrales y construcciones. * El uso de suelo corresponde a vías y viviendas.	Daños a infraestructura, en viviendas y vías adoquinadas de segundo orden, además el relleno sanitario ha sido totalmente descubierto. Las viviendas presentan fisuras y agrietamientos relevantes, y la vía se deteriora continuamente por el movimiento de ladera (propagación lateral) asociado. El daño causado sobre viviendas y vías de acceso es severo, mientras el daño al relleno sanitario es moderado Población damnificada: Según la moradora entrevistada, su casa ha sufrido graves daños en sus paredes y mampostería, sumado a esto otros moradores tuvieron que abandonar definitivamente sus viviendas puesto que el deslizamiento afectó de forma irreparable sus hogares, dado por la cercanía de sus hogares al movimiento de ladera.	* Suelo color café oscuro con materia orgánica, deleznable, sin minerales y con tamaño de limo. * Ceniza de tamaño fino granular de colores grisáceos pardos, medianamente consolidados. * Suelo volcánico medianamente consolidado, tamaño de arena de colores verduzcos a marrones. * Material de relleno (escombros) poco consolidado con fragmentos de diferente tamaño, conformado en su mayoría por restos de cerámica, con tonalidades pardas. * Suelo color café oscuro con materia orgánica, sin minerales y con tamaño de limo.	cerca de CTR-03/PERFIL I
GR1-06	772340	9966699	2910	Caída	-	Húmedo	* Material plástico débil, la orientación produce la caída de rocas * Posiblemente fue activado por el sismo * Lluvias	* Vegetación herbácea, matorrales, cuerpos de agua, * En la parte subyacente podemos encontrar una vía de segundo orden el cual conduce a la tubería principal de agua potable.	Caída de rocas y suelo hacia las aguas servidas, provocando contaminación y socavamiento al pie del talud.	* Escombros, con diferentes materiales naturales y artificiales, con bastante porosidad y materia orgánica, de color café oscuro. * Suelo desarrollado, con material orgánico, de color negro, tamaño limo, poco poroso, no se puede observar algún mineral, y en la parte superior se encuentra cubierto de plantas.	
GR4-06	772459	9966878	2929	Deslizamiento rotacional	-	Seco	* Material plástico débil * Socavación al pie del talud	En esta parte se encuentran construcciones en su mayoría, y zonas de recreación.	Presenta un nivel de riesgo medio debido a que afecta a las zonas de recreación y cercano a algunas viviendas. También se evidencia que la malla de la cancha está arqueada además que la cancha de fútbol se encuentra fracturada y por aquella fractura un crecimiento lineal de césped	No se puede apreciar litología por la gran cantidad de material herbáceo. Sin embargo en su mayoría parece relleno.	
GR4-05	772434	9966900	2923	Deslizamiento Rotacional	-	Seco	* Material plástico débil * Socavación al pie del talud	Cubierto por una densidad de vegetación herbácea	Presenta un nivel de riesgo bajo a medio debido a que está alejado de viviendas pero	* Suelo * Suelo Orgánico	PERFIL J

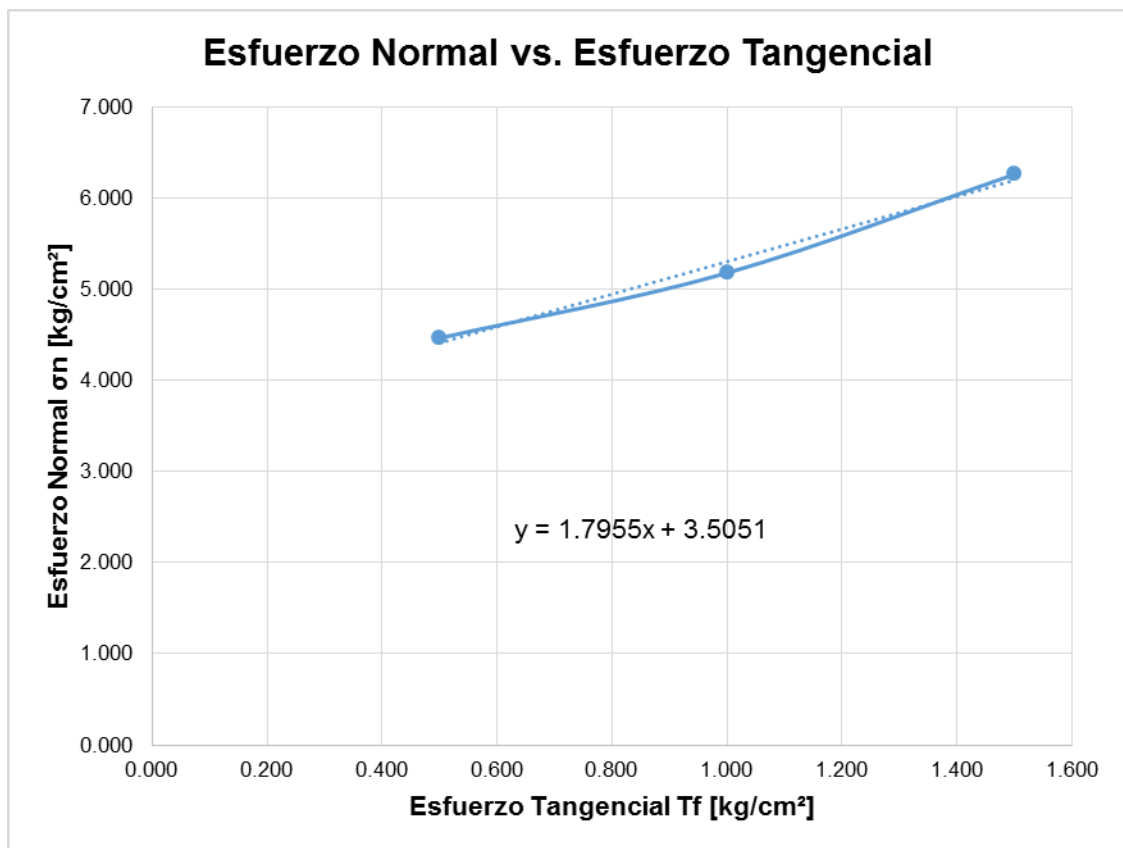
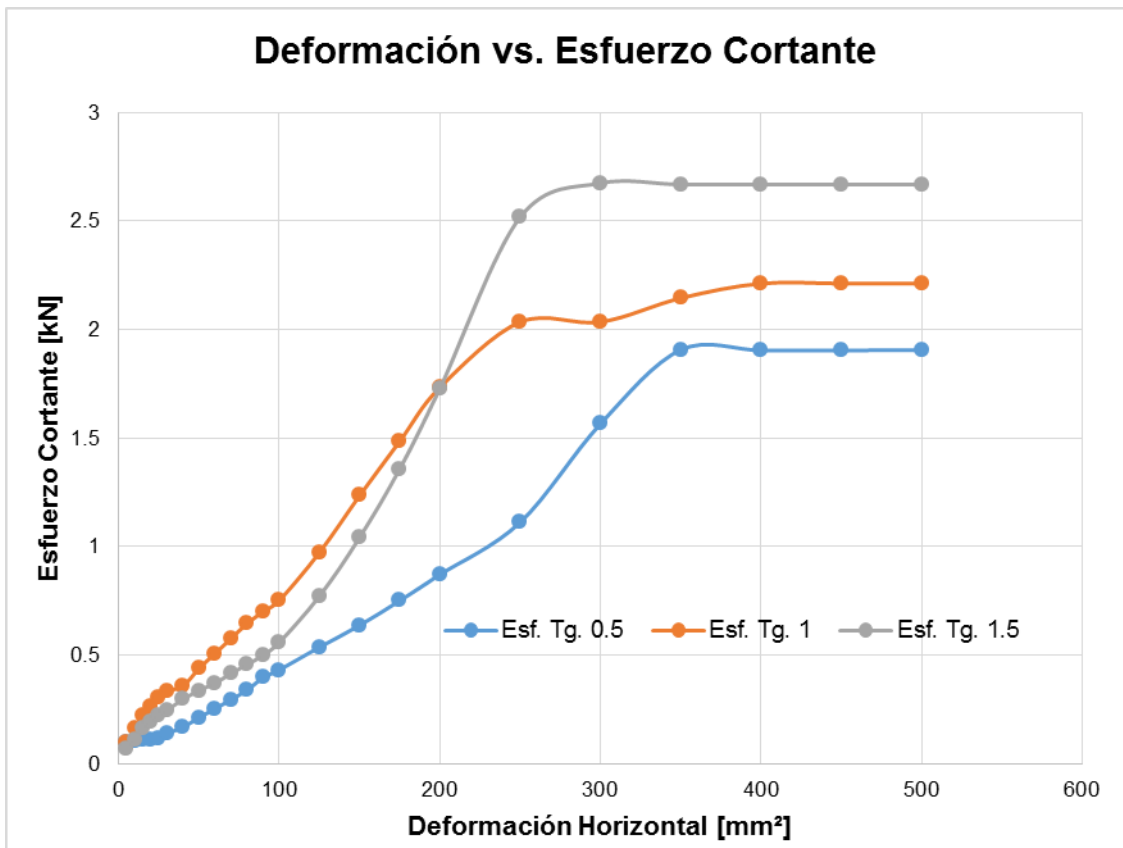
								considerable y árboles	cercano a lugares de recreación.	* Dos capas de Material de tipo Aluvial grano decreciente (de la base al techo) al igual que su matriz aumenta conforme decrece la presencia de clastos (La primera de matriz soportada y la inferior de clasto soportada)	
GR4-04	772450	9966930	2923	Deslizamiento Rotacional	Caída	Seco	* Material fisurado o agrietado * Lluvias	* Cubierto por una densidad de vegetación herbácea considerable y árboles * También existen zonas de recreación	Presenta un nivel de riesgo bajo a medio debido a que está alejado de viviendas pero cercano a lugares de recreación. Agrietamiento	* Suelo, * Suelo Orgánico * Material de tipo Aluvial grano decreciente (de la base al techo) al igual que su matriz aumenta conforme decrece la presencia de clastos	
GR4-03	772460	9966928	2925	Deslizamiento Rotacional	-	Seco	* Material deleznable, de meteorización, * Socavación al pie del talud	Cubierto por una baja densidad de vegetación herbácea y árboles y áreas donde hay viviendas	Presenta un nivel de riesgo bajo a medio debido a que está alejado de viviendas pero cercano a lugares de recreación. Agrietamiento	* Suelo * Suelo Orgánico * Material de tipo Aluvial grano decreciente (de la base al techo) al igual que su matriz aumenta conforme decrece la presencia de clastos. Cabe recalcar que se correlacionó la litoestratigrafía con la del FRM G4 - 04, debido a que la cobertura vegetal además, del acceso no lo permitieron constatar.	
GR4-02	772478	9966970	2919	Caída	-	Húmedo	* Material plástico débil * Socavación al pie del talud * Erosión superficial * Lluvias	* Cubierto por una alta vegetación herbácea y árboles. * Áreas dedicadas a la vivienda y zonas de recreación	Presenta un nivel de riesgo bajo a medio a ciertas edificaciones nuevas alejados a unos 40 metros en la parte superior. Además involucra cambios en los procesos naturales del río debido al aporte de material y sedimentos al cauce	* Suelo * Suelo Orgánico * 2 capas de Material de tipo Aluvial, la primera de matriz soportada y la inferior de clasto soportada	
GR4-01	772566	9967052	2918	Deslizamiento Rotacional	Caída	Húmedo	* Material deleznable * Lluvias	Extensa vegetación ceca y uso de suelo responde a la construcción de rector.	no presenta riesgo a la población pero sí afectación a la canalización de las aguas del colector, debido a que está sobre este	* Suelo * Relleno de Escombros, * Suelo Orgánico * Material de tipo Aluvial	cerca de TR-03

## 8.4. ANEXO IV. Cálculos De Corte Directo

### Muestra TR-03

Área (cm <sup>2</sup> )	43.590	43.590	43.590
Esf. Normal (kg/cm <sup>2</sup> )	0.5	1	2

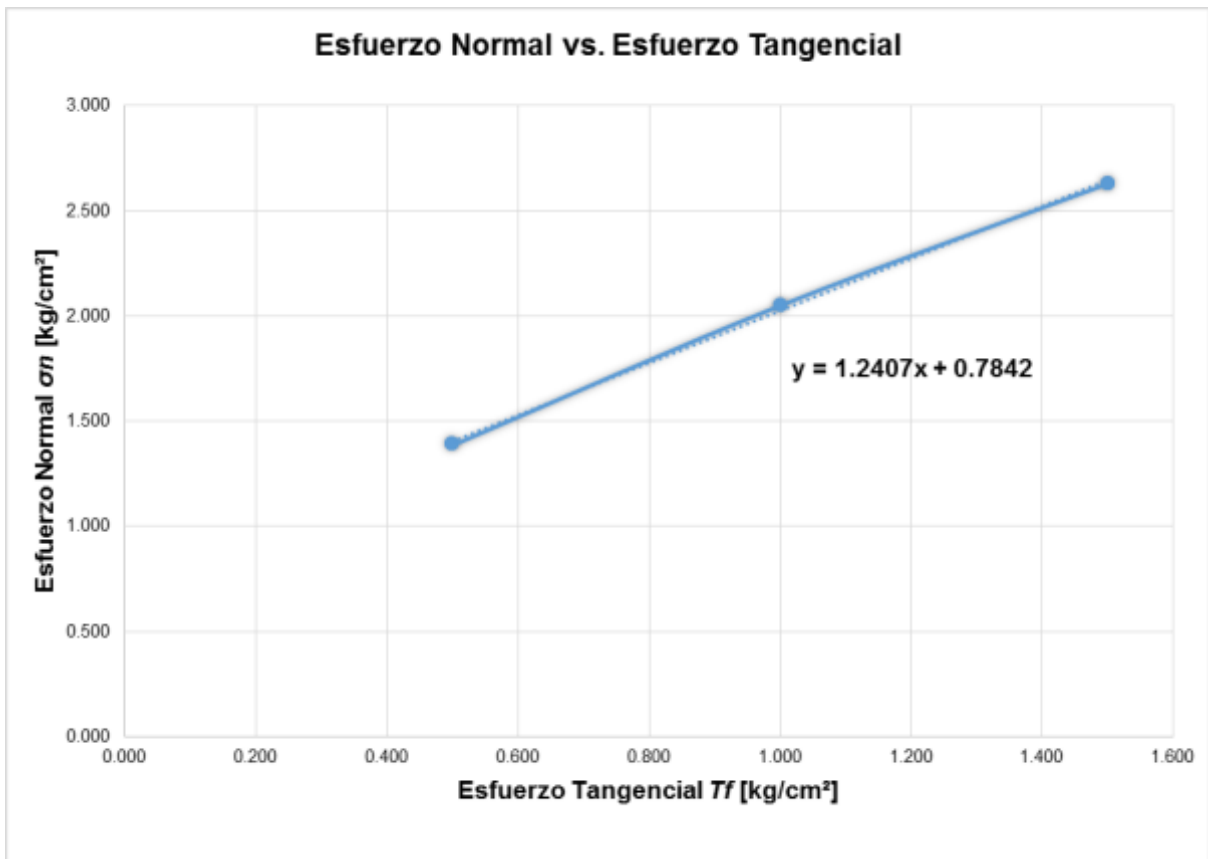
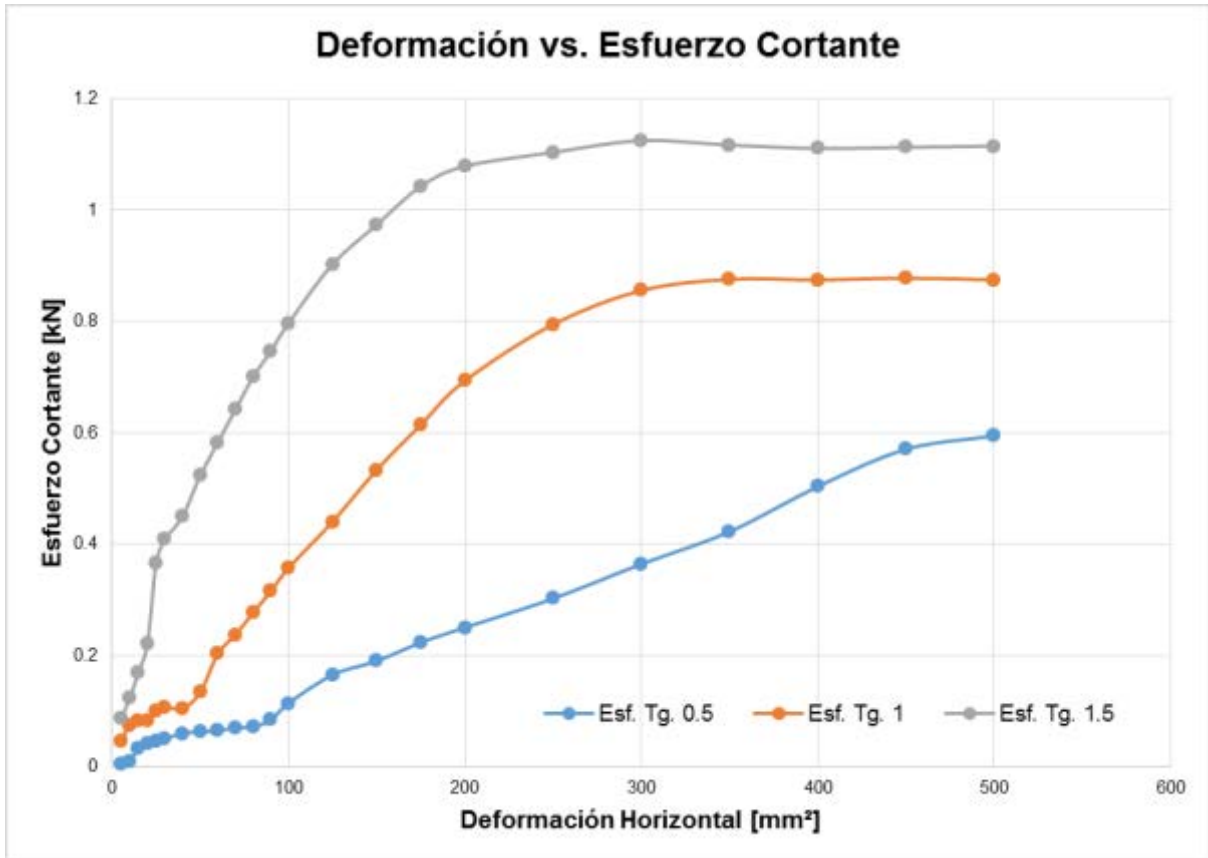
Deformación Horizontal (mm x 10 <sup>-2</sup> )	Fuerza Tangencial 1 (kN)	Fuerza Tangencial 2 (kN)	Fuerza Tangencial 3 (kN)	Esfuerzo Cortante 1 (kg/cm <sup>2</sup> )	Esfuerzo Cortante 2 (kg/cm <sup>2</sup> )	Esfuerzo Cortante 3 (kg/cm <sup>2</sup> )
5	0.099	0.098	0.073	0.232	0.229	0.171
10	0.107	0.164	0.11	0.250	0.384	0.258
15	0.11	0.223	0.163	0.258	0.522	0.382
20	0.114	0.263	0.194	0.267	0.616	0.454
25	0.117	0.309	0.226	0.274	0.723	0.529
30	0.14	0.335	0.247	0.328	0.784	0.578
40	0.169	0.359	0.298	0.396	0.840	0.698
50	0.214	0.44	0.338	0.501	1.030	0.791
60	0.254	0.509	0.372	0.595	1.192	0.871
70	0.297	0.578	0.417	0.695	1.353	0.976
80	0.34	0.647	0.458	0.796	1.515	1.072
90	0.399	0.702	0.501	0.934	1.643	1.173
100	0.433	0.753	0.56	1.014	1.763	1.311
125	0.538	0.974	0.773	1.259	2.280	1.810
150	0.638	1.236	1.043	1.494	2.893	2.442
175	0.752	1.486	1.359	1.760	3.479	3.181
200	0.872	1.734	1.73	2.041	4.059	4.050
250	1.113	2.035	2.518	2.605	4.764	5.894
300	1.567	2.035	2.674	3.668	4.764	6.260
350	1.907	2.145	2.668	4.464	5.021	6.246
400	1.904	2.212	2.668	4.457	5.178	6.246
450	1.904	2.212	2.668	4.457	5.178	6.246
500	1.905	2.212	2.668	4.459	5.178	6.246



## Muestra TR-01

<b>Área (cm<sup>2</sup>)</b>	43.59	43.59	43.59
<b>Esf. Normal (Kg/cm<sup>2</sup>)</b>	0.5	1	1.5

<b>Deformación Horizontal  (mm x 10<sup>-2</sup>)</b>	<b>Fuerza Tangencial 1  (kN)</b>	<b>Fuerza Tangencial 2  (kN)</b>	<b>Fuerza Tangencial 3  (kN)</b>	<b>Esfuerzo cortante 1  (kg/cm<sup>2</sup>)</b>	<b>Esfuerzo cortante 2  (kg/cm<sup>2</sup>)</b>	<b>Esfuerzo cortante 3  (kg/cm<sup>2</sup>)</b>
5	0.004	0.046	0.086	0.009	0.108	0.201
10	0.01	0.074	0.123	0.023	0.173	0.288
15	0.033	0.082	0.17	0.077	0.192	0.398
20	0.041	0.083	0.22	0.096	0.194	0.515
25	0.047	0.1	0.366	0.110	0.234	0.857
30	0.05	0.107	0.408	0.117	0.250	0.955
40	0.06	0.105	0.45	0.140	0.246	1.053
50	0.063	0.134	0.523	0.147	0.314	1.224
60	0.065	0.203	0.582	0.152	0.475	1.362
70	0.07	0.237	0.642	0.164	0.555	1.503
80	0.072	0.277	0.7	0.169	0.648	1.639
90	0.084	0.315	0.746	0.197	0.737	1.746
100	0.114	0.357	0.796	0.267	0.836	1.863
125	0.165	0.44	0.902	0.386	1.030	2.112
150	0.19	0.533	0.973	0.445	1.248	2.278
175	0.223	0.614	1.042	0.522	1.437	2.439
200	0.25	0.693	1.078	0.585	1.622	2.524
250	0.302	0.794	1.103	0.707	1.859	2.582
300	0.364	0.855	1.124	0.852	2.001	2.631
350	0.422	0.875	1.116	0.988	2.048	2.612
400	0.503	0.874	1.11	1.177	2.046	2.598
450	0.57	0.877	1.112	1.334	2.053	2.603
500	0.594	0.874	1.114	1.391	2.046	2.608

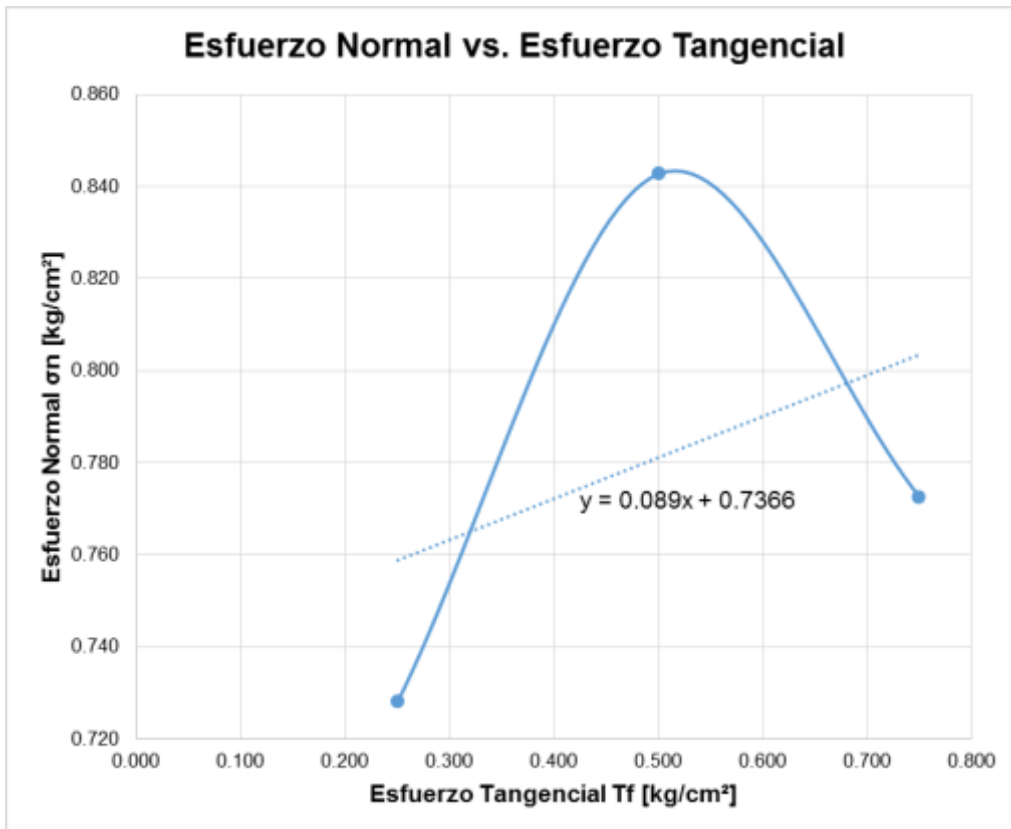
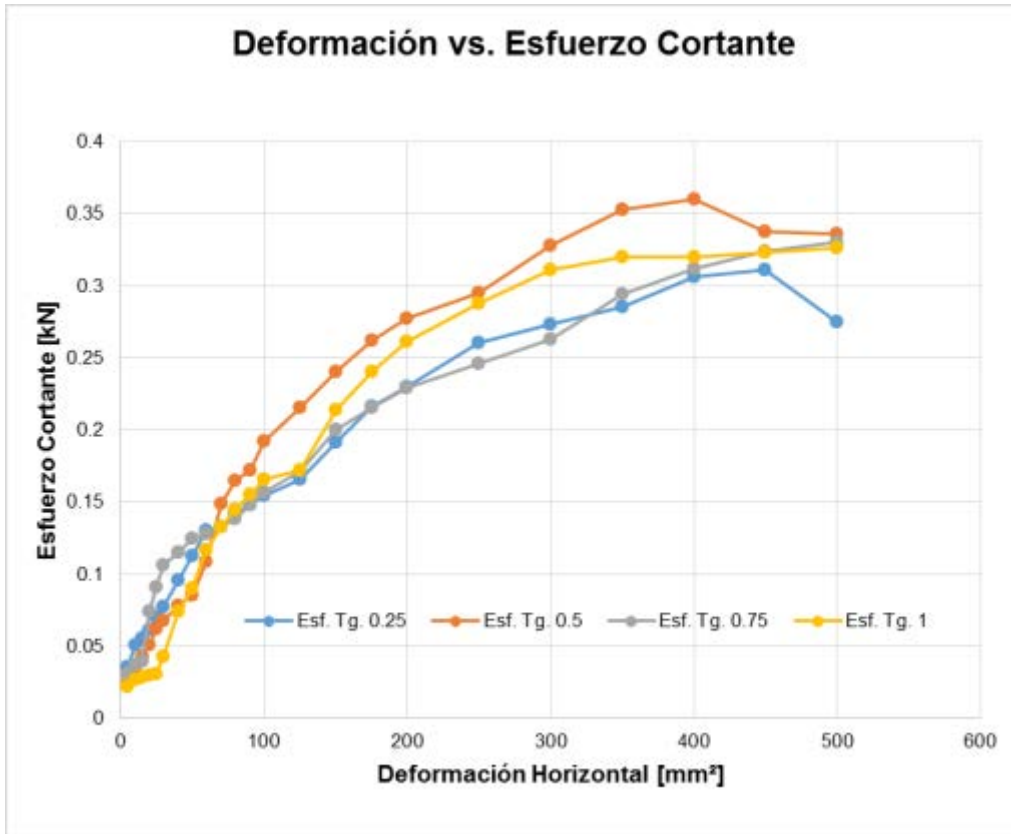




## Muestra LE-06

<b>Área (cm<sup>2</sup>)</b>	43.59	43.59	43.59	
<b>Esf. Normal (kg/cm<sup>2</sup>)</b>	0.25	0.5	0.75	1

<b>Deformación Horizontal (mmx10<sup>-2</sup>)</b>	<b>Fuerza Tangencial 1  (KN)</b>	<b>Fuerza Tangencial 2  (KN)</b>	<b>Fuerza Tangencial 3  (KN)</b>	<b>Fuerza Tangencial 4  (KN)</b>	<b>Esfuerzo Cortante 1  (Kg/cm<sup>2</sup>)</b>	<b>Esfuerzo Cortante 2  (Kg/cm<sup>2</sup>)</b>	<b>Esfuerzo Cortante 3  (Kg/cm<sup>2</sup>)</b>	<b>Esfuerzo Cortante 4  (Kg/cm<sup>2</sup>)</b>
5	0.036	0.024	0.031	0.022	0.084	0.056	0.073	0.052
10	0.051	0.034	0.037	0.027	0.119	0.080	0.087	0.063
15	0.056	0.043	0.04	0.028	0.131	0.101	0.094	0.066
20	0.061	0.051	0.074	0.03	0.143	0.119	0.173	0.070
25	0.07	0.062	0.091	0.031	0.164	0.145	0.213	0.073
30	0.077	0.068	0.106	0.043	0.180	0.159	0.248	0.101
40	0.096	0.078	0.115	0.074	0.225	0.183	0.269	0.173
50	0.113	0.085	0.125	0.09	0.265	0.199	0.293	0.211
60	0.13	0.109	0.128	0.117	0.304	0.255	0.300	0.274
70	0.133	0.149	0.133	0.133	0.311	0.349	0.311	0.311
80	0.142	0.165	0.138	0.145	0.332	0.386	0.323	0.339
90	0.148	0.172	0.148	0.155	0.346	0.403	0.346	0.363
100	0.154	0.192	0.157	0.166	0.361	0.449	0.368	0.389
125	0.166	0.215	0.171	0.172	0.389	0.503	0.400	0.403
150	0.191	0.24	0.2	0.214	0.447	0.562	0.468	0.501
175	0.216	0.262	0.215	0.24	0.506	0.613	0.503	0.562
200	0.23	0.277	0.229	0.261	0.538	0.648	0.536	0.611
250	0.26	0.295	0.246	0.288	0.609	0.691	0.576	0.674
300	0.273	0.328	0.263	0.311	0.639	0.768	0.616	0.728
350	0.285	0.353	0.294	0.32	0.667	0.826	0.688	0.749
400	0.306	0.36	0.312	0.32	0.716	0.843	0.730	0.749
450	0.311	0.337	0.324	0.323	0.728	0.789	0.758	0.756
500	0.275	0.336	0.33	0.326	0.644	0.787	0.773	0.763



**8.5. ANEXO V. Cálculos De Granulometría Por Hidrómetro y  
Ensayo de Densidad de Sólidos**

**Muestra LE-01**



# ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

## LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYOS DE MATERIALES

### GRANULOMETRÍA COMPLETA DE SUELOS

INF. No. 16-0918

Quito, 15 de noviembre de 2016

Hoja 1 de 4

**SOLICITA:** SOPHIA CARRERA AGUILAR ; FELIPE CARLOSAMA MOREJON

**Atención:** Sophia Carrera Aguilar ; Felipe Carlosama Morejon

**Dirección:** \*\*\*\*

**CONTRATISTA:** \*\*\*\*

**PROYECTO:** TESIS DE GRADO: ANÁLISIS DEL PELIGRO POR FENÓMENOS DE REMOCIÓN EN MASA EN LOS TALUDES DE UN TRAMO DE LA QUEBRADA SHANSHAYACU, ZONA QUITUMBE. DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO

**FISCALIZADOR:** \*\*\*\*

**MUESTRA:** CIUDADELA DEL EJÉRCITO - 01

**FECHA DE MUESTREO:** \*\*\*\*

**NORMA:** ASTM D422-63

Peso Inicial	115.00 gr	D <sub>10</sub>	0.0048 mm	C <sub>u</sub>	25.37
W%	0%	D <sub>30</sub>	0.0211 mm	C <sub>c</sub>	0.78
		D <sub>60</sub>	0.1206 mm		

TAMIZ No.	ABERTURA TAMIZ(mm)	PESO RETENIDO	% PESO RETENIDO	% PESO ACUMULADO	% PESO QUE PASA
No. 20	0.850	5.83	5.07	5.07	94.93
No. 40	0.425	11.19	9.73	14.80	85.20
No. 60	0.250	11.65	10.13	24.93	75.07
No. 100	0.150	11.83	10.29	35.22	64.78
No. 200	0.075	14.03	12.20	47.42	52.58
BANDEJA		60.47	52.58	100.00	0.00
SUMA		115.00			

HIDRÓMETRO No.=	H152	-
TEMPERATURA =	19	°C
CORRECCIÓN POR MENISCO C <sub>m</sub> =	0.9	-
CORRECCIÓN POR DEFLOCULANTE C <sub>d</sub> =	5.3	-
CORRECCIÓN POR TEMPERATURA mT =	-0.20	-
PESO DE SÓLIDOS SECO W <sub>s</sub> =	115.00	g
DENSIDAD DE SÓLIDOS G <sub>s</sub> =	2.45	g/cm <sup>3</sup>
CORRECCIÓN POR G <sub>s</sub> (a) =	1.052	-
FACTOR K =	0.01472	-
VISCOSIDAD DINÁMICA DEL AGUA ' =	0.000010764	g*s/cm <sup>2</sup>
DENSIDAD DEL AGUA S <sub>w</sub> =	0.99871	g/cm <sup>3</sup>

  
ING. MERCEDES VILLACIS  
JEFE DE LABORATORIO





# ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

## LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYOS DE MATERIALES

### GRANULOMETRÍA COMPLETA DE SUELOS

INF. No. 16-0918

Quito, 15 de noviembre de 2016

Hoja 2 de 4

**SOLICITA:** SOPHIA CARRERA AGUILAR ; FELIPE CARLOSAMA MOREJON

**Atención:** Sophia Carrera Aguilar ; Felipe Carlosama Morejon

**Dirección:** \*\*\*\*

**CONTRATISTA:** \*\*\*\*

**PROYECTO:** TESIS DE GRADO: ANÁLISIS DEL PELIGRO POR FENÓMENOS DE REMOCIÓN EN MASA EN LOS TALUDES DE UN TRAMO DE LA QUEBRADA SHANSHAYACU, ZONA QUITUMBE, DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO

**FISCALIZADOR:** \*\*\*\*

**MUESTRA:** CIUDADELA DEL EJÉRCITO - 01

**FECHA DE MUESTREO:** \*\*\*\*

**NORMA:** ASTM D422-63

GRANULOMETRÍA HIDRÓMETRO					
TIEMPO (min)	LECTURA R'H	RH	L (cm)	D (mm)	% QUE PASA
0.5	57.5	52.90	7.62	0.057	48.37
1	50.5	45.90	8.81	0.044	41.97
1.5	46.9	42.25	9.35	0.037	38.63
2	44.1	39.50	9.80	0.033	36.12
5	38.0	33.40	10.82	0.022	30.54
10	32.0	27.40	11.82	0.016	25.05
15	29.1	24.50	12.30	0.013	22.40
20	27.0	22.40	12.62	0.012	20.48
30	23.4	18.80	13.22	0.010	17.19
60	19.1	14.50	13.90	0.007	13.26
90	17.0	12.40	14.26	0.006	11.34
120	16.0	11.40	14.42	0.005	10.42
180	14.8	10.20	14.66	0.004	9.33
1440	10.9	6.30	15.27	0.002	5.76

  
ING. MERCEDES VILLACIS  
JEFE DE LABORATORIO





GRANULOMETRÍA COMPLETA DE SUELOS

INF. No. 16-0918

Quito, 15 de noviembre de 2016

Hoja 3 de 4

SOLICITA: SOPHIA CARRERA AGUILAR ; FELIPE CARLOSAMA MOREJON

Atención: Sophia Carrera Aguilar ; Felipe Carlosama Morejon

Dirección: \*\*\*\*

CONTRATISTA: \*\*\*\*

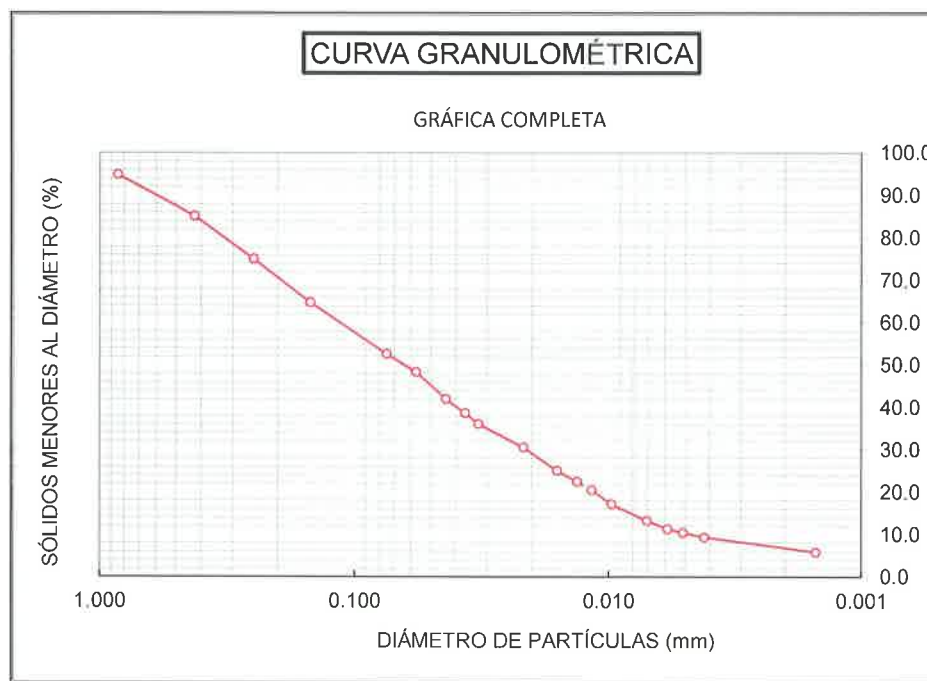
PROYECTO: TESIS DE GRADO: ANÁLISIS DEL PELIGRO POR FENÓMENOS DE REMOCIÓN EN MASA EN LOS TALUDES DE UN TRAMO DE LA QUEBRADA SHANSHAYACU, ZONA QUITUMBE, DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO

FISCALIZADOR: \*\*\*\*

MUESTRA: CIUDELA DEL EJÉRCITO - 01

FECHA DE MUESTREO: \*\*\*\*

NORMA: ASTM D422-63



ING. MERCEDES VILLACIS  
JEFE DE LABORATORIO







### DENSIDAD DE SÓLIDOS

INF. No. 16-0918

Quito, 15 de noviembre de 2016

Hoja 4 de 4

**SOLICITA:** SOPHIA CARRERA AGUILAR ; FELIPE CARLOSAMA MOREJON

**Atención:** Sophia Carrera Aguilar ; Felipe Carlosama Morejon

**Dirección:** \*\*\*\*

**CONTRATISTA:** \*\*\*\*

**PROYECTO:** TESIS DE GRADO: ANÁLISIS DEL PELIGRO POR FENÓMENOS DE REMOCIÓN EN MASA EN LOS TALUDES DE UN TRAMO DE LA QUEBRADA SHANSHAYACU, ZONA QUITUMBE, DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO

**FISCALIZADOR:** \*\*\*\*

**MUESTRA:** CIUADELA DEL EJÉRCITO - 01

**FECHA DE MUESTREO:** \*\*\*\*

**NORMA:** ASTM D422-63

DATOS DEL ENSAYO		
Prueba No.	1	
Matraz No.	2	
Volumen matraz a 20°C	500.00	ml
Método remoción del aire	Vacío	
Temperatura de ensayo:	19.00	°C
Peso matraz + agua:	621.40	gr.
Peso suelo seco:	97.78	gr.
Peso matraz + agua + suelo:	679.20	gr.
Gs T°C:	2.446	gr/cm <sup>3</sup>
$a = g_{T°C} / g_{20°C}$	1.0002	
Gs 20°C:	2.446	gr/cm <sup>3</sup>
$K = g_{4°C} / g_{T°C}$	0.9984	
Gs 4°C:	2.450	gr/cm <sup>3</sup>
<b>Gs 20°C promedio:</b>	<b>2.446</b>	<b>gr/cm<sup>3</sup></b>
<b>Gs 4°C promedio:</b>	<b>2.450</b>	<b>gr/cm<sup>3</sup></b>

ING. MERCEDES VILLACIS  
JEFE DE LABORATORIO



**Muestra LE-02**



# ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

## LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYOS DE MATERIALES

### GRANULOMETRÍA COMPLETA DE SUELOS

INF. No. 16-0919

Quito, 15 de noviembre de 2016

Hoja 1 de 4

**SOLICITA:** SOPHIA CARRERA AGUILAR ; FELIPE CARLOSAMA MOREJON

**Atención:** Sophia Carrera Aguilar ; Felipe Carlosama Morejon

**Dirección:** \*\*\*\*

**CONTRATISTA:** \*\*\*\*

**PROYECTO:** TESIS DE GRADO: ANÁLISIS DEL PELIGRO POR FENÓMENOS DE REMOCIÓN EN MASA EN LOS TALUDES DE UN TRAMO DE LA QUEBRADA SHANSHAYACU, ZONA QUITUMBE, DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO

**FISCALIZADOR:** \*\*\*\*

**MUESTRA:** CIUDADELA DEL EJÉRCITO - 02

**FECHA DE MUESTREO:** \*\*\*\*

**NORMA:** ASTM D422-63

Peso Inicial	115.00 gr	D <sub>10</sub>	0.0011 mm	C <sub>U</sub>	120.23
W%	0%	D <sub>30</sub>	0.0054 mm	C <sub>C</sub>	0.22
		D <sub>60</sub>	0.1265 mm		

TAMIZ No.	ABERTURA TAMIZ(mm)	PESO RETENIDO	% PESO RETENIDO	% PESO ACUMULADO	% PESO QUE PASA
No. 20	0.850	8.94	7.77	7.77	92.23
No. 40	0.425	13.75	11.96	19.73	80.27
No. 60	0.250	10.30	8.96	28.69	71.31
No. 100	0.150	9.16	7.97	36.65	63.35
No. 200	0.075	12.28	10.68	47.33	52.67
BANDEJA		60.57	52.67	100.00	0.00
SUMA		115.00			

HIDRÓMETRO No.=	H152	-
TEMPERATURA =	19	°C
CORRECCIÓN POR MENISCO C <sub>m</sub> =	0.9	-
CORRECCIÓN POR DEFLOCULANTE C <sub>d</sub> =	5.3	-
CORRECCIÓN POR TEMPERATURA mT =	-0.20	-
PESO DE SÓLIDOS SECO W <sub>s</sub> =	115.00	g
DENSIDAD DE SÓLIDOS G <sub>s</sub> =	2.56	g/cm <sup>3</sup>
CORRECCIÓN POR G <sub>s</sub> (a) =	1.018	-
FACTOR K =	0.00330	-
VISCOSIDAD DINÁMICA DEL AGUA =	0.000010764	g*s/cm <sup>2</sup>
DENSIDAD DEL AGUA S <sub>w</sub> =	0.99871	g/cm <sup>3</sup>

ING. MERCEDES VILLACIS  
JEFE DE LABORATORIO





# ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

## LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYOS DE MATERIALES

### GRANULOMETRÍA COMPLETA DE SUELOS

INF. No. 16-0919

Quito, 15 de noviembre de 2016

Hoja 2 de 4

**SOLICITA:** SOPHIA CARRERA AGUILAR ; FELIPE CARLOSAMA MOREJON

**Atención:** Sophia Carrera Aguilar ; Felipe Carlosama Morejon

**Dirección:** \*\*\*\*

**CONTRATISTA:** \*\*\*\*

**PROYECTO:** TESIS DE GRADO: ANÁLISIS DEL PELIGRO POR FENÓMENOS DE REMOCIÓN EN MASA EN LOS TALUDES DE UN TRAMO DE LA QUEBRADA SHANSHAYACU, ZONA QUITUMBE, DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO

**FISCALIZADOR:** \*\*\*\*

**MUESTRA:** CIUDADELA DEL EJÉRCITO - 02

**FECHA DE MUESTREO:** \*\*\*\*

**NORMA:** ASTM D422-63

GRANULOMETRÍA HIDRÓMETRO					
TIEMPO (min)	LECTURA R'H	RH	L (cm)	D (mm)	% QUE PASA
0.5	50.1	45.50	6.00	0.011	40.26
1	48.3	43.73	9.13	0.010	38.70
1.5	46.9	42.30	9.34	0.008	37.43
2	44.1	39.47	9.81	0.007	34.92
5	37.0	32.40	11.02	0.005	28.67
10	31.1	26.50	11.95	0.004	23.45
15	28.0	23.40	12.46	0.003	20.71
20	26.2	21.60	12.78	0.003	19.11
30	23.8	19.20	13.16	0.002	16.99
60	19.9	15.30	13.77	0.002	13.54
90	17.0	12.40	14.26	0.001	10.97
120	16.6	12.00	14.30	0.001	10.62
180	15.0	10.40	14.62	0.001	9.20
1440	10.9	6.30	15.27	0.000	5.57

ING. MERCEDES VILLACIS  
JEFE DE LABORATORIO





GRANULOMETRÍA COMPLETA DE SUELOS

INF. No. 16-0919

Quito, 15 de noviembre de 2016

Hoja 3 de 4

SOLICITA: SOPHIA CARRERA AGUILAR ; FELIPE CARLOSAMA MOREJON

Atención: Sophia Carrera Aguilar ; Felipe Carlosama Morejon

Dirección: \*\*\*\*

CONTRATISTA: \*\*\*\*

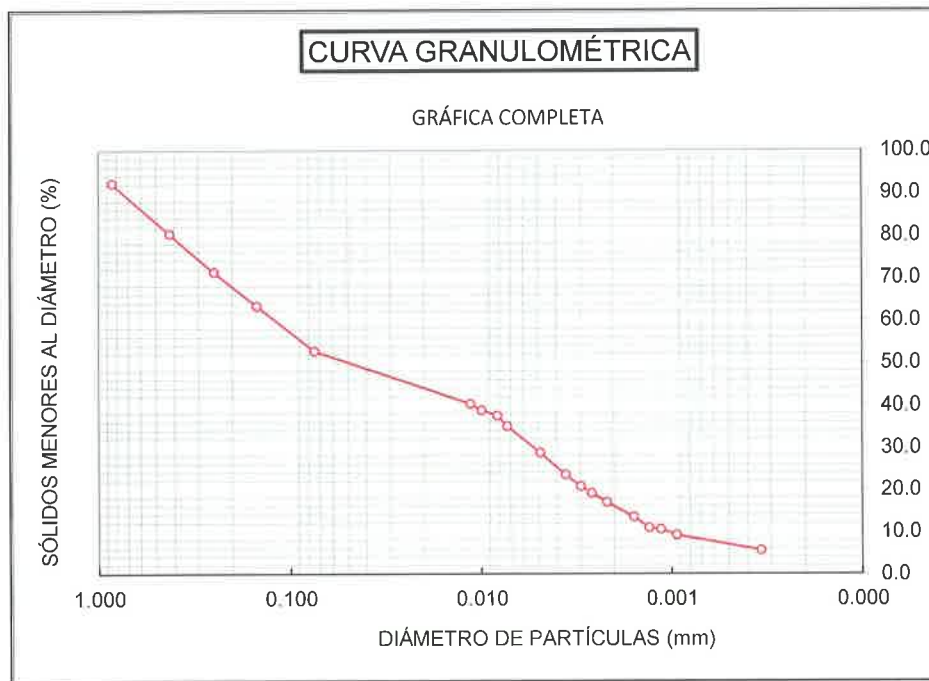
PROYECTO: TESIS DE GRADO: ANÁLISIS DEL PELIGRO POR FENÓMENOS DE REMOCIÓN EN MASA EN LOS TALUDES DE UN TRAMO DE LA QUEBRADA SHANSHAYACU, ZONA QUITUMBE, DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO

FISCALIZADOR: \*\*\*\*

MUESTRA: CIUDADELA DEL EJÉRCITO - 02

FECHA DE MUESTREO: \*\*\*\*

NORMA: ASTM D422-63



ING. MERCEDES VILLACIS  
JEFE DE LABORATORIO





### DENSIDAD DE SÓLIDOS

INF. No. 16-0919

Quito, 15 de noviembre de 2016

Hoja 4 de 4

**SOLICITA:** SOPHIA CARRERA AGUILAR ; FELIPE CARLOSAMA MOREJON

**Atención:** Sophia Carrera Aguilar ; Felipe Carlosama Morejon

**Dirección:** \*\*\*\*

**CONTRATISTA:** \*\*\*\*

**PROYECTO:** TESIS DE GRADO: ANÁLISIS DEL PELIGRO POR FENÓMENOS DE REMOCIÓN EN MASA EN LOS TALUDES DE UN TRAMO DE LA QUEBRADA SHANSHAYACU, ZONA QUITUMBE, DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO

**FISCALIZADOR:** \*\*\*\*

**MUESTRA:** CIUADELA DEL EJÉRCITO - 02

**FECHA DE MUESTREO:** \*\*\*\*

**NORMA:** ASTM D422-63

DATOS DEL ENSAYO		
Prueba No.	1	
Matraz No.	2	
Volumen matraz a 20°C	500.00	ml
Método remoción del aire	Vacío	
Temperatura de ensayo:	19.00	°C
Peso matraz + agua:	621.40	gr.
Peso suelo seco:	97.61	gr.
Peso matraz + agua + suelo:	680.90	gr.
Gs T°C:	2.561	gr/cm <sup>3</sup>
$a = g_{T°C} / g_{20°C}$	1.0002	
Gs 20°C:	2.562	gr/cm <sup>3</sup>
$K = g_{4°C} / g_{T°C}$	0.9984	
Gs 4°C:	2.566	gr/cm <sup>3</sup>
<b>Gs 20°C promedio:</b>	<b>2.562</b>	<b>gr/cm<sup>3</sup></b>
<b>Gs 4°C promedio:</b>	<b>2.566</b>	<b>gr/cm<sup>3</sup></b>

ING. MERCEDES VILLACIS  
JEFE DE LABORATORIO



**Muestra LE-03**





# ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

## LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYOS DE MATERIALES

### GRANULOMETRÍA COMPLETA DE SUELOS

INF. No. 16-0917

Quito, 15 de noviembre de 2016

Hoja 1 de 4

**SOLICITA:** SOPHIA CARRERA AGUILAR ; FELIPE CARLOSAMA MOREJON

**Atención:** Sophia Carrera Aguilar ; Felipe Carlosama Morejon

**Dirección:** \*\*\*\*

**CONTRATISTA:** \*\*\*\*

**PROYECTO:** TESIS DE GRADO: ANÁLISIS DEL PELIGRO POR FENÓMENOS DE REMOCIÓN EN MASA EN LOS TALUDES DE UN TRAMO DE LA QUEBRADA SHANSHAYACU, ZONA QUITUMBE, DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO

**FISCALIZADOR:** \*\*\*\*

**MUESTRA:** CIUDADELA DEL EJÉRCITO - 03

**FECHA DE MUESTREO:** \*\*\*\*

**NORMA:** ASTM D422-63

Peso Inicial	115.00 gr	D <sub>10</sub>	0.0052 mm	C <sub>u</sub>	12.31
W%	0%	D <sub>30</sub>	0.0181 mm	C <sub>c</sub>	0.99
		D <sub>60</sub>	0.0639 mm		

TAMIZ No.	ABERTURA TAMIZ(mm)	PESO RETENIDO	% PESO RETENIDO	% PESO ACUMULADO	% PESO QUE PASA
No. 20	0.850	2.89	2.51	2.51	97.49
No. 40	0.425	7.03	6.11	8.63	91.37
No. 60	0.250	7.43	6.46	15.09	84.91
No. 100	0.150	9.50	8.26	23.35	76.65
No. 200	0.075	13.86	12.05	35.40	64.60
BANDEJA		74.29	64.60	100.00	0.00
SUMA		115.00			

HIDRÓMETRO No.=	H152	-
TEMPERATURA =	19	°C
CORRECCIÓN POR MENISCO C <sub>m</sub> =	0.9	-
CORRECCIÓN POR DEFLOCULANTE C <sub>d</sub> =	5.3	-
CORRECCIÓN POR TEMPERATURA mT =	-0.20	-
PESO DE SÓLIDOS SECO W <sub>s</sub> =	115.00	g
DENSIDAD DE SÓLIDOS G <sub>s</sub> =	2.39	g/cm <sup>3</sup>
CORRECCIÓN POR G <sub>s</sub> (a) =	1.076	-
FACTOR K =	0.01436	-
VISCOSIDAD DINÁMICA DEL AGUA ' =	0.00010764	g*s/cm <sup>2</sup>
DENSIDAD DEL AGUA S <sub>w</sub> =	0.99871	g/cm <sup>3</sup>

  
 ING. MERCEDES VILLACIS  
 JEFE DE LABORATORIO





# ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

## LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYOS DE MATERIALES

### GRANULOMETRÍA COMPLETA DE SUELOS

INF. No. 16-0917

Quito, 15 de noviembre de 2016

Hoja 2 de 4

**SOLICITA:** SOPHIA CARRERA AGUILAR ; FELIPE CARLOSAMA MOREJON

**Atención:** Sophia Carrera Aguilar ; Felipe Carlosama Morejon

**Dirección:** \*\*\*\*

**CONTRATISTA:** \*\*\*\*

**PROYECTO:** TESIS DE GRADO: ANÁLISIS DEL PELIGRO POR FENÓMENOS DE REMOCIÓN EN MASA EN LOS TALUDES DE UN TRAMO DE LA QUEBRADA SHANSHAYACU, ZONA QUITUMBE, DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO

**FISCALIZADOR:** \*\*\*\*

**MUESTRA:** CIUADAELA DEL EJÉRCITO - 03

**FECHA DE MUESTREO:** \*\*\*\*

**NORMA:** ASTM D422-63

GRANULOMETRÍA HIDRÓMETRO					
TIEMPO (min)	LECTURA R'H	RH	L (cm)	D (mm)	% QUE PASA
0.5	62.5	57.90	6.00	0.050	54.17
1	52.1	47.53	8.49	0.042	44.47
1.5	48.4	43.83	9.12	0.035	41.01
2	45.7	41.07	9.59	0.031	38.42
5	40.2	35.60	10.48	0.021	33.30
10	33.2	28.60	11.58	0.015	26.76
15	29.3	24.70	12.26	0.013	23.11
20	26.0	21.40	12.82	0.011	20.02
30	22.5	17.90	13.32	0.010	16.75
60	18.1	13.50	14.10	0.007	12.63
90	16.2	11.60	14.38	0.006	10.85
120	15.0	10.40	14.62	0.005	9.73
180	13.4	8.80	14.84	0.004	8.23
1440	10.2	5.60	15.38	0.001	5.24

  
ING. MERCEDES VILLACIS  
JEFE DE LABORATORIO





# ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

## LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYOS DE MATERIALES

### GRANULOMETRÍA COMPLETA DE SUELOS

INF. No. 16-0917

Quito, 15 de noviembre de 2016

Hoja 3 de 4

**SOLICITA:** SOPHIA CARRERA AGUILAR ; FELIPE CARLOSAMA MOREJON

**Atención:** Sophia Carrera Aguilar ; Felipe Carlosama Morejon

**Dirección:** \*\*\*\*

**CONTRATISTA:** \*\*\*\*

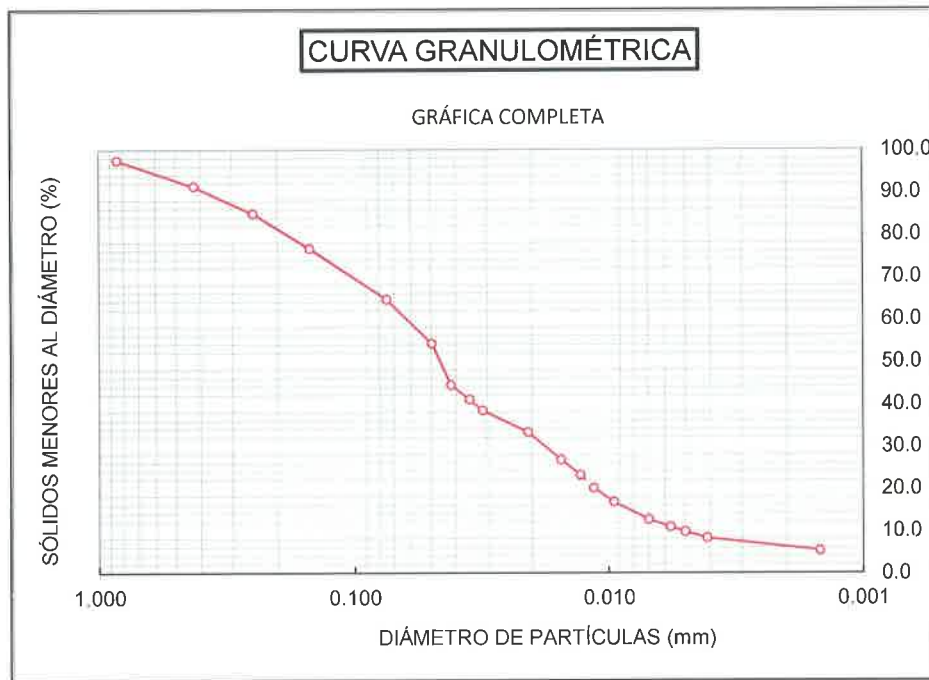
**PROYECTO:** TESIS DE GRADO: ANÁLISIS DEL PELIGRO POR FENÓMENOS DE REMOCIÓN EN MASA EN LOS TALUDES DE UN TRAMO DE LA QUEBRADA SHANSHAYACU, ZONA QUITUMBE, DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO

**FISCALIZADOR:** \*\*\*\*

**MUESTRA:** CIUDADELA DEL EJÉRCITO - 03

**FECHA DE MUESTREO:** \*\*\*\*

**NORMA:** ASTM D422-63



ING. MERCEDES VILLACIS  
JEFE DE LABORATORIO





**DENSIDAD DE SÓLIDOS**

INF. No. 16-0917

Quito, 15 de noviembre de 2016

Hoja 4 de 4

**SOLICITA:** SOPHIA CARRERA AGUILAR ; FELIPE CARLOSAMA MOREJON

**Atención:** Sophia Carrera Aguilar ; Felipe Carlosama Morejon

**Dirección:** \*\*\*\*

**CONTRATISTA:** \*\*\*\*

**PROYECTO:** TESIS DE GRADO: ANÁLISIS DEL PELIGRO POR FENÓMENOS DE REMOCIÓN EN MASA EN LOS TALUDES DE UN TRAMO DE LA QUEBRADA SHANSHAYACU, ZONA QUITUMBE, DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO

**FISCALIZADOR:** \*\*\*\*

**MUESTRA:** CIUADAELA DEL EJÉRCITO - 03

**FECHA DE MUESTREO:** \*\*\*\*

**NORMA:** ASTM D422-63

<b>DATOS DEL ENSAYO</b>		
Prueba No.	1	
Matraz No.	2	
Volumen matraz a 20°C	500.00	ml
Método remoción del aire	Vacío	
Temperatura de ensayo:	19.00	°C
Peso matraz + agua:	621.40	gr.
Peso suelo seco:	93.30	gr.
Peso matraz + agua + suelo:	675.60	gr.
Gs <sub>T°C</sub> :	2.386	gr/cm <sup>3</sup>
$a = g_{T°C} / g_{20°C}$	1.0002	
Gs <sub>20°C</sub> :	2.387	gr/cm <sup>3</sup>
$K = g_{4°C} / g_{T°C}$	0.9984	
Gs <sub>4°C</sub> :	2.390	gr/cm <sup>3</sup>
<b>Gs <sub>20°C</sub> promedio:</b>	<b>2.387</b>	<b>gr/cm<sup>3</sup></b>
<b>Gs <sub>4°C</sub> promedio:</b>	<b>2.390</b>	<b>gr/cm<sup>3</sup></b>

ING. MERCEDES VILLACIS  
JEFE DE LABORATORIO



**Muestra LE-04**



# ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

## LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYOS DE MATERIALES

### GRANULOMETRÍA COMPLETA DE SUELOS

INF. No. 16-0921

Quito, 15 de noviembre de 2016

Hoja 1 de 4

**SOLICITA:** SOPHIA CARRERA AGUILAR ; FELIPE CARLOSAMA MOREJON

**Atención:** Sophia Carrera Aguilar ; Felipe Carlosama Morejon

**Dirección:** \*\*\*\*

**CONTRATISTA:** \*\*\*\*

**PROYECTO:** TESIS DE GRADO: ANÁLISIS DEL PELIGRO POR FENÓMENOS DE REMOCIÓN EN MASA EN LOS TALUDES DE UN TRAMO DE LA QUEBRADA SHANSHAYACU, ZONA QUITUMBE, DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO

**FISCALIZADOR:** \*\*\*\*

**MUESTRA:** CIUDADELA DEL EJÉRCITO - 04

**FECHA DE MUESTREO:** \*\*\*\*

**NORMA:** ASTM D422-63

Peso Inicial	115.00 gr	D <sub>10</sub>	0.0056 mm	C <sub>u</sub>	22.32
W%	0%	D <sub>30</sub>	0.0290 mm	C <sub>c</sub>	1.21
		D <sub>60</sub>	0.1246 mm		
TAMIZ No.	ABERTURA TAMIZ(mm)	PESO RETENIDO	% PESO RETENIDO	% PESO ACUMULADO	% PESO QUE PASA
No. 20	0.850	8.28	7.20	7.20	92.80
No. 40	0.425	14.58	12.68	19.88	80.12
No. 60	0.250	11.16	9.70	29.58	70.42
No. 100	0.150	8.45	7.35	36.93	63.07
No. 200	0.075	10.44	9.08	46.01	53.99
BANDEJA		62.09	53.99	100.00	0.00
	SUMA	115.00			

HIDRÓMETRO No.=	H152	-
TEMPERATURA =	19	°C
CORRECCIÓN POR MENISCO C <sub>m</sub> =	0.9	-
CORRECCIÓN POR DEFLOCULANTE C <sub>d</sub> =	5.3	-
CORRECCIÓN POR TEMPERATURA mT =	-0.20	-
PESO DE SÓLIDOS SECO W <sub>s</sub> =	115.00	g
DENSIDAD DE SÓLIDOS G <sub>s</sub> =	2.54	g/cm <sup>3</sup>
CORRECCIÓN POR G <sub>s</sub> (a) =	1.021	-
FACTOR K =	0.01241	-
VISCOSIDAD DINÁMICA DEL AGUA ' =	0.000010764	g*s/cm <sup>2</sup>
DENSIDAD DEL AGUA S <sub>w</sub> =	0.99871	g/cm <sup>3</sup>

  
 ING. MERCEDES VILLACIS  
 JEFE DE LABORATORIO







# ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

## LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYOS DE MATERIALES

### GRANULOMETRÍA COMPLETA DE SUELOS

INF. No. 16-0921

Quito, 15 de noviembre de 2016

Hoja 2 de 4

**SOLICITA:** SOPHIA CARRERA AGUILAR ; FELIPE CARLOSAMA MOREJON

**Atención:** Sophia Carrera Aguilar ; Felipe Carlosama Morejon

**Dirección:** \*\*\*\*

**CONTRATISTA:** \*\*\*\*

**PROYECTO:** TESIS DE GRADO: ANÁLISIS DEL PELIGRO POR FENÓMENOS DE REMOCIÓN EN MASA EN LOS TALUDES DE UN TRAMO DE LA QUEBRADA SHANSHAYACU, ZONA QUITUMBE, DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO


**FISCALIZADOR:** \*\*\*\*

**MUESTRA:** CIUDELA DEL EJÉRCITO - 04

**FECHA DE MUESTREO:** \*\*\*\*

**NORMA:** ASTM D422-63

GRANULOMETRÍA HIDRÓMETRO					
TIEMPO (min)	LECTURA R'H	RH	L (cm)	D (mm)	% QUE PASA
0.5	51.8	47.15	6.00	0.043	41.87
1	44.8	40.20	9.68	0.039	35.70
1.5	41.0	36.35	10.33	0.033	32.28
2	38.3	33.65	10.77	0.029	29.88
5	31.2	26.60	11.94	0.019	23.62
10	27.0	22.40	12.62	0.014	19.89
15	24.0	19.40	13.12	0.012	17.23
20	22.9	18.30	13.27	0.010	16.25
30	20.2	15.60	13.74	0.008	13.85
60	16.4	11.80	14.34	0.006	10.48
90	15.2	10.60	14.58	0.005	9.41
120	14.3	9.70	14.73	0.004	8.61
180	12.9	8.30	14.94	0.004	7.37
1440	9.5	4.90	15.51	0.001	4.35

  
ING. MERCEDES VILLACIS  
JEFE DE LABORATORIO







# ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

## LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYOS DE MATERIALES

### GRANULOMETRÍA COMPLETA DE SUELOS

INF. No. 16-0921

Quito, 15 de noviembre de 2016

Hoja 3 de 4

**SOLICITA:** SOPHIA CARRERA AGUILAR ; FELIPE CARLOSAMA MOREJON

**Atención:** Sophia Carrera Aguilar ; Felipe Carlosama Morejon

**Dirección:** \*\*\*\*

**CONTRATISTA:** \*\*\*\*

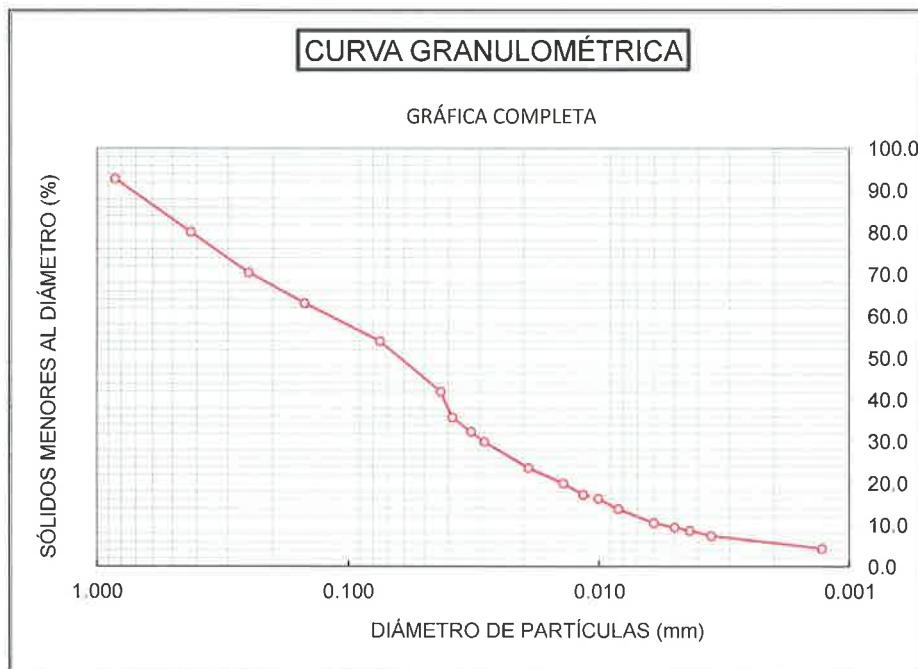
**PROYECTO:** TESIS DE GRADO: ANÁLISIS DEL PELIGRO POR FENÓMENOS DE REMOCIÓN EN MASA EN LOS TALUDES DE UN TRAMO DE LA QUEBRADA SHANSHAYACU, ZONA QUITUMBE, DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO

**FISCALIZADOR:** \*\*\*\*

**MUESTRA:** CIUDADELA DEL EJÉRCITO - 04

**FECHA DE MUESTREO:** \*\*\*\*

**NORMA:** ASTM D422-63



ING. MERCEDES VILLACIS  
JEFE DE LABORATORIO





**DENSIDAD DE SÓLIDOS**

INF. No. 16-0921

Quito, 15 de noviembre de 2016

Hoja 4 de 4

**SOLICITA:** SOPHIA CARRERA AGUILAR ; FELIPE CARLOSAMA MOREJON

**Atención:** Sophia Carrera Aguilar ; Felipe Carlosama Morejon

**Dirección:** \*\*\*\*

**CONTRATISTA:** \*\*\*\*

**PROYECTO:** TESIS DE GRADO: ANÁLISIS DEL PELIGRO POR FENÓMENOS DE REMOCIÓN EN MASA EN LOS TALUDES DE UN TRAMO DE LA QUEBRADA SHANSHAYACU, ZONA QUITUMBE, DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO

**FISCALIZADOR:** \*\*\*\*

**MUESTRA:** CIUDADELA DEL EJÉRCITO - 04

**FECHA DE MUESTREO:** \*\*\*\*

**NORMA:** ASTM D422-63

<b>DATOS DEL ENSAYO</b>		
Prueba No.	1	
Matraz No.	2	
Volumen matraz a 20°C	500.00	ml
Método remoción del aire	Vacío	
Temperatura de ensayo:	19.00	°C
Peso matraz + agua:	621.40	gr.
Peso suelo seco:	90.15	gr.
Peso matraz + agua + suelo:	676.10	gr.
Gs <sub>T°C</sub> :	2.543	gr/cm <sup>3</sup>
a = g <sub>T°C</sub> / g <sub>20°C</sub>	1.0002	
Gs <sub>20°C</sub> :	2.544	gr/cm <sup>3</sup>
K = g <sub>4°C</sub> / g <sub>T°C</sub>	0.9984	
Gs <sub>4°C</sub> :	2.548	gr/cm <sup>3</sup>
<b>Gs <sub>20°C</sub> promedio:</b>	<b>2.544</b>	<b>gr/cm<sup>3</sup></b>
<b>Gs <sub>4°C</sub> promedio:</b>	<b>2.548</b>	<b>gr/cm<sup>3</sup></b>



ING. MERCEDES VILLACIS  
JEFE DE LABORATORIO



**Muestra LE-05**



# ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

## LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYOS DE MATERIALES

### GRANULOMETRÍA COMPLETA DE SUELOS

INF. No. 16-0920

Quito, 15 de noviembre de 2016

Hoja 1 de 4

**SOLICITA:** SOPHIA CARRERA AGUILAR : FELIPE CARLOSAMA MOREJON

**Atención:** Sophia Carrera Aguilar ; Felipe Carlosama Morejon

**Dirección:** \*\*\*\*

**CONTRATISTA:** \*\*\*\*

**PROYECTO:** TESIS DE GRADO: ANÁLISIS DEL PELIGRO POR FENÓMENOS DE REMOCIÓN EN MASA EN LOS TALUDES DE UN TRAMO DE LA QUEBRADA SHANSHAYACU, ZONA QUITUMBE, DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO

**FISCALIZADOR:** \*\*\*\*

**MUESTRA:** CIUDADELA DEL EJÉRCITO - 05

**FECHA DE MUESTREO:** \*\*\*\*

**NORMA:** ASTM D422-63

Peso Inicial	115.00 gr	D <sub>10</sub>	0.0031 mm	C <sub>U</sub>	17.90
W%	0%	D <sub>30</sub>	0.0319 mm	C <sub>C</sub>	5.76
		D <sub>60</sub>	0.0563 mm		

TAMIZ No.	ABERTURA TAMIZ(mm)	PESO RETENIDO	% PESO RETENIDO	% PESO ACUMULADO	% PESO QUE PASA
No. 20	0.850	0.22	0.19	0.19	99.81
No. 40	0.425	0.40	0.35	0.54	99.46
No. 60	0.250	0.86	0.75	1.29	98.71
No. 100	0.150	1.50	1.30	2.59	97.41
No. 200	0.075	4.62	4.02	6.61	93.39
BANDEJA		107.40	93.39	100.00	0.00
	SUMA	115.00			

HIDRÓMETRO No.=	H152	-
TEMPERATURA =	19	°C
CORRECCIÓN POR MENISCO C <sub>m</sub> =	0.9	-
CORRECCIÓN POR DEFLOCULANTE C <sub>d</sub> =	5.3	-
CORRECCIÓN POR TEMPERATURA mT =	-0.20	-
PESO DE SÓLIDOS SECO W <sub>s</sub> =	115.00	g
DENSIDAD DE SÓLIDOS G <sub>s</sub> =	2.12	g/cm <sup>3</sup>
CORRECCIÓN POR G <sub>s</sub> (a) =	1.184	-
FACTOR K =	0.01277	-
VISCOSIDAD DINÁMICA DEL AGUA $\eta$ =	0.000010764	g*s/cm <sup>2</sup>
DENSIDAD DEL AGUA S <sub>w</sub> =	0.99871	g/cm <sup>3</sup>

  
 ING. MERCEDES VILLACIS  
 JEFE DE LABORATORIO





# ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

## LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYOS DE MATERIALES

### GRANULOMETRÍA COMPLETA DE SUELOS

INF. No. 16-0920

Quito, 15 de noviembre de 2016

Hoja 2 de 4

**SOLICITA:** SOPHIA CARRERA AGUILAR ; FELIPE CARLOSAMA MOREJON

**Atención:** Sophia Carrera Aguilar ; Felipe Carlosama Morejon

**Dirección:** \*\*\*\*

**CONTRATISTA:** \*\*\*\*

**PROYECTO:** TESIS DE GRADO: ANÁLISIS DEL PELIGRO POR FENÓMENOS DE REMOCIÓN EN MASA EN LOS TALUDES DE UN TRAMO DE LA QUEBRADA SHANSHAYACU, ZONA QUITUMBE, DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO

**FISCALIZADOR:** \*\*\*\*

**MUESTRA:** CIUDADELA DEL EJÉRCITO - 05

**FECHA DE MUESTREO:** \*\*\*\*

**NORMA:** ASTM D422-63

GRANULOMETRÍA HIDRÓMETRO					
TIEMPO (min)	LECTURA R'H	RH	L (cm)	D (mm)	% QUE PASA
0.5	42.0	37.40	6.00	0.044	38.50
1	38.0	33.40	10.82	0.042	34.38
1.5	35.0	30.40	11.32	0.035	31.29
2	33.3	28.65	11.57	0.031	29.49
5	29.0	24.40	12.32	0.020	25.12
10	26.0	21.40	12.82	0.014	22.03
15	24.0	19.40	13.12	0.012	19.97
20	23.3	18.70	13.23	0.010	19.25
30	21.8	17.20	13.46	0.009	17.71
60	19.4	14.80	13.84	0.006	15.23
90	18.0	13.40	14.12	0.005	13.79
120	16.9	12.30	14.27	0.004	12.66
180	15.2	10.60	14.58	0.004	10.91
1440	11.0	6.40	15.26	0.001	6.59

  
ING. MERCEDES VILLACIS  
JEFE DE LABORATORIO





**GRANULOMETRÍA COMPLETA DE SUELOS**

INF. No. 16-0920

Quito, 15 de noviembre de 2016

Hoja 3 de 4

**SOLICITA:** SOPHIA CARRERA AGUILAR ; FELIPE CARLOSAMA MOREJON

**Atención:** Sophia Carrera Aguilar ; Felipe Carlosama Morejon

**Dirección:** \*\*\*\*

**CONTRATISTA:** \*\*\*\*

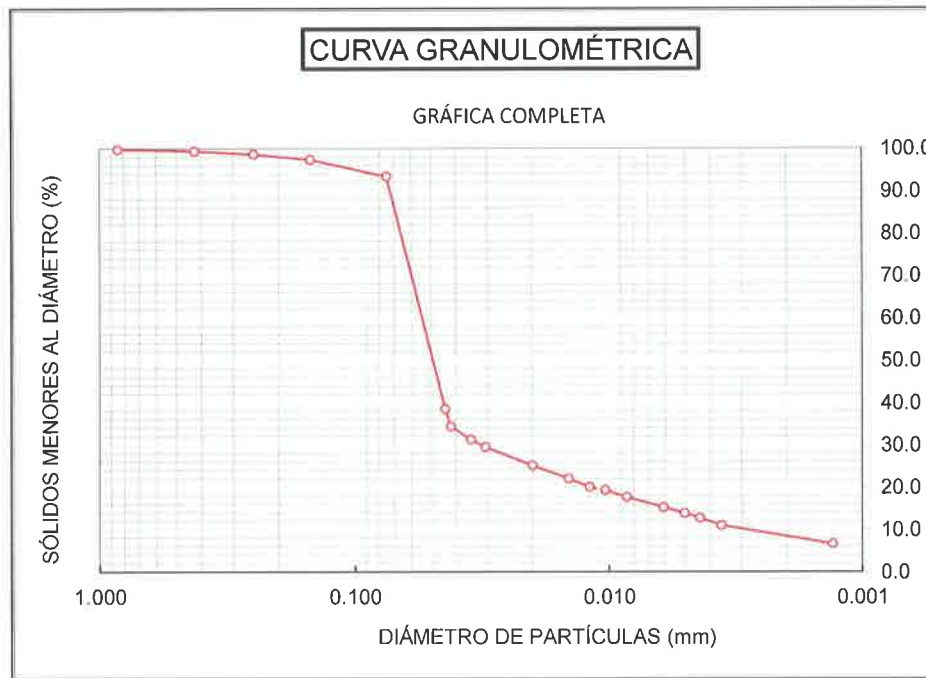
**PROYECTO:** TESIS DE GRADO: ANÁLISIS DEL PELIGRO POR FENÓMENOS DE REMOCIÓN EN MASA EN LOS TALUDES DE UN TRAMO DE LA QUEBRADA SHANSHAYACU, ZONA QUITUMBE, DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO

**FISCALIZADOR:** \*\*\*\*

**MUESTRA:** CIUDADELA DEL EJÉRCITO - 05

**FECHA DE MUESTREO:** \*\*\*\*

**NORMA:** ASTM D422-63



ING. MERCEDES VILLACIS  
JEFE DE LABORATORIO







### DENSIDAD DE SÓLIDOS

INF. No. 16-0920

Quito, 15 de noviembre de 2016

Hoja 4 de 4

**SOLICITA:** SOPHIA CARRERA AGUILAR ; FELIPE CARLOSAMA MOREJON

**Atención:** Sophia Carrera Aguilar ; Felipe Carlosama Morejon

**Dirección:** \*\*\*\*

**CONTRATISTA:** \*\*\*\*

**PROYECTO:** TESIS DE GRADO: ANÁLISIS DEL PELIGRO POR FENÓMENOS DE REMOCIÓN EN MASA EN LOS TALUDES DE UN TRAMO DE LA QUEBRADA SHANSHAYACU, ZONA QUITUMBE, DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO

**FISCALIZADOR:** \*\*\*\*

**MUESTRA:** CIUADELA DEL EJÉRCITO - 05

**FECHA DE MUESTREO:** \*\*\*\*

**NORMA:** ASTM D422-63

DATOS DEL ENSAYO		
Prueba No.	1	
Matraz No.	2	
Volumen matraz a 20°C	500.00	ml
Método remoción del aire	Vacio	
Temperatura de ensayo:	19.00	°C
Peso matraz + agua:	621.40	gr.
Peso suelo seco:	92.68	gr.
Peso matraz + agua + suelo:	670.40	gr.
Gs T°C:	2.122	gr/cm <sup>3</sup>
$a = g_{T°C} / g_{20°C}$	1.0002	
Gs 20°C:	2.122	gr/cm <sup>3</sup>
$K = g_{4°C} / g_{T°C}$	0.9984	
Gs 4°C :	2.126	gr/cm <sup>3</sup>
<b>Gs 20°C promedio:</b>	<b>2.122</b>	<b>gr/cm<sup>3</sup></b>
<b>Gs 4°C promedio:</b>	<b>2.126</b>	<b>gr/cm<sup>3</sup></b>

  
ING. MERCEDES VILLACIS  
JEFE DE LABORATORIO





**Muestra LE-06**



# ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

## LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYOS DE MATERIALES

### GRANULOMETRÍA COMPLETA DE SUELOS

INF. No. 16-0922

Quito, 15 de noviembre de 2016

Hoja 1 de 4

**SOLICITA:** SOPHIA CARRERA AGUILAR ; FELIPE CARLOSAMA MOREJON

**Atención:** Sophia Carrera Aguilar ; Felipe Carlosama Morejon

**Dirección:** \*\*\*\*

**CONTRATISTA:** \*\*\*\*

**PROYECTO:** TESIS DE GRADO: ANÁLISIS DEL PELIGRO POR FENÓMENOS DE REMOCIÓN EN MASA EN LOS TALUDES DE UN TRAMO DE LA QUEBRADA SHANSHAYACU, ZONA QUITUMBE, DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO

**FISCALIZADOR:** \*\*\*\*

**MUESTRA:** CIUDADELA DEL EJÉRCITO - 06

**FECHA DE MUESTREO:** \*\*\*\*

**NORMA:** ASTM D422-63

Peso Inicial	65.00 gr	$D_{10}$	0.0042 mm	$C_u$	8.70
W%	0%	$D_{30}$	0.0098 mm	$C_c$	0.63
		$D_{60}$	0.0364 mm		

TAMIZ No.	ABERTURA TAMIZ(mm)	PESO RETENIDO	% PESO RETENIDO	% PESO ACUMULADO	% PESO QUE PASA
No. 20	0.850	1.84	2.83	2.83	97.17
No. 40	0.425	1.06	1.63	4.46	95.54
No. 60	0.250	0.85	1.31	5.77	94.23
No. 100	0.150	0.81	1.25	7.02	92.98
No. 200	0.075	0.97	1.49	8.51	91.49
BANDEJA		59.47	91.49	100.00	0.00
	SUMA	65.00			

HIDRÓMETRO No.=	H152	-
TEMPERATURA =	19	°C
CORRECCIÓN POR MENISCO $C_m$ =	0.9	-
CORRECCIÓN POR DEFLOCULANTE $C_d$ =	5.3	-
CORRECCIÓN POR TEMPERATURA $mT$ =	-0.20	-
PESO DE SÓLIDOS SECO $W_s$ =	65.00	g
DENSIDAD DE SÓLIDOS $G_s$ =	1.78	g/cm <sup>3</sup>
CORRECCIÓN POR $G_s$ (a) =	1.323	-
FACTOR K =	0.01071	-
VISCOSIDAD DINÁMICA DEL AGUA $\nu$ =	0.000010764	g*s/cm <sup>2</sup>
DENSIDAD DEL AGUA $S_w$ =	0.99871	g/cm <sup>3</sup>

  
ING. MERCEDES VILLACIS  
JEFE DE LABORATORIO





# ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

## LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYOS DE MATERIALES

### GRANULOMETRÍA COMPLETA DE SUELOS

INF. No. 16-0922

Quito, 15 de noviembre de 2016

Hoja 2 de 4

**SOLICITA:** SOPHIA CARRERA AGUILAR ; FELIPE CARLOSAMA MOREJON

**Atención:** Sophia Carrera Aguilar ; Felipe Carlosama Morejon

**Dirección:** \*\*\*\*

**CONTRATISTA:** \*\*\*\*

**PROYECTO:** TESIS DE GRADO: ANÁLISIS DEL PELIGRO POR FENÓMENOS DE REMOCIÓN EN MASA EN LOS TALUDES DE UN TRAMO DE LA QUEBRADA SHANSHAYACU, ZONA QUITUMBE, DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO

**FISCALIZADOR:** \*\*\*\*

**MUESTRA:** CIUDADELA DEL EJÉRCITO - 06

**FECHA DE MUESTREO:** \*\*\*\*

**NORMA:** ASTM D422-63

GRANULOMETRÍA HIDRÓMETRO					
TIEMPO (min)	LECTURA R'H	RH	L (cm)	D (mm)	% QUE PASA
0.5	40.0	35.40	10.52	0.049	72.07
1	34.0	29.40	11.46	0.036	59.86
1.5	32.0	27.40	11.82	0.030	55.78
2	31.0	26.40	11.96	0.026	53.75
5	27.5	22.90	12.52	0.017	46.62
10	23.8	19.20	13.16	0.012	39.09
15	20.9	16.30	13.64	0.010	33.19
20	16.8	12.20	14.28	0.009	24.84
30	11.0	6.40	15.26	0.008	13.03
60	9.9	5.30	15.44	0.005	10.79
90	9.6	5.00	15.50	0.004	10.18
120	9.4	4.80	15.52	0.004	9.77
180	8.9	4.30	15.57	0.003	8.75
1440	8.9	4.30	15.57	0.001	8.75

ING. MERCEDES VILLACIS  
JEFE DE LABORATORIO





**GRANULOMETRÍA COMPLETA DE SUELOS**

INF. No. 16-0922

Quito, 15 de noviembre de 2016

Hoja 3 de 4

**SOLICITA:** SOPHIA CARRERA AGUILAR ; FELIPE CARLOSAMA MOREJON

**Atención:** Sophia Carrera Aguilar ; Felipe Carlosama Morejon

**Dirección:** \*\*\*\*

**CONTRATISTA:** \*\*\*\*

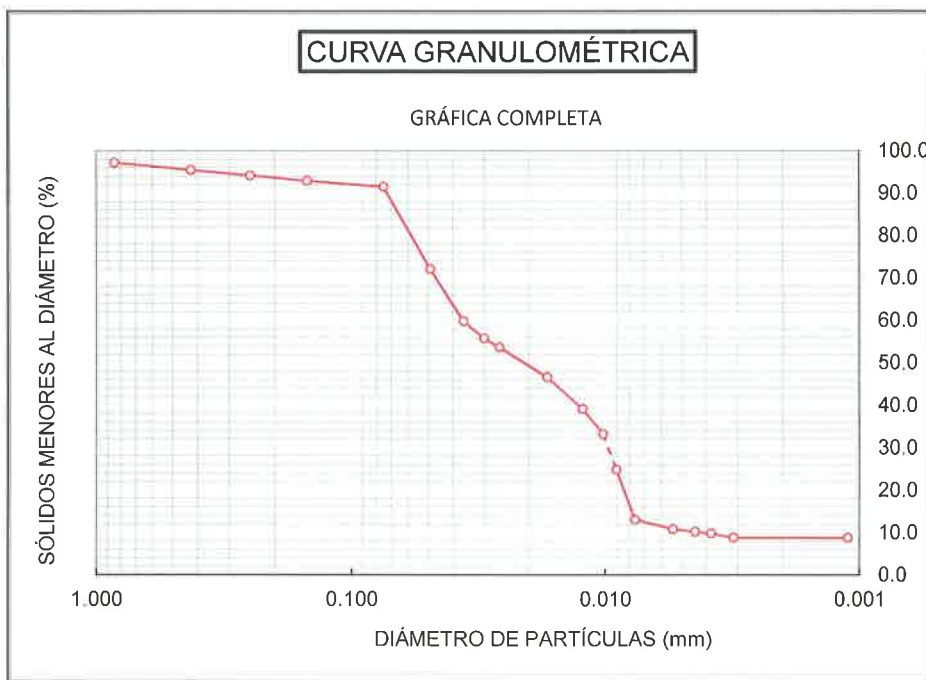
**PROYECTO:** TESIS DE GRADO: ANÁLISIS DEL PELIGRO POR FENÓMENOS DE REMOCIÓN EN MASA EN LOS TALUDES DE UN TRAMO DE LA QUEBRADA SHANSHAYACU, ZONA QUITUMBE, DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO

**FISCALIZADOR:** \*\*\*\*

**MUESTRA:** CIUDADELA DEL EJÉRCITO - 06

**FECHA DE MUESTREO:** \*\*\*\*

**NORMA:** ASTM D422-63



ING. MERCEDES VILLACIS  
JEFE DE LABORATORIO





## DENSIDAD DE SÓLIDOS

INF. No. 16-0922

Quito, 15 de noviembre de 2016

Hoja 4 de 4

**SOLICITA:** SOPHIA CARRERA AGUILAR ; FELIPE CARLOSAMA MOREJON

**Atención:** Sophia Carrera Aguilar ; Felipe Carlosama Morejon

**Dirección:** \*\*\*\*

**CONTRATISTA:** \*\*\*\*

**PROYECTO:** TESIS DE GRADO: ANÁLISIS DEL PELIGRO POR FENÓMENOS DE REMOCIÓN EN MASA EN LOS TALUDES DE UN TRAMO DE LA QUEBRADA SHANSHAYACU, ZONA QUITUMBE, DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO

**FISCALIZADOR:** \*\*\*\*

**MUESTRA:** CIUDADELA DEL EJÉRCITO - 06

**FECHA DE MUESTREO:** \*\*\*\*

**NORMA:** ASTM D422-63

DATOS DEL ENSAYO		
Prueba No.	1	
Matraz No.	2	
Volumen matraz a 20°C	500.00	ml
Método remoción del aire	Vacío	
Temperatura de ensayo:	19.00	°C
Peso matraz + agua:	621.40	gr.
Peso suelo seco:	30.58	gr.
Peso matraz + agua + suelo:	634.80	gr.
G <sub>s</sub> T°C:	1.780	gr/cm <sup>3</sup>
$a = g_{T°C} / g_{20°C}$	1.0002	
G <sub>s</sub> 20°C:	1.780	gr/cm <sup>3</sup>
$K = g_{4°C} / g_{T°C}$	0.9984	
G <sub>s</sub> 4°C:	1.783	gr/cm <sup>3</sup>
<b>G<sub>s</sub> 20°C promedio:</b>	<b>1.780</b>	<b>gr/cm<sup>3</sup></b>
<b>G<sub>s</sub> 4°C promedio:</b>	<b>1.783</b>	<b>gr/cm<sup>3</sup></b>

ING. MERCEDES VILLACIS  
JEFE DE LABORATORIO



**Muestra LE-07**



# ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

## LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYOS DE MATERIALES

### GRANULOMETRÍA COMPLETA DE SUELOS

INF. No. 16-0915

Quito, 15 de noviembre de 2016

Hoja 1 de 4

**SOLICITA:** SOPHIA CARRERA AGUILAR ; FELIPE CARLOSAMA MOREJON

**Atención:** Sophia Carrera Aguilar ; Felipe Carlosama Morejon

**Dirección:** \*\*\*\*

**CONTRATISTA:** \*\*\*\*

**PROYECTO:** TESIS DE GRADO: ANÁLISIS DEL PELIGRO POR FENÓMENOS DE REMOCIÓN EN MASA EN LOS TALUDES DE UN TRAMO DE LA QUEBRADA SHANSHAYACU, ZONA QUITUMBE, DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO

**FISCALIZADOR:** \*\*\*\*

**MUESTRA:** CIUDADELA DEL EJÉRCITO - 07

**FECHA DE MUESTREO:** \*\*\*\*

**NORMA:** ASTM D422-63

Peso Inicial	115.00 gr	D <sub>10</sub>	0.0033 mm	C <sub>U</sub>	37.47
W%	0%	D <sub>30</sub>	0.0195 mm	C <sub>c</sub>	0.93
		D <sub>60</sub>	0.1234 mm		

TAMIZ No.	ABERTURA TAMIZ(mm)	PESO RETENIDO	% PESO RETENIDO	% PESO ACUMULADO	% PESO QUE PASA
No. 20	0.850	10.51	9.14	9.14	90.86
No. 40	0.425	13.78	11.98	21.12	78.88
No. 60	0.250	9.07	7.89	29.01	70.99
No. 100	0.150	8.24	7.17	36.17	63.83
No. 200	0.075	12.41	10.79	46.97	53.03
BANDEJA		60.99	53.03	100.00	0.00
	SUMA	115.00			

HIDRÓMETRO No.=	H152	-
TEMPERATURA =	19	°C
CORRECCIÓN POR MENISCO C <sub>m</sub> =	0.9	-
CORRECCIÓN POR DEFLOCULANTE C <sub>d</sub> =	5.3	-
CORRECCIÓN POR TEMPERATURA mT =	-0.20	-
PESO DE SÓLIDOS SECO W <sub>s</sub> =	115.00	g
DENSIDAD DE SÓLIDOS G <sub>s</sub> =	2.59	g/cm <sup>3</sup>
CORRECCIÓN POR G <sub>s</sub> (a) =	1.013	-
FACTOR K =	0.00999	-
VISCOSIDAD DINÁMICA DEL AGUA ' =	0.000010764	g*s/cm <sup>2</sup>
DENSIDAD DEL AGUA Sw =	0.99871	g/cm <sup>3</sup>

ING. MERCEDES VILLACIS  
JEFE DE LABORATORIO







# ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

## LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYOS DE MATERIALES

### GRANULOMETRÍA COMPLETA DE SUELOS

INF. No. 16-0915

Quito, 15 de noviembre de 2016

Hoja 2 de 4

**SOLICITA:** SOPHIA CARRERA AGUILAR ; FELIPE CARLOSAMA MOREJON

**Atención:** Sophia Carrera Aguilar ; Felipe Carlosama Morejon

**Dirección:** \*\*\*\*

**CONTRATISTA:** \*\*\*\*

**PROYECTO:** TESIS DE GRADO: ANÁLISIS DEL PELIGRO POR FENÓMENOS DE REMOCIÓN EN MASA EN LOS TALUDES DE UN TRAMO DE LA QUEBRADA SHANSHAYACU, ZONA QUITUMBE, DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO

**FISCALIZADOR:** \*\*\*\*

**MUESTRA:** CIUDADELA DEL EJÉRCITO - 07

**FECHA DE MUESTREO:** \*\*\*\*

**NORMA:** ASTM D422-63

GRANULOMETRÍA HIDRÓMETRO					
TIEMPO (min)	LECTURA R'H	RH	L (cm)	D (mm)	% QUE PASA
0.5	58.3	53.73	7.45	0.039	47.33
1	51.0	46.40	8.72	0.030	40.87
1.5	46.4	41.77	9.45	0.025	36.79
2	40.7	36.07	10.39	0.023	31.77
5	35.9	31.30	11.17	0.015	27.57
10	31.0	26.40	11.96	0.011	23.25
15	28.0	23.40	12.46	0.009	20.61
20	26.7	22.10	12.68	0.008	19.46
30	23.6	19.00	13.20	0.007	16.73
60	19.4	14.80	13.84	0.005	13.04
90	17.5	12.90	14.21	0.004	11.36
120	16.3	11.70	14.36	0.003	10.30
180	15.0	10.40	14.62	0.003	9.16
1440	11.7	7.10	15.18	0.001	6.25

  
ING. MERCEDES VILLACIS  
JEFE DE LABORATORIO





# ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

## LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYOS DE MATERIALES

### GRANULOMETRÍA COMPLETA DE SUELOS

INF. No. 16-0915

Quito, 15 de noviembre de 2016

Hoja 3 de 4

**SOLICITA:** SOPHIA CARRERA AGUILAR ; FELIPE CARLOSAMA MOREJON

**Atención:** Sophia Carrera Aguilar ; Felipe Carlosama Morejon

**Dirección:** \*\*\*\*

**CONTRATISTA:** \*\*\*\*

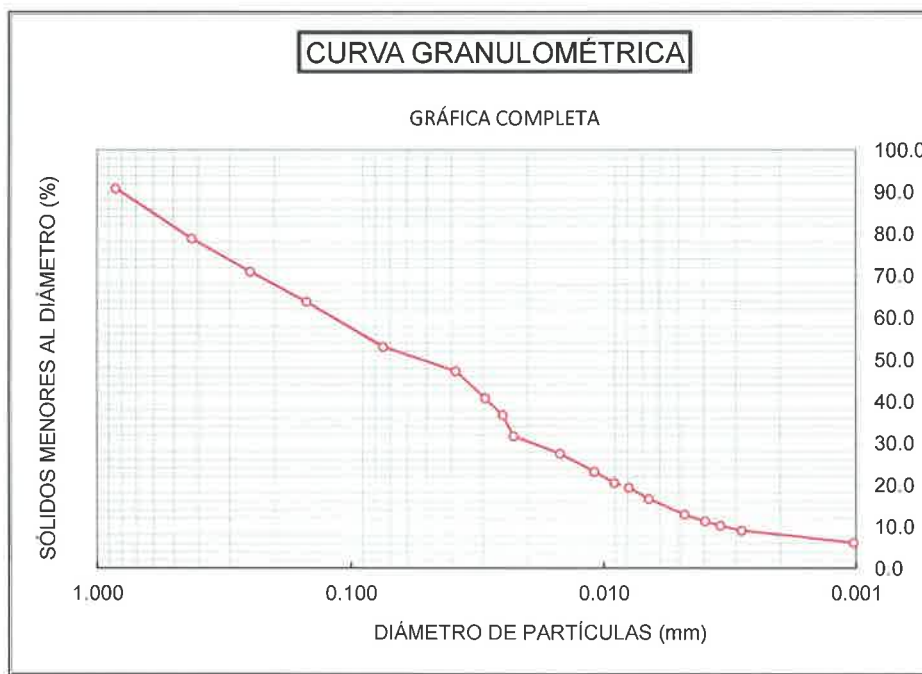
**PROYECTO:** TESIS DE GRADO: ANÁLISIS DEL PELIGRO POR FENÓMENOS DE REMOCIÓN EN MASA EN LOS TALUDES DE UN TRAMO DE LA QUEBRADA SHANSHAYACU, ZONA QUITUMBE, DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO

**FISCALIZADOR:** \*\*\*\*

**MUESTRA:** CIUDELA DEL EJÉRCITO - 07

**FECHA DE MUESTREO:** \*\*\*\*

**NORMA:** ASTM D422-63



ING. MERCEDES VILLACIS  
JEFE DE LABORATORIO





# ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

## LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYOS DE MATERIALES

### DENSIDAD DE SÓLIDOS

INF. No. 16-0915

Quito, 15 de noviembre de 2016

Hoja 4 de 4

**SOLICITA:** SOPHIA CARRERA AGUILAR ; FELIPE CARLOSAMA MOREJON

**Atención:** Sophia Carrera Aguilar ; Felipe Carlosama Morejon

**Dirección:** \*\*\*\*

**CONTRATISTA:** \*\*\*\*

**PROYECTO:** TESIS DE GRADO: ANÁLISIS DEL PELIGRO POR FENÓMENOS DE REMOCIÓN EN MASA EN LOS TALUDES DE UN TRAMO DE LA QUEBRADA SHANSHAYACU, ZONA QUITUMBE, DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO

**FISCALIZADOR:** \*\*\*\*

**MUESTRA:** CIUDADELA DEL EJÉRCITO - 07

**FECHA DE MUESTREO:** \*\*\*\*

**NORMA:** ASTM D422-63

DATOS DEL ENSAYO		
Prueba No.	1	
Matraz No.	2	
Volumen matraz a 20°C	500.00	ml
Método remoción del aire	Vacío	
Temperatura de ensayo:	19.00	°C
Peso matraz + agua:	621.40	gr.
Peso suelo seco:	99.32	gr.
Peso matraz + agua + suelo:	682.30	gr.
$G_s_{T^{\circ}C}$ :	2.585	gr/cm <sup>3</sup>
$a = g_{T^{\circ}C} / g_{20^{\circ}C}$	1.0002	
$G_s_{20^{\circ}C}$ :	2.586	gr/cm <sup>3</sup>
$K = g_{4^{\circ}C} / g_{T^{\circ}C}$	0.9984	
$G_s_{4^{\circ}C}$ :	2.590	gr/cm <sup>3</sup>
<b><math>G_s_{20^{\circ}C}</math> promedio:</b>	<b>2.586</b>	<b>gr/cm<sup>3</sup></b>
<b><math>G_s_{4^{\circ}C}</math> promedio:</b>	<b>2.590</b>	<b>gr/cm<sup>3</sup></b>

  
ING. MERCEDES VILLACIS  
JEFE DE LABORATORIO



**Muestra TR-01**



# ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

## LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYOS DE MATERIALES

### GRANULOMETRÍA COMPLETA DE SUELOS

INF. No. 16-0923

Quito, 15 de noviembre de 2016

Hoja 1 de 4

**SOLICITA:** SOPHIA CARRERA AGUILAR : FELIPE CARLOSAMA MOREJON

**Atención:** Sophia Carrera Aguilar : Felipe Carlosama Morejon

**Dirección:** \*\*\*\*

**CONTRATISTA:** \*\*\*\*

**PROYECTO:** TESIS DE GRADO: ANÁLISIS DEL PELIGRO POR FENÓMENOS DE REMOCIÓN EN MASA EN LOS TALUDES DE UN TRAMO DE LA QUEBRADA SHANSHAYACU, ZONA QUITUMBE, DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO

**FISCALIZADOR:** \*\*\*\*

**MUESTRA:** BARRIO TERRANOVA - 01


**FECHA DE MUESTREO:** \*\*\*\*

**NORMA:** ASTM D422-63

Peso Inicial	115.00 gr	D <sub>10</sub>	0.0015 mm	C <sub>u</sub>	97.03
W%	0%	D <sub>30</sub>	0.0079 mm	C <sub>c</sub>	0.28
		D <sub>60</sub>	0.1456 mm		

TAMIZ No.	ABERTURA TAMIZ(mm)	PESO RETENIDO	% PESO RETENIDO	% PESO ACUMULADO	% PESO QUE PASA
No. 20	0.850	5.17	4.50	4.50	95.50
No. 40	0.425	16.34	14.21	18.70	81.30
No. 60	0.250	13.61	11.83	30.54	69.46
No. 100	0.150	10.23	8.90	39.43	60.57
No. 200	0.075	11.10	9.65	49.09	50.91
BANDEJA		58.55	50.91	100.00	0.00
	SUMA	115.00			

HIDRÓMETRO No.=	H152	-
TEMPERATURA =	19	°C
CORRECCIÓN POR MENISCO C <sub>m</sub> =	0.9	-
CORRECCIÓN POR DEFLOCULANTE C <sub>d</sub> =	5.3	-
CORRECCIÓN POR TEMPERATURA m <sub>T</sub> =	-0.20	-
PESO DE SÓLIDOS SECO W <sub>s</sub> =	115.00	g
DENSIDAD DE SÓLIDOS G <sub>s</sub> =	2.57	g/cm <sup>3</sup>
CORRECCIÓN POR G <sub>s</sub> (a) =	1.016	-
FACTOR K =	0.00535	-
VISCOSIDAD DINÁMICA DEL AGUA ' =	0.000010764	g*s/cm <sup>2</sup>
DENSIDAD DEL AGUA Sw =	0.99871	g/cm <sup>3</sup>

  
 ING. MERCEDES VILLACIS  
 JEFE DE LABORATORIO





# ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

## LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYOS DE MATERIALES

### GRANULOMETRÍA COMPLETA DE SUELOS

INF. No. 16-0923

Quito, 15 de noviembre de 2016

Hoja 2 de 4

**SOLICITA:** SOPHIA CARRERA AGUILAR ; FELIPE CARLOSAMA MOREJON

**Atención:** Sophia Carrera Aguilar ; Felipe Carlosama Morejon

**Dirección:** \*\*\*\*

**CONTRATISTA:** \*\*\*\*

**PROYECTO:** TESIS DE GRADO: ANÁLISIS DEL PELIGRO POR FENÓMENOS DE REMOCIÓN EN MASA EN LOS TALUDES DE UN TRAMO DE LA QUEBRADA SHANSHAYACU, ZONA QUITUMBE, DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO

**FISCALIZADOR:** \*\*\*\*

**MUESTRA:** BARRIO TERRANOVA - 01

**FECHA DE MUESTREO:** \*\*\*\*

**NORMA:** ASTM D422-63

GRANULOMETRÍA HIDRÓMETRO					
TIEMPO (min)	LECTURA R'H	RH	L (cm)	D (mm)	% QUE PASA
0.5	52.0	47.40	6.00	0.019	41.88
1	50.7	46.05	8.79	0.016	40.69
1.5	47.8	43.15	9.19	0.013	38.13
2	45.4	40.75	9.63	0.012	36.01
5	38.5	33.90	10.72	0.008	29.96
10	33.0	28.40	11.62	0.006	25.10
15	30.1	25.50	12.10	0.005	22.53
20	28.2	23.60	12.44	0.004	20.85
30	25.9	21.30	12.84	0.003	18.82
60	21.6	17.00	13.50	0.003	15.02
90	19.5	14.90	13.82	0.002	13.17
120	17.5	12.90	14.21	0.002	11.40
180	16.0	11.40	14.42	0.002	10.07
1440	10.0	5.40	15.42	0.001	4.77

ING. MERCEDES VILLACIS  
JEFE DE LABORATORIO











### DENSIDAD DE SÓLIDOS

INF. No. 16-0923

Quito, 15 de noviembre de 2016

Hoja 4 de 4

**SOLICITA:** SOPHIA CARRERA AGUILAR ; FELIPE CARLOSAMA MOREJON

**Atención:** Sophia Carrera Aguilar ; Felipe Carlosama Morejon

**Dirección:** \*\*\*\*

**CONTRATISTA:** \*\*\*\*

**PROYECTO:** TESIS DE GRADO: ANÁLISIS DEL PELIGRO POR FENÓMENOS DE REMOCIÓN EN MASA EN LOS TALUDES DE UN TRAMO DE LA QUEBRADA SHANSHAYACU, ZONA QUITUMBE, DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO

**FISCALIZADOR:** \*\*\*\*

**MUESTRA:** BARRIO TERRANOVA - 01

**FECHA DE MUESTREO:** \*\*\*\*

**NORMA:** ASTM D422-63

DATOS DEL ENSAYO		
Prueba No.	1	
Matraz No.	2	
Volumen matraz a 20°C	500.00	ml
Método remoción del aire	Vacío	
Temperatura de ensayo:	19.00	°C
Peso matraz + agua:	621.40	gr.
Peso suelo seco:	93.83	gr.
Peso matraz + agua + suelo:	678.70	gr.
Gs T°C:	2.569	gr/cm <sup>3</sup>
a = g T°C / g 20 °C	1.0002	
Gs 20°C:	2.569	gr/cm <sup>3</sup>
K = g 4°C / g T°C	0.9984	
Gs 4°C:	2.573	gr/cm <sup>3</sup>
<b>Gs 20°C promedio:</b>	<b>2.569</b>	<b>gr/cm<sup>3</sup></b>
<b>Gs 4°C promedio:</b>	<b>2.573</b>	<b>gr/cm<sup>3</sup></b>

  
 ING. MERCEDES VILLACIS  
 JEFE DE LABORATORIO



**Muestra TR-02**



# ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

## LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYOS DE MATERIALES

### GRANULOMETRÍA COMPLETA DE SUELOS

INF. No. 16-0916

Quito, 15 de noviembre de 2016

Hoja 1 de 4

**SOLICITA:** SOPHIA CARRERA AGUILAR ; FELIPE CARLOSAMA MOREJON

**Atención:** Sophia Carrera Aguilar ; Felipe Carlosama Morejon

**Dirección:** \*\*\*\*

**CONTRATISTA:** \*\*\*\*

**PROYECTO:** TESIS DE GRADO: ANÁLISIS DEL PELIGRO POR FENÓMENOS DE REMOCIÓN EN MASA EN LOS TALUDES DE UN TRAMO DE LA QUEBRADA SHANSHAYACU, ZONA QUITUMBE, DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO

**FISCALIZADOR:** \*\*\*\*

**MUESTRA:** BARRIO TERRANOVA - 02

**FECHA DE MUESTREO:** \*\*\*\*

**NORMA:** ASTM D422-63

Peso Inicial	115.00 gr	D <sub>10</sub>	0.0014 mm	C <sub>U</sub>	69.66
W%	0%	D <sub>50</sub>	0.0047 mm	C <sub>C</sub>	0.17
		D <sub>60</sub>	0.0949 mm		

TAMIZ No.	ABERTURA TAMIZ(mm)	PESO RETENIDO	% PESO RETENIDO	% PESO ACUMULADO	% PESO QUE PASA
No. 20	0.850	8.29	7.21	7.21	92.79
No. 40	0.425	11.18	9.72	16.93	83.07
No. 60	0.250	9.01	7.83	24.77	75.23
No. 100	0.150	9.01	7.83	32.60	67.40
No. 200	0.075	11.59	10.08	42.68	57.32
BANDEJA		65.92	57.32	100.00	0.00
SUMA		115.00			

HIDRÓMETRO No.=	H152	-
TEMPERATURA =	19	°C
CORRECCIÓN POR MENISCO C <sub>m</sub> =	0.9	-
CORRECCIÓN POR DEFLOCULANTE C <sub>d</sub> =	5.3	-
CORRECCIÓN POR TEMPERATURA m <sub>T</sub> =	-0.20	-
PESO DE SÓLIDOS SECO W <sub>s</sub> =	115.00	g
DENSIDAD DE SÓLIDOS G <sub>s</sub> =	2.46	g/cm <sup>3</sup>
CORRECCIÓN POR G <sub>s</sub> (a) =	1.044	-
FACTOR K =	0.00408	-
VISCOSIDAD DINÁMICA DEL AGUA $\eta$ =	0.000010764	g*s/cm <sup>2</sup>
DENSIDAD DEL AGUA S <sub>w</sub> =	0.99871	g/cm <sup>3</sup>

  
 ING. MERCEDES VILLACIS  
 JEFE DE LABORATORIO





# ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

## LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYOS DE MATERIALES

### GRANULOMETRÍA COMPLETA DE SUELOS

INF. No. 16-0916

Quito, 15 de noviembre de 2016

Hoja 2 de 4

**SOLICITA:** SOPHIA CARRERA AGUILAR : FELIPE CARLOSAMA MOREJON

**Atención:** Sophia Carrera Aguilar ; Felipe Carlosama Morejon

**Dirección:** \*\*\*\*

**CONTRATISTA:** \*\*\*\*

**PROYECTO:** TESIS DE GRADO: ANÁLISIS DEL PELIGRO POR FENÓMENOS DE REMOCIÓN EN MASA EN LOS TALUDES DE UN TRAMO DE LA QUEBRADA SHANSHAYACU, ZONA QUITUMBE, DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO

**FISCALIZADOR:** \*\*\*\*

**MUESTRA:** BARRIO TERRANOVA - 02

**FECHA DE MUESTREO:** \*\*\*\*

**NORMA:** ASTM D422-63

GRANULOMETRÍA HIDRÓMETRO					
TIEMPO (min)	LECTURA R'H	RH	L (cm)	D (mm)	% QUE PASA
0.5	54.0	49.40	6.00	0.014	44.86
1	53.0	48.40	8.36	0.012	43.95
1.5	50.0	45.40	8.86	0.010	41.23
2	47.0	42.40	9.32	0.009	38.51
5	42.0	37.40	10.16	0.006	33.96
10	36.2	31.60	11.14	0.004	28.70
15	31.4	26.80	11.92	0.004	24.34
20	28.1	23.50	12.45	0.003	21.34
30	24.3	19.70	13.06	0.003	17.89
60	19.9	15.30	13.77	0.002	13.89
90	17.4	12.80	14.22	0.002	11.62
120	15.9	11.30	14.44	0.001	10.26
180	14.5	9.90	14.71	0.001	8.99
1440	9.9	5.30	15.44	0.000	4.81

ING. MERCEDES VILLACIS  
JEFE DE LABORATORIO





**GRANULOMETRÍA COMPLETA DE SUELOS**

INF. No. 16-0916

Quito, 15 de noviembre de 2016

Hoja 3 de 4

**SOLICITA:** SOPHIA CARRERA AGUILAR ; FELIPE CARLOSAMA MOREJON

**Atención:** Sophia Carrera Aguilar ; Felipe Carlosama Morejon

**Dirección:** \*\*\*\*

**CONTRATISTA:** \*\*\*\*

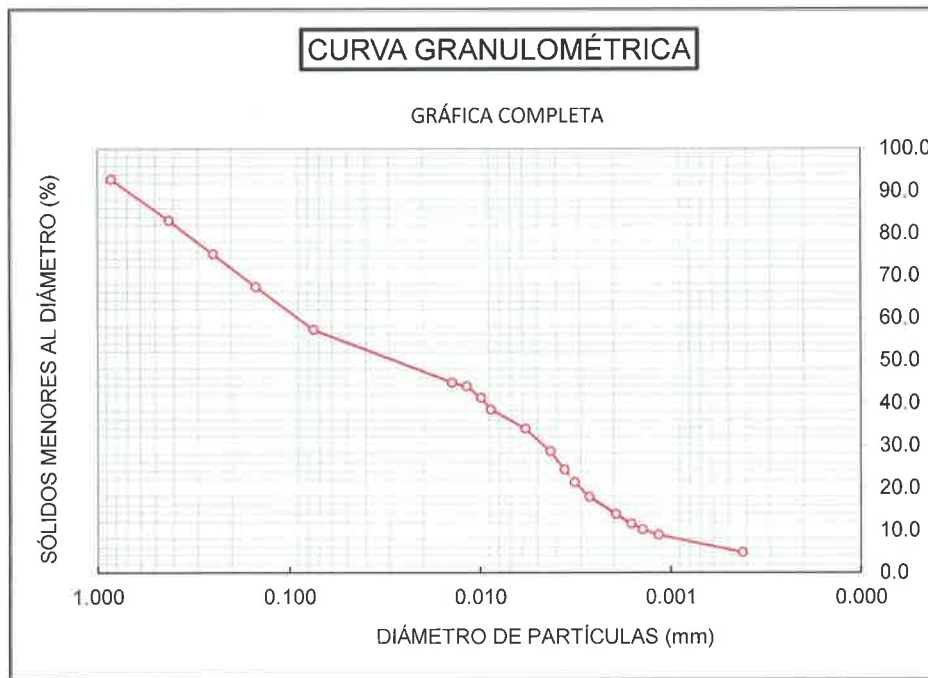
**PROYECTO:** TESIS DE GRADO: ANÁLISIS DEL PELIGRO POR FENÓMENOS DE REMOCIÓN EN MASA EN LOS TALUDES DE UN TRAMO DE LA QUEBRADA SHANSHAYACU, ZONA QUITUMBE, DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO

**FISCALIZADOR:** \*\*\*\*

**MUESTRA:** BARRIO TERRANOVA - 02

**FECHA DE MUESTREO:** \*\*\*\*

**NORMA:** ASTM D422-63



ING. MERCEDES VILLACIS  
JEFE DE LABORATORIO





## DENSIDAD DE SÓLIDOS

INF. No. 16-0916

Quito, 15 de noviembre de 2016

Hoja 4 de 4

**SOLICITA:** SOPHIA CARRERA AGUILAR ; FELIPE CARLOSAMA MOREJON

**Atención:** Sophia Carrera Aguilar ; Felipe Carlosama Morejon

**Dirección:** \*\*\*\*

**CONTRATISTA:** \*\*\*\*

**PROYECTO:** TESIS DE GRADO: ANÁLISIS DEL PELIGRO POR FENÓMENOS DE REMOCIÓN EN MASA EN LOS TALUDES DE UN TRAMO DE LA QUEBRADA SHANSHAYACU, ZONA QUITUMBE, DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO

**FISCALIZADOR:** \*\*\*\*

**MUESTRA:** BARRIO TERRANOVA - 02

**FECHA DE MUESTREO:** \*\*\*\*

**NORMA:** ASTM D422-63

DATOS DEL ENSAYO		
Prueba No.	1	
Matraz No.	2	
Volumen matraz a 20°C	500.00	ml
Método remoción del aire	Vacío	
Temperatura de ensayo:	19.00	°C
Peso matraz + agua:	621.40	gr.
Peso suelo seco:	98.47	gr.
Peso matraz + agua + suelo:	679.90	gr.
Gs T°C:	2.464	gr/cm <sup>3</sup>
$a = g_{T°C} / g_{20°C}$	1.0002	
Gs 20°C:	2.464	gr/cm <sup>3</sup>
$K = g_{4°C} / g_{T°C}$	0.9984	
Gs 4°C:	2.468	gr/cm <sup>3</sup>
<b>Gs 20°C promedio:</b>	<b>2.464</b>	<b>gr/cm<sup>3</sup></b>
<b>Gs 4°C promedio:</b>	<b>2.468</b>	<b>gr/cm<sup>3</sup></b>

  
ING. MERCEDES VILLACIS  
JEFE DE LABORATORIO



**Muestra TR-03**





# ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

## LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYOS DE MATERIALES

### GRANULOMETRÍA COMPLETA DE SUELOS

INF. No. 16-0924

Quito, 15 de noviembre de 2016

Hoja 1 de 4

**SOLICITA:** SOPHIA CARRERA AGUILAR ; FELIPE CARLOSAMA MOREJON

**Atención:** Sophia Carrera Aguilar ; Felipe Carlosama Morejon

**Dirección:** \*\*\*\*

**CONTRATISTA:** \*\*\*\*

**PROYECTO:** TESIS DE GRADO: ANÁLISIS DEL PELIGRO POR FENÓMENOS DE REMOCIÓN EN MASA EN LOS TALUDES DE UN TRAMO DE LA QUEBRADA SHANSHAYACU, ZONA QUITUMBE, DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO

**FISCALIZADOR:** \*\*\*\*

**MUESTRA:** BARRIO TERRANOVA - 03

**FECHA DE MUESTREO:** \*\*\*\*

**NORMA:** ASTM D422-63

Peso Inicial	115.00 gr	D <sub>10</sub>	0.0038 mm	C <sub>u</sub>	128.32
W%	0%	D <sub>30</sub>	0.0947 mm	C <sub>c</sub>	4.95
		D <sub>60</sub>	0.4823 mm		

TAMIZ No.	ABERTURA TAMIZ(mm)	PESO RETENIDO	% PESO RETENIDO	% PESO ACUMULADO	% PESO QUE PASA
No. 20	0.850	17.01	14.79	14.79	85.21
No. 40	0.425	33.51	29.14	43.93	56.07
No. 60	0.250	17.51	15.23	59.16	40.84
No. 100	0.150	8.34	7.25	66.41	33.59
No. 200	0.075	5.60	4.87	71.28	28.72
BANDEJA		33.03	28.72	100.00	0.00
	SUMA	115.00			

HIDRÓMETRO No.=	H152	-
TEMPERATURA =	19	°C
CORRECCIÓN POR MENISCO C <sub>m</sub> =	0.9	-
CORRECCIÓN POR DEFLOCULANTE C <sub>d</sub> =	5.3	-
CORRECCIÓN POR TEMPERATURA m <sub>T</sub> =	-0.20	-
PESO DE SÓLIDOS SECO W <sub>s</sub> =	115.00	g
DENSIDAD DE SÓLIDOS G <sub>s</sub> =	2.58	g/cm <sup>3</sup>
CORRECCIÓN POR G <sub>s</sub> (a) =	1.014	-
FACTOR K =	0.00876	-
VISCOSIDAD DINÁMICA DEL AGUA γ =	0.000010764	g*s/cm <sup>2</sup>
DENSIDAD DEL AGUA S <sub>w</sub> =	0.99871	g/cm <sup>3</sup>

  
 ING. MERCEDES VILLACIS  
 JEFE DE LABORATORIO





# ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

## LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYOS DE MATERIALES

### GRANULOMETRÍA COMPLETA DE SUELOS

INF. No. 16-0924

Quito, 15 de noviembre de 2016

Hoja 2 de 4

**SOLICITA:** SOPHIA CARRERA AGUILAR ; FELIPE CARLOSAMA MOREJON

**Atención:** Sophia Carrera Aguilar ; Felipe Carlosama Morejon

**Dirección:** \*\*\*\*

**CONTRATISTA:** \*\*\*\*

**PROYECTO:** TESIS DE GRADO: ANÁLISIS DEL PELIGRO POR FENÓMENOS DE REMOCIÓN EN MASA EN LOS TALUDES DE UN TRAMO DE LA QUEBRADA SHANSHAYACU, ZONA QUITUMBE. DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO

**FISCALIZADOR:** \*\*\*\*

**MUESTRA:** BARRIO TERRANOVA - 03

**FECHA DE MUESTREO:** \*\*\*\*

**NORMA:** ASTM D422-63

GRANULOMETRÍA HIDRÓMETRO					
TIEMPO (min)	LECTURA R'H	RH	L (cm)	D (mm)	% QUE PASA
0.5	33.0	28.40	6.00	0.030	25.04
1	32.3	27.65	11.77	0.030	24.37
1.5	30.8	26.15	11.99	0.025	23.05
2	29.6	25.00	12.20	0.022	22.04
5	26.4	21.80	12.74	0.014	19.22
10	23.5	18.90	13.21	0.010	16.66
15	21.2	16.60	13.58	0.008	14.63
20	20.5	15.90	13.71	0.007	14.02
30	19.0	14.40	13.92	0.006	12.69
60	16.9	12.30	14.27	0.004	10.84
90	15.5	10.90	14.52	0.004	9.61
120	14.7	10.10	14.68	0.003	8.90
180	13.2	8.60	14.88	0.003	7.58
1440	10.0	5.40	15.42	0.001	4.76

  
 ING. MERCEDES VILLACIS  
 JEFE DE LABORATORIO





GRANULOMETRÍA COMPLETA DE SUELOS

INF. No. 16-0924

Quito, 15 de noviembre de 2016

Hoja 3 de 4

SOLICITA: SOPHIA CARRERA AGUILAR ; FELIPE CARLOSAMA MOREJON

Atención: Sophia Carrera Aguilar ; Felipe Carlosama Morejon

Dirección: \*\*\*\*

CONTRATISTA: \*\*\*\*

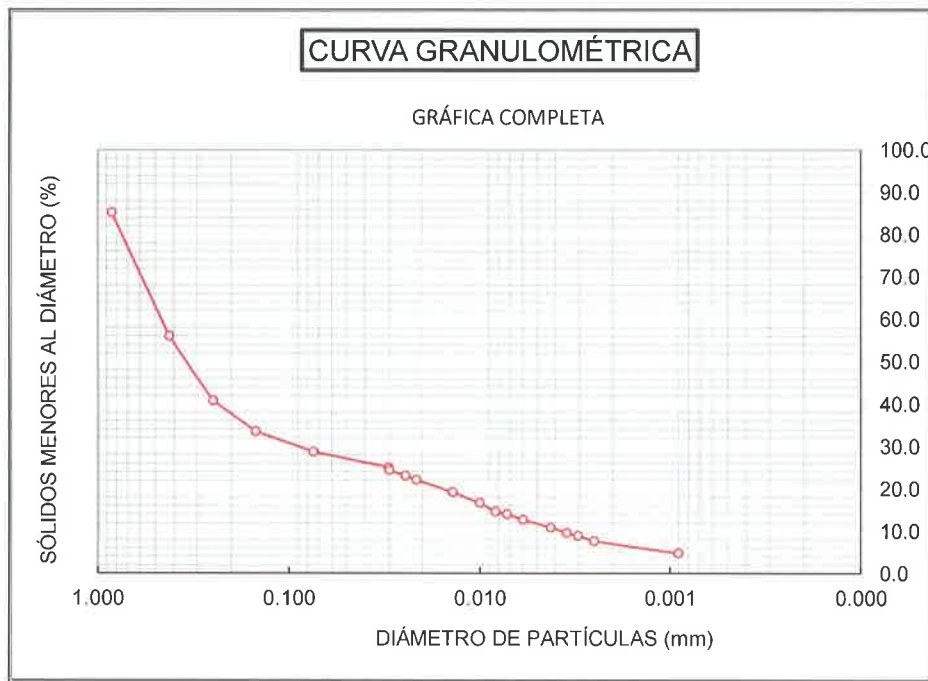
PROYECTO: TESIS DE GRADO: ANÁLISIS DEL PELIGRO POR FENÓMENOS DE REMOCIÓN EN MASA EN LOS TALUDES DE UN TRAMO DE LA QUEBRADA SHANSHAYACU, ZONA QUITUMBE, DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO

FISCALIZADOR: \*\*\*\*

MUESTRA: BARRIO TERRANOVA - 03

FECHA DE MUESTREO: \*\*\*\*

NORMA: ASTM D422-63



ING. MERCEDES VILLACIS  
JEFE DE LABORATORIO





## DENSIDAD DE SÓLIDOS

INF. No. 16-0924

Quito, 15 de noviembre de 2016

Hoja 4 de 4

**SOLICITA:** SOPHIA CARRERA AGUILAR ; FELIPE CARLOSAMA MOREJON

**Atención:** Sophia Carrera Aguilar ; Felipe Carlosama Morejon

**Dirección:** \*\*\*\*

**CONTRATISTA:** \*\*\*\*

**PROYECTO:** TESIS DE GRADO: ANÁLISIS DEL PELIGRO POR FENÓMENOS DE REMOCIÓN EN MASA EN LOS TALUDES DE UN TRAMO DE LA QUEBRADA SHANSHAYACU, ZONA QUITUMBE, DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO

**FISCALIZADOR:** \*\*\*\*

**MUESTRA:** BARRIO TERRANOVA - 03

**FECHA DE MUESTREO:** \*\*\*\*

**NORMA:** ASTM D422-63

DATOS DEL ENSAYO		
Prueba No.	1	
Matraz No.	2	
Volumen matraz a 20°C	500.00	ml
Método remoción del aire	Vacío	
Temperatura de ensayo:	19.00	°C
Peso matraz + agua:	621.40	gr.
Peso suelo seco:	98.61	gr.
Peso matraz + agua + suelo:	681.80	gr.
G <sub>s</sub> T°C:	2.581	gr/cm <sup>3</sup>
a = g <sub>T°C</sub> / g <sub>20°C</sub>	1.0002	
G <sub>s</sub> 20°C:	2.581	gr/cm <sup>3</sup>
K = g <sub>4°C</sub> / g <sub>T°C</sub>	0.9984	
G <sub>s</sub> 4°C:	2.585	gr/cm <sup>3</sup>
<b>G<sub>s</sub> 20°C promedio:</b>	<b>2.581</b>	<b>gr/cm<sup>3</sup></b>
<b>G<sub>s</sub> 4°C promedio:</b>	<b>2.585</b>	<b>gr/cm<sup>3</sup></b>

ING. MERCEDES VILLACIS  
JEFE DE LABORATORIO



## 8.6. ANEXO VI. Clasificación S.U.C.S

### Muestra LE-01

#### CLASIFICACION DE SUELOS

Quito, Octubre de 2016

REALIZADO POR: CARRERA SOPHIA; CARLOSAMA FELIPE

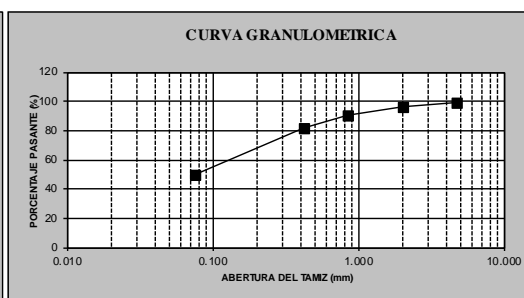
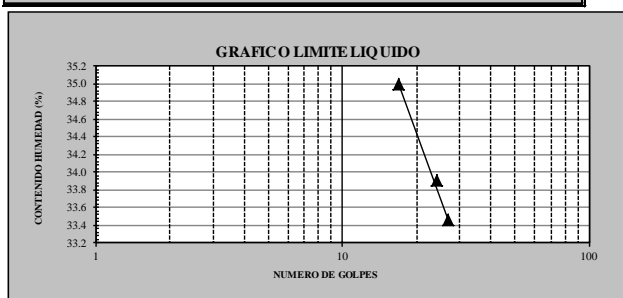
TITULO DEL PROYECTO ANALISIS DEL PELIGRO POR FRM EN UN TRAMO DE LA QUEBRADA SHANSHAYACU,  
ZONA QUITUMBE DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO.

UBICACIÓN: ZONA QUITUMBE

MUESTRA: LE-01

TIPO DE MUESTRA: ALTERADA

GRANULOMETRIA					
NORMA:		ASTM D 421	ASTM D 422	PESO INICIAL: 150.04	
TAMIZ No.	ABERTURA TAMIZ (mm)	PESO RETENIDO (gr)	PORCENTAJE RETENIDO (%)	PORCENTAJE ACUMULADO (%)	PORCENTAJE PASANTE (%)
4	4.750	1.54	1.1	1.1	98.9
10	2.000	4.47	3.1	4.1	95.9
20	0.850	7.79	5.3	9.5	90.5
40	0.425	12.06	8.3	17.7	82.3
200	0.075	47.18	32.3	50.1	49.9
PASA 200		72.87	49.9	100.0	0.0
TOTAL		145.91			
LIMITE LIQUIDO					
NORMA:		ASTM D 423	ASHTO T89	ASHTO T90	
CAPSULA No.	No. GOLPES	PESO HUMEDO (gr)	PESO SECO (gr)	PESO CAPSULA (gr)	% HUMEDAD
17	27	37.74	29.63	5.40	33.47
12	24	32.56	25.66	5.31	33.91
AJ	17	36.76	28.62	5.36	35.00
LIMITE PLASTICO					
NORMA:		ASTM D 424	ASHTO T90		
PRUEBA No.	CAPSULA No.	PESO HUMEDO (gr)	PESO SECO (gr)	PESO CAPSULA (gr)	LIMITE PLASTICO (%)
1	B	5.92	5.77	5.27	30.00
2	16	22.60	22.47	21.98	26.53
HUMEDAD NATURAL					
NORMA:		INEN 690	ASTM D 2216		
PRUEBA No.	CAPSULA No.	PESO HUMEDO (gr)	PESO SECO (gr)	PESO CAPSULA (gr)	HUMEDAD NATURAL (%)
1	21L5	49.92	48.80	9.79	2.87
2	JQR	50.66	49.57	10.47	2.79
RESUMEN DE RESULTADOS					
W =		2.83	%	LP =	28.27
LL =		33.74	%	IP =	5.48
% GRAVA	1.1	% ARENA	49.0	% FINOS	49.9
IDENTIFICACION VISUAL:					
CLASIFICACIÓN SUCS:			ML limo arenoso		



# Muestra LE-02

## CLASIFICACION DE SUELOS

Quito, Octubre de 2016

REALIZADO POR: CARRERA SOPHIA; CARLOSAMA FELIPE  
 TITULO DEL PROYECTO ANALISIS DEL PELIGRO POR FRM EN UN TRAMO DE LA QUEBRADA SHANSHAYACU,  
 ZONA QUITUMBE DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO.

UBICACIÓN: ZONA QUITUMBE

MUESTRA: LE-02

TIPO DE MUESTRA: ALTERADA

GRANULOMETRIA					
NORMA:		ASTM D 421	ASTM D 422	PESO INICIAL: 150.24	
TAMIZ No.	ABERTURA TAMIZ (mm)	PESO RETENIDO (gr)	PORCENTAJE RETENIDO (%)	PORCENTAJE ACUMULADO (%)	PORCENTAJE PASANTE (%)
4	4.750	1.56	1.1	1.1	98.9
10	2.000	5.99	4.1	5.2	94.8
20	0.850	8.53	5.9	11.1	88.9
40	0.425	13.02	9.0	20.1	79.9
200	0.075	46.31	31.9	52.0	48.0
PASA 200		69.65	48.0	100.0	0.0
TOTAL		145.06			

LIMITE LIQUIDO					
NORMA:		ASTM D 423	ASHTO T89	ASHTO T90	
CAPSULA No.	No. GOLPES	PESO HUMEDO (gr)	PESO SECO (gr)	PESO CAPSULA (gr)	% HUMEDAD
BH	30	20.80	17.52	5.29	26.82
12	25	21.30	17.87	5.31	27.31
17	17	28.81	23.59	5.40	28.70

LIMITE PLASTICO					
NORMA:		ASTM D 424	ASHTO T90		
PRUEBA No.	CAPSULA No.	PESO HUMEDO (gr)	PESO SECO (gr)	PESO CAPSULA (gr)	LIMITE PLASTICO (%)
1	9	5.97	5.87	5.32	18.18
2	BL	5.99	5.89	5.40	20.41

HUMEDAD NATURAL					
NORMA:		INEN 690	ASTM D 2216		
PRUEBA No.	CAPSULA No.	PESO HUMEDO (gr)	PESO SECO (gr)	PESO CAPSULA (gr)	HUMEDAD NATURAL (%)
1	LS38	58.86	57.15	9.05	3.56
2	LS32	65.34	63.42	9.88	3.59

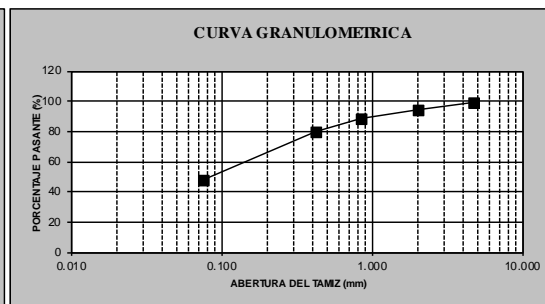
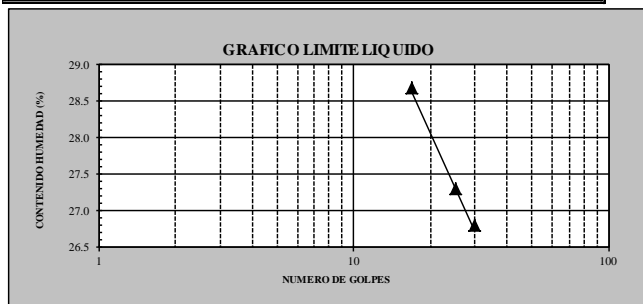
RESUMEN DE RESULTADOS					
W =	3.57	%	LP =	19.29	%
LL =	27.38	%	IP =	8.09	%
% GRAVA	1.1	% ARENA	50.9	% FINOS	48.0

IDENTIFICACION VISUAL:

CLASIFICACIÓN SUCS:

SC-SM

arena limosa arcillosa



# Muestra LE-03

## CLASIFICACION DE SUELOS

Quito, Octubre de 2016

REALIZADO POR: CARRERA SOPHIA; CARLOSAMA FELIPE  
 TITULO DEL PROYECTO ANALISIS DEL PELIGRO POR FRM EN UN TRAMO DE LA QUEBRADA SHANSHAYACU,  
 ZONA QUITUMBE DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO.

UBICACIÓN: ZONA QUITUMBE

MUESTRA: LE-03

TIPO DE MUESTRA: ALTERADA

GRANULOMETRIA					
NORMA:		ASTM D 421	ASTM D 422	PESO INICIAL: 150.54	
TAMIZ No.	ABERTURA TAMIZ (mm)	PESO RETENIDO (gr)	PORCENTAJE RETENIDO (%)	PORCENTAJE ACUMULADO (%)	PORCENTAJE PASANTE (%)
4	4.750	0.00	0.0	0.0	100.0
10	2.000	0.86	0.7	0.7	99.3
20	0.850	2.23	1.7	2.4	97.6
40	0.425	6.66	5.1	7.4	92.6
200	0.075	39.33	29.9	37.4	62.6
PASA 200		82.28	62.6	100.0	0.0
TOTAL		131.36			

LIMITE LIQUIDO					
NORMA:		ASTM D 423	ASHTO T89	ASHTO T90	
CAPSULA No.	No. GOLPES	PESO HUMEDO (gr)	PESO SECO (gr)	PESO CAPSULA (gr)	% HUMEDAD
1	27	29.19	20.85	5.31	53.67
4	18	20.95	15.34	5.41	56.50
19	14	26.37	18.65	5.42	58.35

LIMITE PLASTICO					
NORMA:		ASTM D 424	ASHTO T90		
PRUEBA No.	CAPSULA No.	PESO HUMEDO (gr)	PESO SECO (gr)	PESO CAPSULA (gr)	LIMITE PLASTICO (%)
1	BB	6.99	6.48	5.30	43.22
2	61(209)	7.71	7.26	6.21	42.86

HUMEDAD NATURAL					
NORMA:		INEN 690	ASTM D 2216		
PRUEBA No.	CAPSULA No.	PESO HUMEDO (gr)	PESO SECO (gr)	PESO CAPSULA (gr)	HUMEDAD NATURAL (%)
1	LS53	47.62	42.93	9.96	14.23
2	J17R	41.31	37.13	9.21	14.97

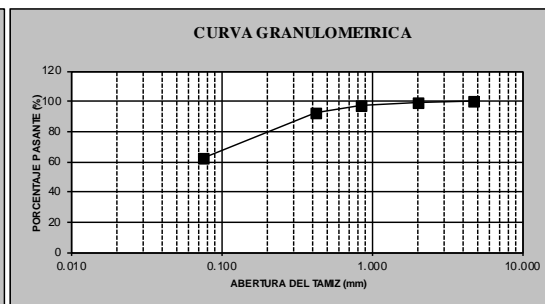
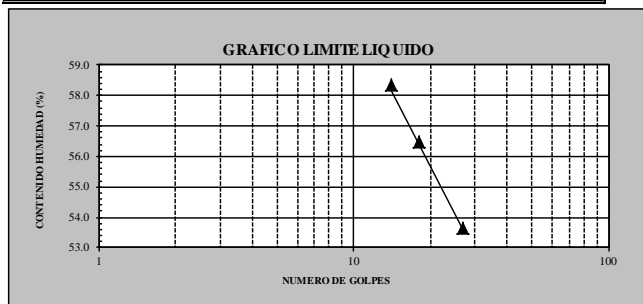
RESUMEN DE RESULTADOS					
W =	14.60	%	LP =	43.04	%
LL =	54.20	%	IP =	11.16	%
% GRAVA	0.0	% ARENA	37.4	% FINOS	62.6

IDENTIFICACION VISUAL:

CLASIFICACIÓN SUCS:

MH

limo elástico arenoso





# Muestra LE-04

## CLASIFICACION DE SUELOS

Quito, Octubre de 2016

REALIZADO POR: CARRERA SOPHIA; CARLOSAMA FELIPE  
 TITULO DEL PROYECTO ANALISIS DEL PELIGRO POR FRM EN UN TRAMO DE LA QUEBRADA SHANSHAYACU,  
 ZONA QUITUMBE DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO.

UBICACIÓN: ZONA QUITUMBE

MUESTRA: LE-04

TIPO DE MUESTRA: ALTERADA

GRANULOMETRIA					
NORMA:		ASTM D 421	ASTM D 422	PESO INICIAL: 150.24	
TAMIZ No.	ABERTURA TAMIZ (mm)	PESO RETENIDO (gr)	PORCENTAJE RETENIDO (%)	PORCENTAJE ACUMULADO (%)	PORCENTAJE PASANTE (%)
4	4.750	1.07	0.8	0.8	99.2
10	2.000	5.98	4.5	5.3	94.7
20	0.850	7.92	6.0	11.3	88.7
40	0.425	12.41	9.4	20.7	79.3
200	0.075	46.71	35.4	56.1	43.9
PASA 200		57.93	43.9	100.0	0.0
TOTAL		132.02			

LIMITE LIQUIDO					
NORMA:		ASTM D 423	ASHTO T89	ASHTO T90	
CAPSULA No.	No. GOLPES	PESO HUMEDO (gr)	PESO SECO (gr)	PESO CAPSULA (gr)	% HUMEDAD
BI	28	21.73	17.96	5.23	29.62
AW	24	26.27	21.34	5.13	30.41
AJ	18	25.33	20.47	5.36	32.16

LIMITE PLASTICO					
NORMA:		ASTM D 424	ASHTO T90		
PRUEBA No.	CAPSULA No.	PESO HUMEDO (gr)	PESO SECO (gr)	PESO CAPSULA (gr)	LIMITE PLASTICO (%)
1	BB	6.48	6.25	5.29	23.96
2	BC	6.32	6.14	5.38	23.68

HUMEDAD NATURAL					
NORMA:		INEN 690	ASTM D 2216		
PRUEBA No.	CAPSULA No.	PESO HUMEDO (gr)	PESO SECO (gr)	PESO CAPSULA (gr)	HUMEDAD NATURAL (%)
1	J8R	69.11	61.85	9.89	13.97
2	47JJ	71.60	65.37	19.66	13.63

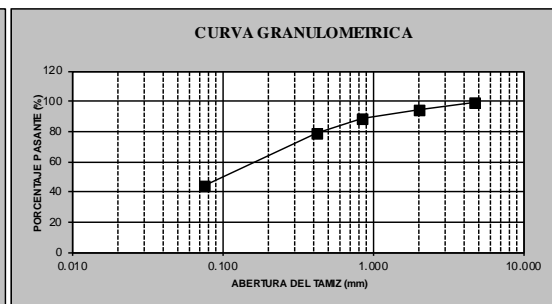
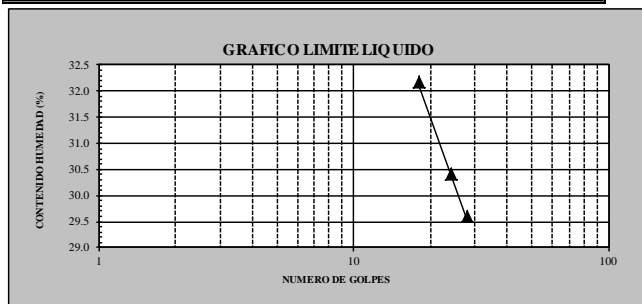
RESUMEN DE RESULTADOS					
W =	13.80	%	LP =	23.82	%
LL =	30.24	%	IP =	6.41	%
% GRAVA	0.8	% ARENA	55.3	% FINOS	43.9

IDENTIFICACION VISUAL:

CLASIFICACIÓN SUCS:

SM

arena limosa



# Muestra LE-05

## CLASIFICACION DE SUELOS

Quito, Octubre de 2016

**REALIZADO POR:** CARRERA SOPHIA; CARLOSAMA FELIPE  
**TITULO DEL PROYECTO** ANALISIS DEL PELIGRO POR FRM EN UN TRAMO DE LA QUEBRADA SHANSHAYACU,  
 ZONA QUITUMBE DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO.

**UBICACIÓN:** ZONA QUITUMBE

**MUESTRA:** LE-05

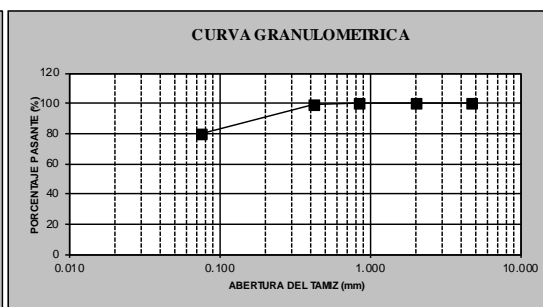
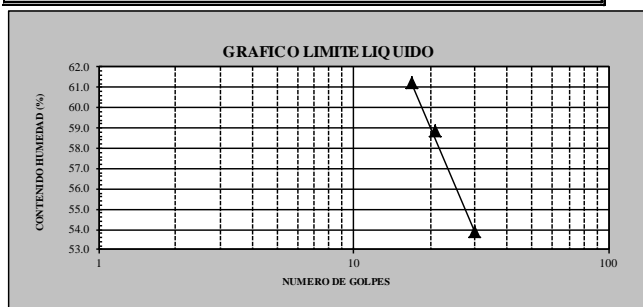
**TIPO DE MUESTRA:** ALTERADA

GRANULOMETRIA					
NORMA:	ASTM D 421	ASTM D 422	PESO INICIAL: 150.40		
TAMIZ No.	ABERTURA TAMIZ (mm)	PESO RETENIDO (gr)	PORCENTAJE RETENIDO (%)	PORCENTAJE ACUMULADO (%)	PORCENTAJE PASANTE (%)
4	4.750	0.00	0.0	0.0	100.0
10	2.000	0.03	0.0	0.0	100.0
20	0.850	0.24	0.2	0.2	99.8
40	0.425	0.51	0.4	0.6	99.4
200	0.075	26.85	19.2	19.8	80.2
PASA 200		112.23	80.2	100.0	0.0
<b>TOTAL</b>		139.86			
LIMITE LIQUIDO					
NORMA:	ASTM D 423	ASHTO T89	ASHTO T90		
CAPSULA No.	No. GOLPES	PESO HUMEDO (gr)	PESO SECO (gr)	PESO CAPSULA (gr)	% HUMEDAD
9	30	26.14	18.85	5.33	53.92
32	21	30.75	22.90	9.56	58.85
81	17	32.25	23.54	9.32	61.25
LIMITE PLASTICO					
NORMA:	ASTM D 424	ASHTO T90			
PRUEBA No.	CAPSULA No.	PESO HUMEDO (gr)	PESO SECO (gr)	PESO CAPSULA (gr)	LIMITE PLASTICO (%)
1	BC	6.02	5.80	5.38	52.38
2	BB	5.77	5.61	5.29	50.00
HUMEDAD NATURAL					
NORMA:	INEN 690	ASTM D 2216			
PRUEBA No.	CAPSULA No.	PESO HUMEDO (gr)	PESO SECO (gr)	PESO CAPSULA (gr)	HUMEDAD NATURAL (%)
1	AMS	41.97	39.78	10.05	7.37
2	WJ1	38.35	36.32	9.97	7.70
RESUMEN DE RESULTADOS					
W =	7.54	%	LP =	51.19	%
LL =	56.37	%	IP =	5.18	%
% GRAVA	0.0	% ARENA	19.8	% FINOS	80.2
IDENTIFICACION VISUAL:					

**CLASIFICACIÓN SUCS:**

MH

limo elástico con arena



# Muestra LE-06

## CLASIFICACION DE SUELOS

Quito, Octubre de 2016

REALIZADO POR: CARRERA SOPHIA; CARLOSAMA FELIPE  
 TITULO DEL PROYECTO ANALISIS DEL PELIGRO POR FRM EN UN TRAMO DE LA QUEBRADA SHANSHAYACU,  
 ZONA QUITUMBE DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO.

UBICACIÓN: ZONA QUITUMBE

MUESTRA: LE-06.1CD

TIPO DE MUESTRA: ALTERADA

GRANULOMETRIA					
NORMA:		ASTM D 421	ASTM D 422	PESO INICIAL: 150.16	
TAMIZ No.	ABERTURA TAMIZ (mm)	PESO RETENIDO (gr)	PORCENTAJE RETENIDO (%)	PORCENTAJE ACUMULADO (%)	PORCENTAJE PASANTE (%)
4	4.750	0.00	0.0	0.0	100.0
10	2.000	0.00	0.0	0.0	100.0
20	0.850	0.09	0.2	0.2	99.8
40	0.425	0.25	0.6	0.8	99.2
200	0.075	2.55	5.9	6.7	93.3
PASA 200		40.31	93.3	100.0	0.0
TOTAL		43.20			

LIMITE LIQUIDO					
NORMA:		ASTM D 423	ASHTO T89	ASHTO T90	
CAPSULA No.	No. GOLPES	PESO HUMEDO (gr)	PESO SECO (gr)	PESO CAPSULA (gr)	% HUMEDAD
9	19	17.91	8.74	5.32	268.13
17	25	16.82	8.57	5.40	260.25
BF	29	12.22	7.43	5.46	243.15

LIMITE PLASTICO					
NORMA:		ASTM D 424	ASHTO T90		
PRUEBA No.	CAPSULA No.	PESO HUMEDO (gr)	PESO SECO (gr)	PESO CAPSULA (gr)	LIMITE PLASTICO (%)
1	AW	5.80	5.34	5.13	219.05
2	AJ	6.05	5.57	5.36	228.57

HUMEDAD NATURAL					
NORMA:		INEN 690	ASTM D 2216		
PRUEBA No.	CAPSULA No.	PESO HUMEDO (gr)	PESO SECO (gr)	PESO CAPSULA (gr)	HUMEDAD NATURAL (%)
1	20	33.49	16.53	9.95	257.75
2	43	38.66	17.91	9.17	237.41

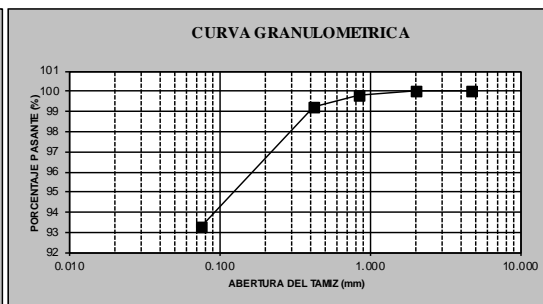
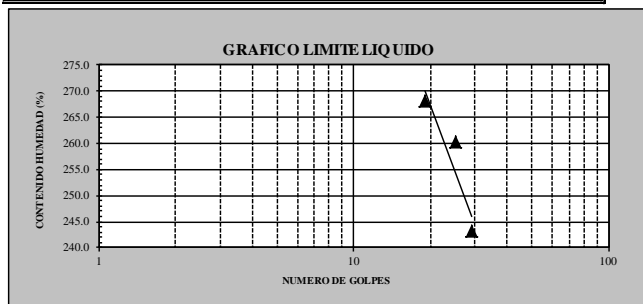
RESUMEN DE RESULTADOS					
W =	247.58	%	LP =	223.81	%
LL =	254.85	%	IP =	31.04	%
% GRAVA	0.0	% ARENA	6.7	% FINOS	93.3

IDENTIFICACION VISUAL:

CLASIFICACIÓN SUCS:

OH

arcilla orgánica/limo orgánico



# Muestra LE-07

## CLASIFICACION DE SUELOS

Quito, Octubre de 2016

REALIZADO POR: CARRERA SOPHIA; CARLOSAMA FELIPE  
 TITULO DEL PROYECTO ANALISIS DEL PELIGRO POR FRM EN UN TRAMO DE LA QUEBRADA SHANSHAYACU,  
 ZONA QUITUMBE DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO.

UBICACIÓN: ZONA QUITUMBE

MUESTRA: LE-07

TIPO DE MUESTRA: ALTERADA

GRANULOMETRIA					
NORMA:		ASTM D 421	ASTM D 422	PESO INICIAL:	
				150.76	
TAMIZ No.	ABERTURA TAMIZ (mm)	PESO RETENIDO (gr)	PORCENTAJE RETENIDO (%)	PORCENTAJE ACUMULADO (%)	PORCENTAJE PASANTE (%)
4	4.750	1.37	1.0	1.0	99.0
10	2.000	3.05	2.1	3.1	96.9
20	0.850	4.93	3.4	6.5	93.5
40	0.425	10.82	7.5	14.1	85.9
200	0.075	42.01	29.3	43.4	56.6
PASA 200		81.22	56.6	100.0	0.0
TOTAL		143.40			

LIMITE LIQUIDO					
NORMA:		ASTM D 423	ASHTO T89	ASHTO T90	
CAPSULA No.	No. GOLPES	PESO HUMEDO (gr)	PESO SECO (gr)	PESO CAPSULA (gr)	% HUMEDAD
BF	16	25.22	20.61	5.46	30.43
61(209)	25	22.14	18.55	6.21	29.09
16	28	37.61	34.20	21.98	27.91

LIMITE PLASTICO					
NORMA:		ASTM D 424	ASHTO T90		
PRUEBA No.	CAPSULA No.	PESO HUMEDO (gr)	PESO SECO (gr)	PESO CAPSULA (gr)	LIMITE PLASTICO (%)
1	BG	8.61	7.92	5.37	27.06
2	BC	8.31	7.69	5.37	26.72

HUMEDAD NATURAL					
NORMA:		INEN 690	ASTM D 2216		
PRUEBA No.	CAPSULA No.	PESO HUMEDO (gr)	PESO SECO (gr)	PESO CAPSULA (gr)	HUMEDAD NATURAL (%)
1	31	69.75	66.76	9.71	5.24
2	99A	57.05	54.80	9.96	5.02

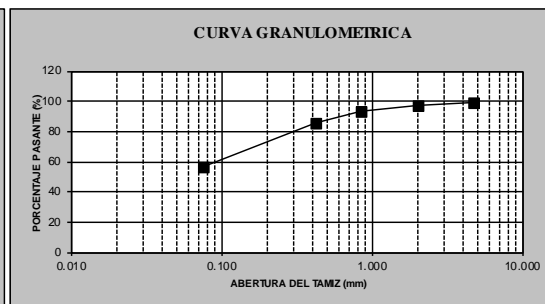
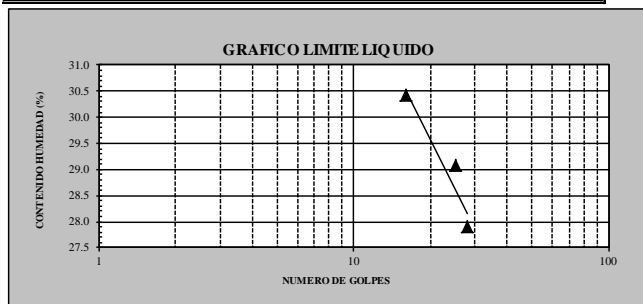
RESUMEN DE RESULTADOS					
W =	5.13	%	LP =	26.89	%
LL =	28.69	%	IP =	1.80	%
% GRAVA	1.0	% ARENA	42.4	% FINOS	56.6

IDENTIFICACION VISUAL:

CLASIFICACIÓN SUCS:

ML

limo arenoso



# Muestra TR-01

## CLASIFICACION DE SUELOS

Quito, Octubre de 2016

REALIZADO POR: CARRERA SOPHIA; CARLOSAMA FELIPE

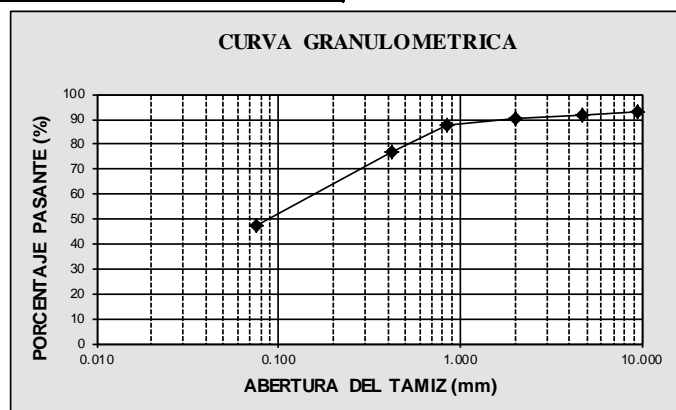
TITULO DEL PROYECTO ANALISIS DEL PELIGRO POR FRM EN UN TRAMO DE LA QUEBRADA SHANSHAYACU, ZONA QUITUMBE DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO.

UBICACIÓN: ZONA QUITUMBE

MUESTRA: TR-01

TIPO DE MUESTRA: ALTERADA

GRANULOMETRIA					
NORMA:		ASTM D 421	ASTM D 422	PESO INICIAL: 150.81	
TAMIZ No.	ABERTURA TAMIZ (mm)	PESO RETENIDO (gr)	PORCENTAJE RETENIDO (%)	PORCENTAJE ACUMULADO (%)	PORCENTAJE PASANTE (%)
3/8	9.500	9.70	7.0	7.0	92.99
4	4.750	1.34	1.0	8.0	92.0
10	2.000	2.12	1.5	9.5	90.5
20	0.850	4.22	3.0	12.6	87.4
40	0.425	14.33	10.4	22.9	77.1
200	0.075	41.48	30.0	52.9	47.1
PASA 200		65.18	47.1	100.0	0.0
TOTAL		138.37			
HUMEDAD NATURAL					
NORMA:		INEN 690	ASTM D 2216		
PRUEBA No.	CAPSULA No.	PESO HUMEDO (gr)	PESO SECO (gr)	PESO CAPSULA (gr)	HUMEDAD NATURAL (%)
1	38	52.69	49.05	9.10	9.11
2	BJG	60.43	56.28	9.50	8.87
RESUMEN DE RESULTADOS					
W =	8.99	%	LP =	NP	%
LL =	NP	%	IP =	NP	%
% GRAVA	8.0	% ARENA	44.9	% FINOS	47.1
IDENTIFICACION VISUAL:					
CLASIFICACIÓN SUCS:		SM-SP	arena limosa mal graduada		



# Muestra TR-02

## CLASIFICACION DE SUELOS

Quito, Octubre de 2016

REALIZADO POR: CARRERA SOPHIA; CARLOSAMA FELIPE  
 TITULO DEL PROYECTO ANALISIS DEL PELIGRO POR FRM EN UN TRAMO DE LA QUEBRADA SHANSHAYACU,  
 ZONA QUITUMBE DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO.

UBICACIÓN: ZONA QUITUMBE

MUESTRA: TR-02

TIPO DE MUESTRA: ALTERADA

GRANULOMETRIA					
NORMA:		ASTM D 421	ASTM D 422	PESO INICIAL: 150.66	
TAMIZ No.	ABERTURA TAMIZ (mm)	PESO RETENIDO (gr)	PORCENTAJE RETENIDO (%)	PORCENTAJE ACUMULADO (%)	PORCENTAJE PASANTE (%)
4	4.750	2.44	1.7	1.7	98.3
10	2.000	2.62	1.8	3.4	96.6
20	0.850	3.47	2.4	5.8	94.2
40	0.425	8.33	5.7	11.5	88.5
200	0.075	35.37	24.0	35.5	64.5
PASA 200		94.86	64.5	100.0	0.0
TOTAL		147.09			

LIMITE LIQUIDO					
NORMA:		ASTM D 423	ASHTO T89	ASHTO T90	
CAPSULA No.	No. GOLPES	PESO HUMEDO (gr)	PESO SECO (gr)	PESO CAPSULA (gr)	% HUMEDAD
BH	19	23.70	18.03	5.29	44.51
61	25	19.46	15.46	6.21	43.24
BL	15	22.43	17.12	5.41	45.35

LIMITE PLASTICO					
NORMA:		ASTM D 424	ASHTO T90		
PRUEBA No.	CAPSULA No.	PESO HUMEDO (gr)	PESO SECO (gr)	PESO CAPSULA (gr)	LIMITE PLASTICO (%)
1	AC	6.80	6.47	5.33	28.95
2	25(131)	10.56	10.25	9.22	30.10

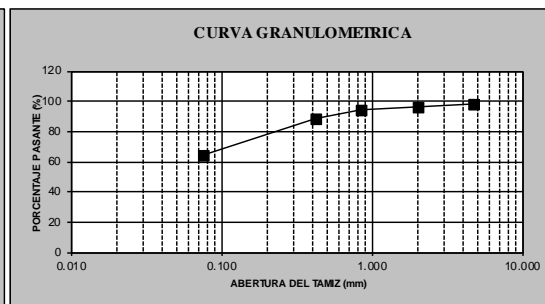
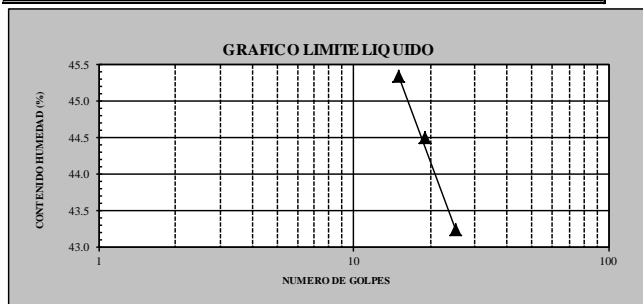
HUMEDAD NATURAL					
NORMA:		INEN 690	ASTM D 2216		
PRUEBA No.	CAPSULA No.	PESO HUMEDO (gr)	PESO SECO (gr)	PESO CAPSULA (gr)	HUMEDAD NATURAL (%)
1	LP211	59.11	57.92	9.39	2.45
2	LP212	53.19	52.17	9.72	2.40

RESUMEN DE RESULTADOS					
W =	2.43	%	LP =	29.52	%
LL =	43.28	%	IP =	13.76	%
% GRAVA	1.7	% ARENA	33.9	% FINOS	64.5

IDENTIFICACION VISUAL:

CLASIFICACIÓN SUCS: **CL** arcilla ligera arenosa



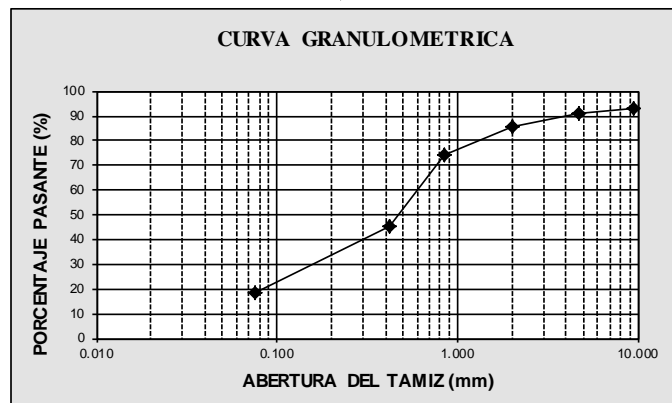
# Muestra TR-03

## CLASIFICACION DE SUELOS

Quito, Octubre de 2016

**REALIZADO POR:** CARRERA SOPHIA; CARLOSAMA FELIPE  
**TITULO DEL PROYECTO:** ANALISIS DEL PELIGRO POR FRM EN UN TRAMO DE LA QUEBRADA SHANSHAYACU, ZONA QUITUMBE DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO.  
**UBICACIÓN:** ZONA QUITUMBE  
**MUESTRA:** TR-03  
**TIPO DE MUESTRA:** ALTERADA

GRANULOMETRIA					
NORMA:		ASTM D 421	ASTM D 422	PESO INICIAL: 150.95	
TAMIZ No.	ABERTURA TAMIZ (mm)	PESO RETENIDO (gr)	PORCENTAJE RETENIDO (%)	PORCENTAJE ACUMULADO (%)	PORCENTAJE PASANTE (%)
3/8	9.500	9.70	6.6	6.6	93.42
4	4.750	3.67	2.5	9.1	90.9
10	2.000	7.61	5.2	14.2	85.8
20	0.850	17.35	11.8	26.0	74.0
40	0.425	42.07	28.5	54.5	45.5
200	0.075	39.83	27.0	81.6	18.4
PASA 200		27.16	18.4	100.0	0.0
	<b>TOTAL</b>	147.39			
HUMEDAD NATURAL					
NORMA:		INEN 690	ASTM D 2216		
PRUEBA No.	CAPSULA No.	PESO HUMEDO (gr)	PESO SECO (gr)	PESO CAPSULA (gr)	HUMEDAD NATURAL (%)
1	1	62.15	60.91	10.04	2.44
2	9	60.54	59.35	9.67	2.40
RESUMEN DE RESULTADOS					
W =	2.42	%	LP =	NP	%
LL =	NP	%	IP =	NP	%
% GRAVA	9.1	% ARENA	72.5	% FINOS	18.4
IDENTIFICACION VISUAL:					
CLASIFICACIÓN SUCS:		SM-SW	arena limosa bien graduada		

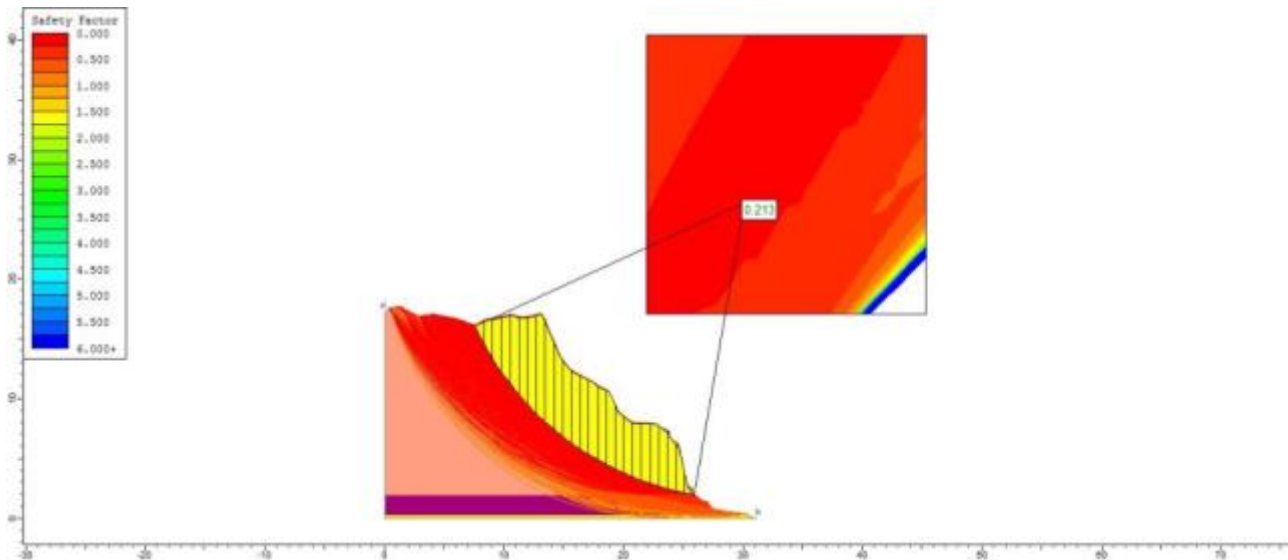




## 8.7. ANEXO VII. Modelamiento por software

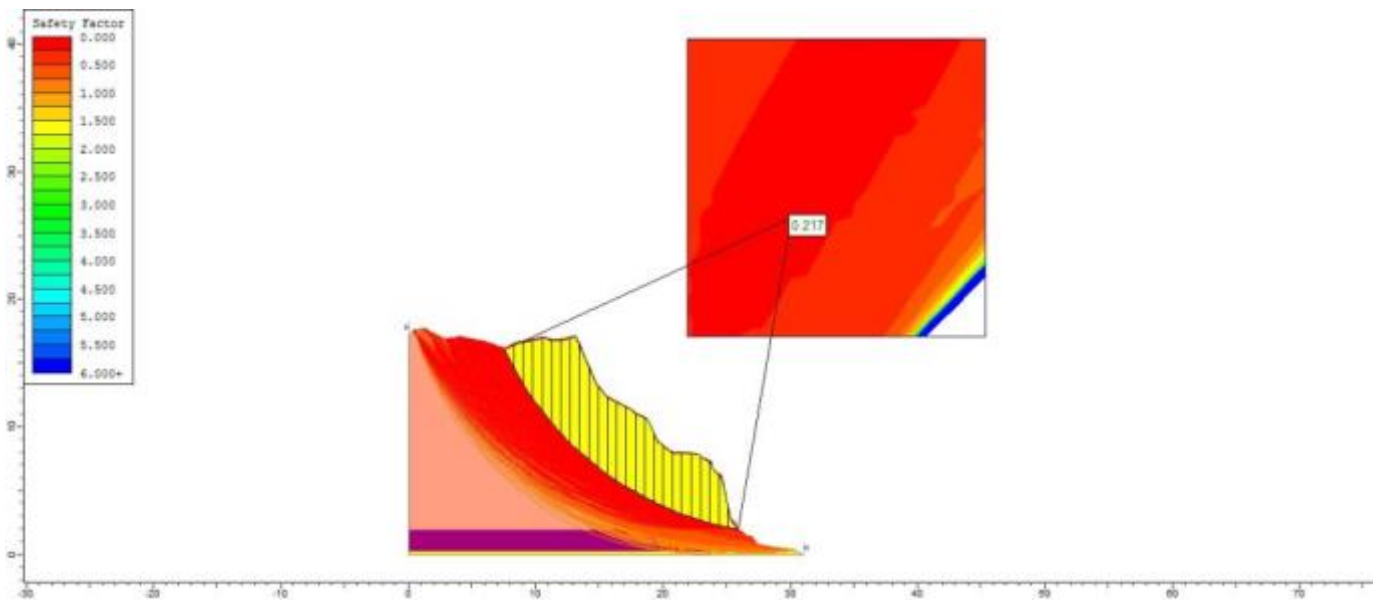
### Perfil "A"

Método Ordinario o de Fellenius (Fellenius 1927)



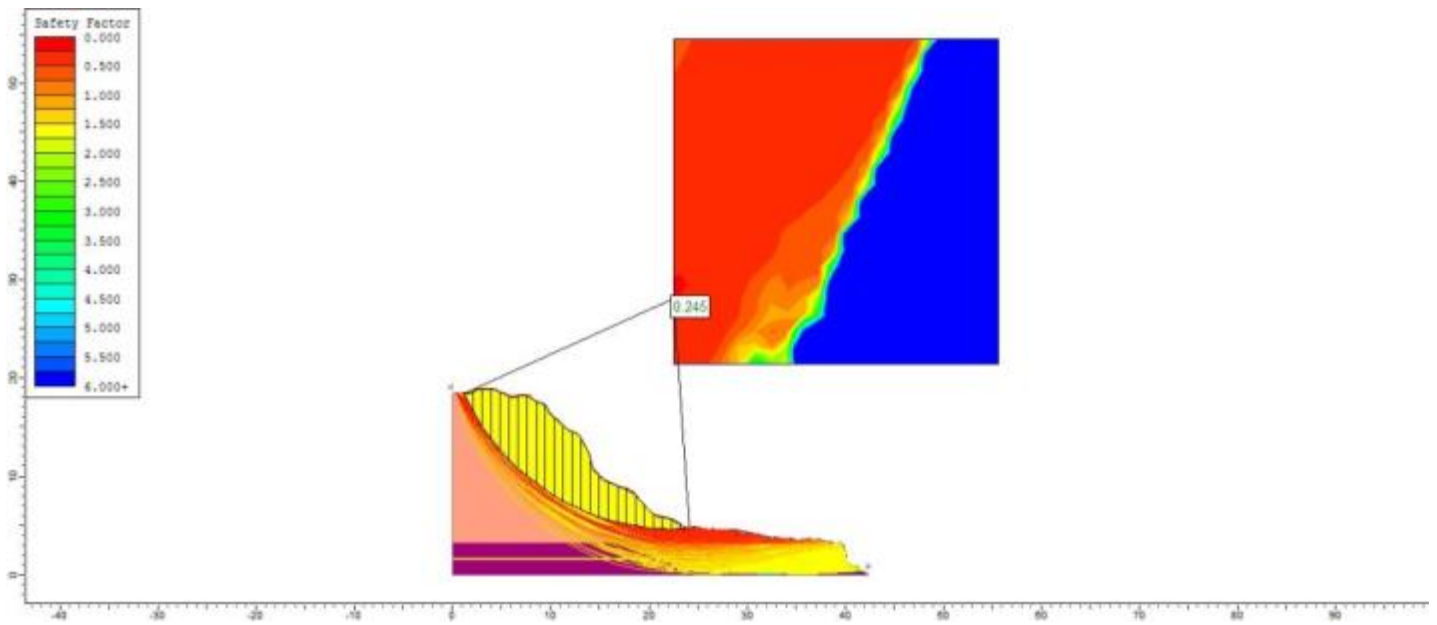
Material Name	Color	Unit Weight (kN/m <sup>3</sup> )	Strength Type	Cohesion (kN/m <sup>2</sup> )	Phi	Water Surface	Ki
Relleno	Red	17	Mohr-Coulomb	4.9	3.28	None	0
Suelo B	Purple	17.444	Mohr-Coulomb	72.1888	3.08	None	0
Ceriza	Yellow	18	Mohr-Coulomb	49	25	None	0

Método Bishop Simplificado (Bishop 1955)



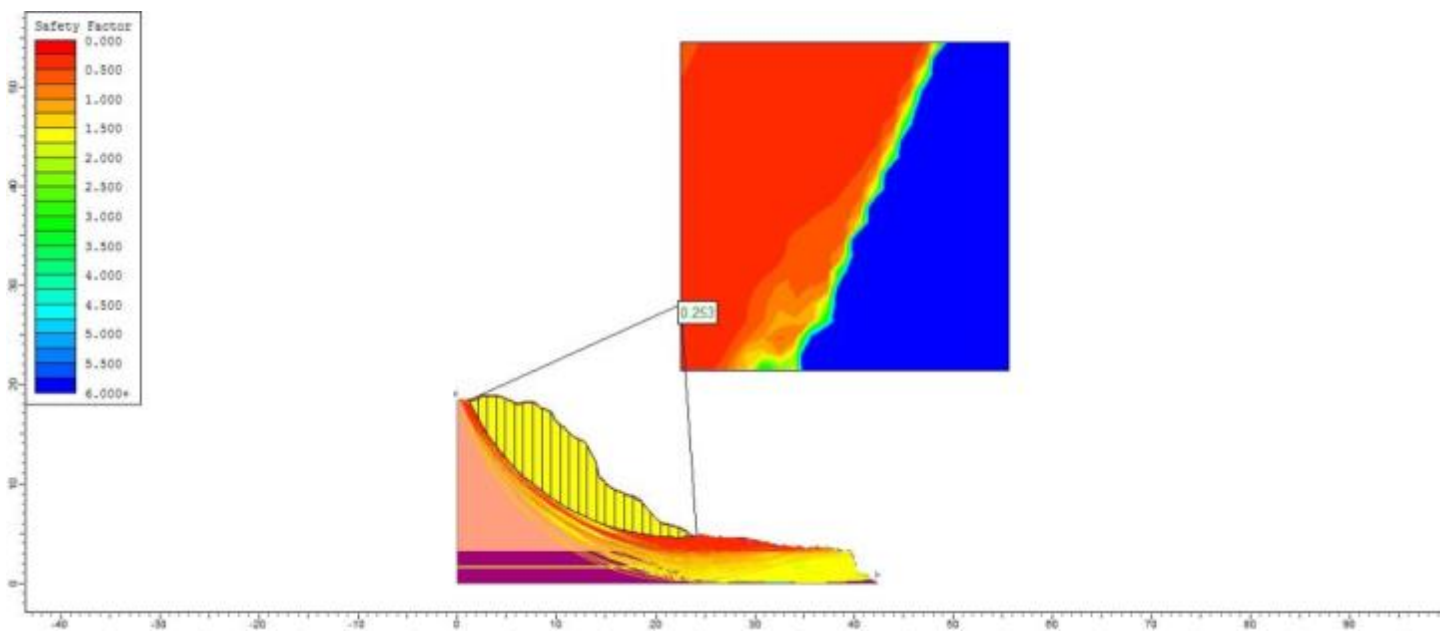
## Perfil "B"

Método Ordinario o de Fellenius (Fellenius 1927)



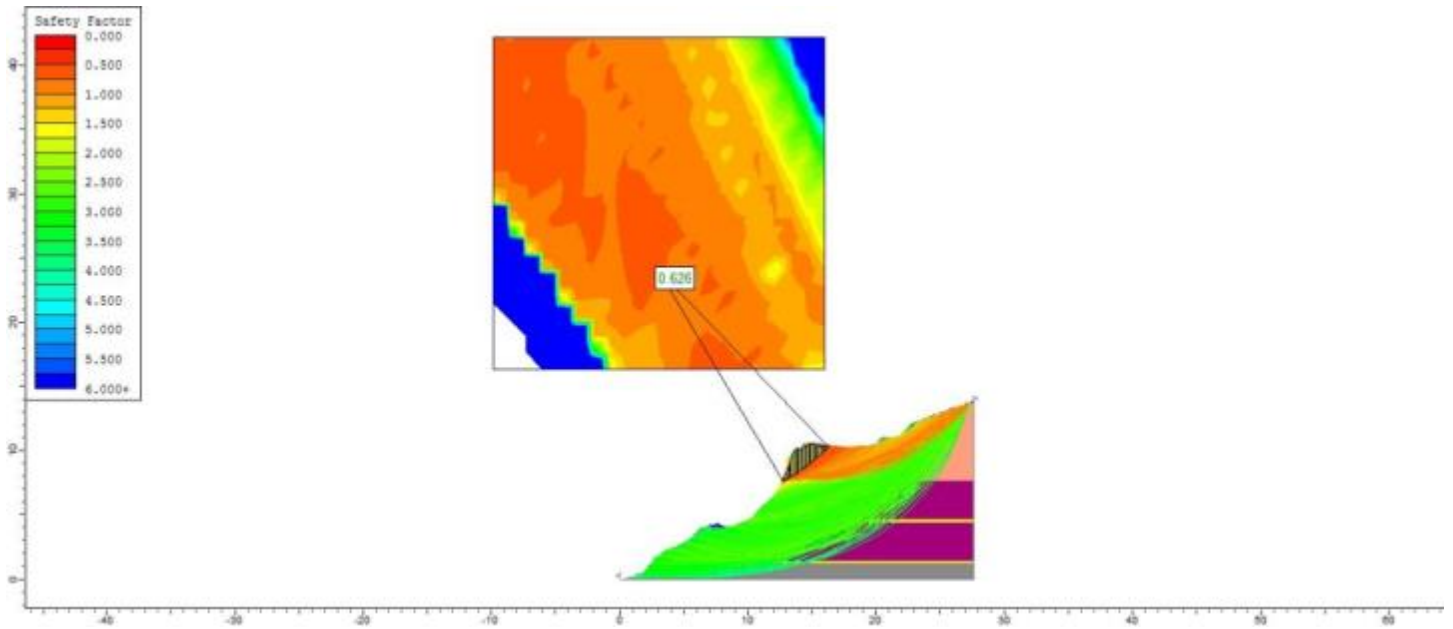
Método Bishop Simplificado (Bishop 1955)

Material Name	Color	Unit Weight (kN/m <sup>3</sup> )	Strength Type	Cohesion (kN/m <sup>2</sup> )	$\phi$	Water Surface	$R_u$
relleno	Orange	17	Mohr-Coulomb	4.9	3.28	None	0
Suelo B	Purple	17.444	Mohr-Coulomb	72.1888	5.08	None	0
Cerria	Yellow	18	Mohr-Coulomb	48	25	None	0

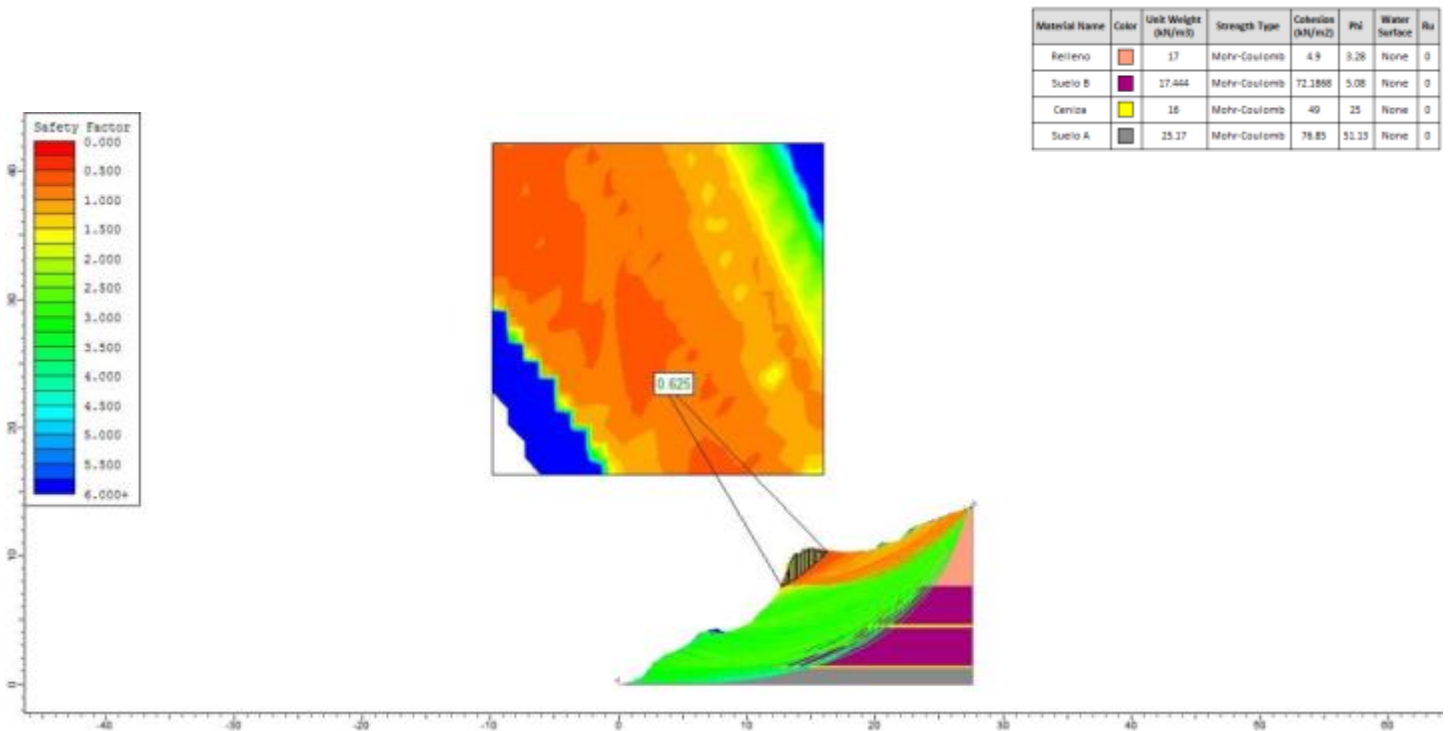


## Perfil "C"

Método Ordinario o de Fellenius (Fellenius 1927)

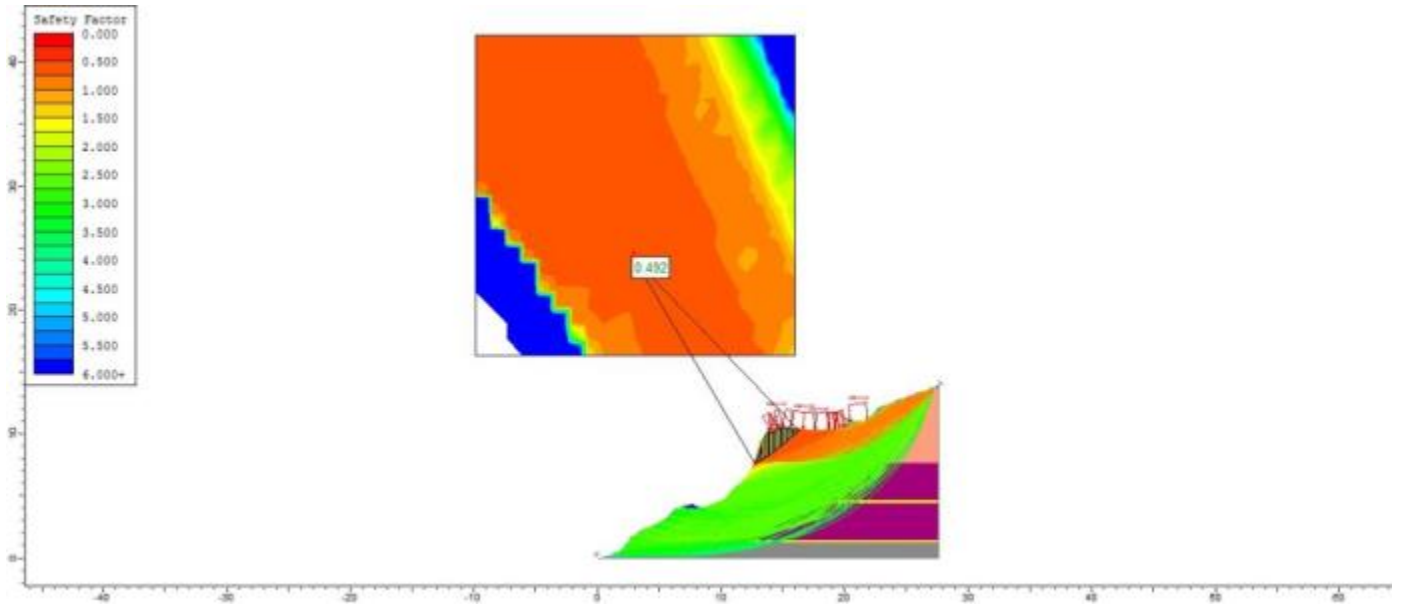


Método Bishop Simplificado (Bishop 1955)



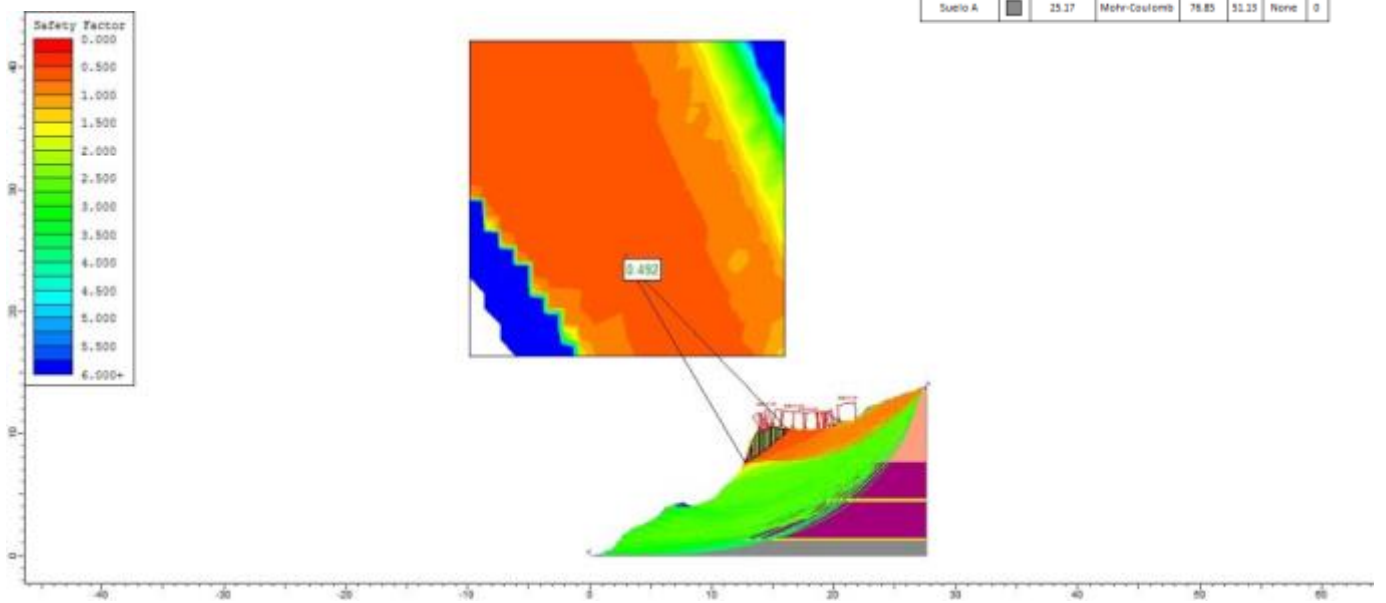
# Perfil "C" con carga

Método Ordinario o de Fellenius (Fellenius 1927)



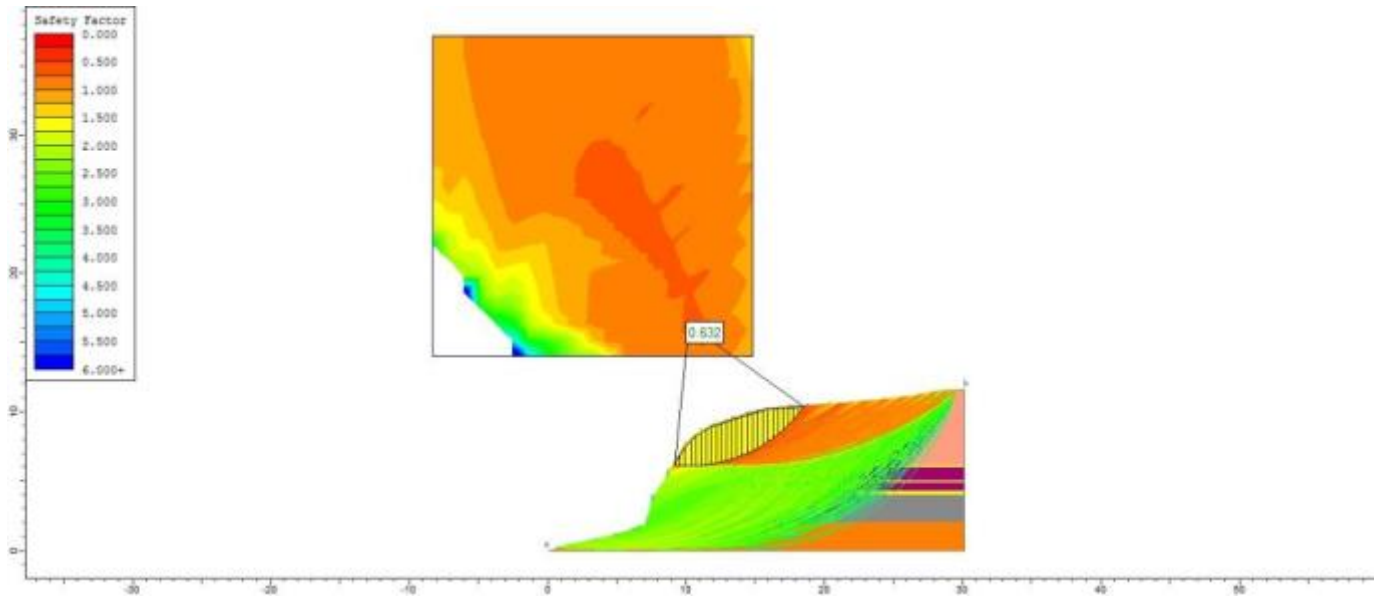
Método Bishop Simplificado (Bishop 1955)

Material Name	Color	Unit Weight (kN/m <sup>3</sup> )	Strength Type	Cohesion (kN/m <sup>2</sup> )	Phi	Water Surface	Ru
Repleno	Orange	17	Mohr-Coulomb	4.9	8.28	None	0
Suelo B	Purple	17.444	Mohr-Coulomb	72.3888	5.08	None	0
Ceriza	Yellow	16	Mohr-Coulomb	49	25	None	0
Suelo A	Grey	25.17	Mohr-Coulomb	76.85	51.15	None	0



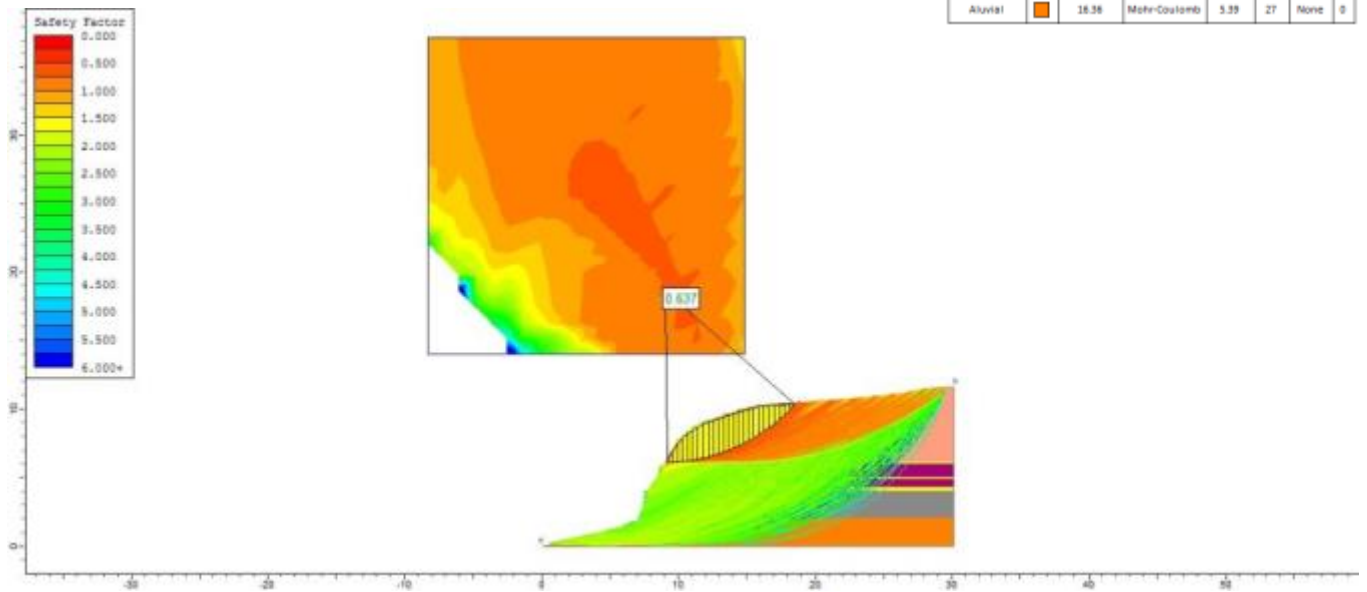
# Perfil "D"

Método Ordinario o de Fellenius (Fellenius 1927)



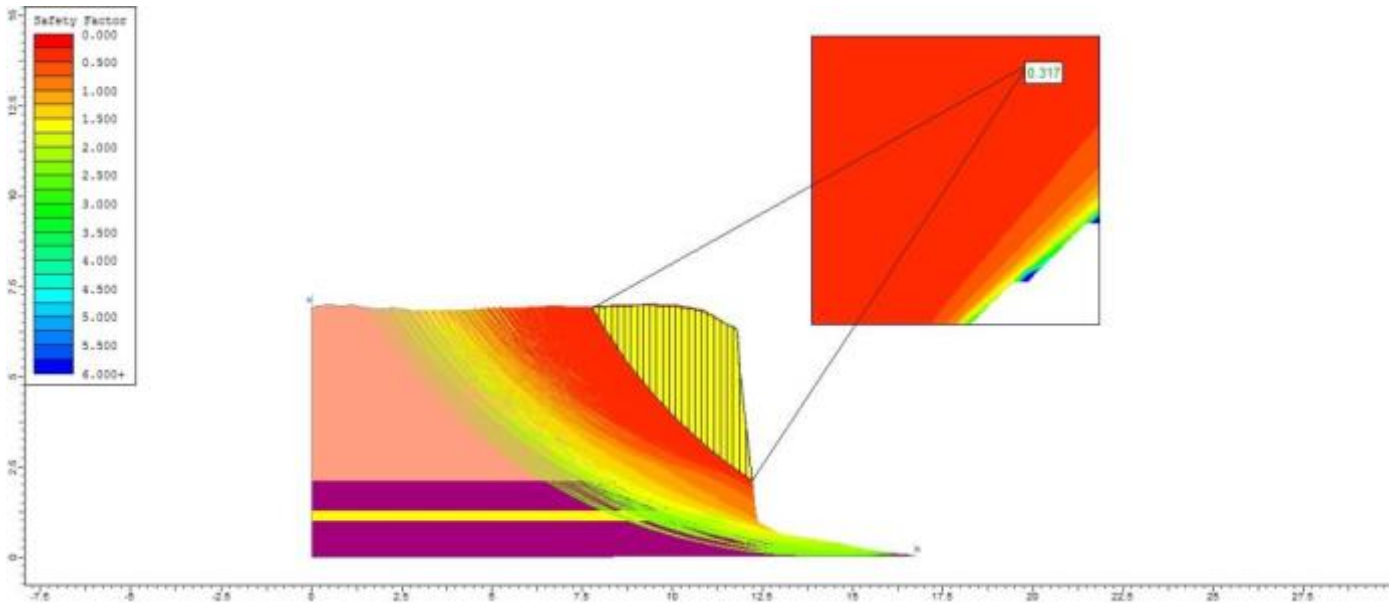
Método Bishop Simplificado (Bishop 1955)

Material Name	Color	Unit Weight (kN/m <sup>3</sup> )	Strength Type	Cohesion (kN/m <sup>2</sup> )	Phi	Water Surface	Ru
Relevo	Orange	17	Mohr-Coulomb	4.9	3.28	None	0
Suelo B	Purple	17.444	Mohr-Coulomb	72.1868	5.08	None	0
Cariza	Yellow	16	Mohr-Coulomb	48	25	None	0
Suelo A	Grey	25.17	Mohr-Coulomb	76.85	51.13	None	0
Aluvial	Light Orange	18.38	Mohr-Coulomb	5.39	27	None	0



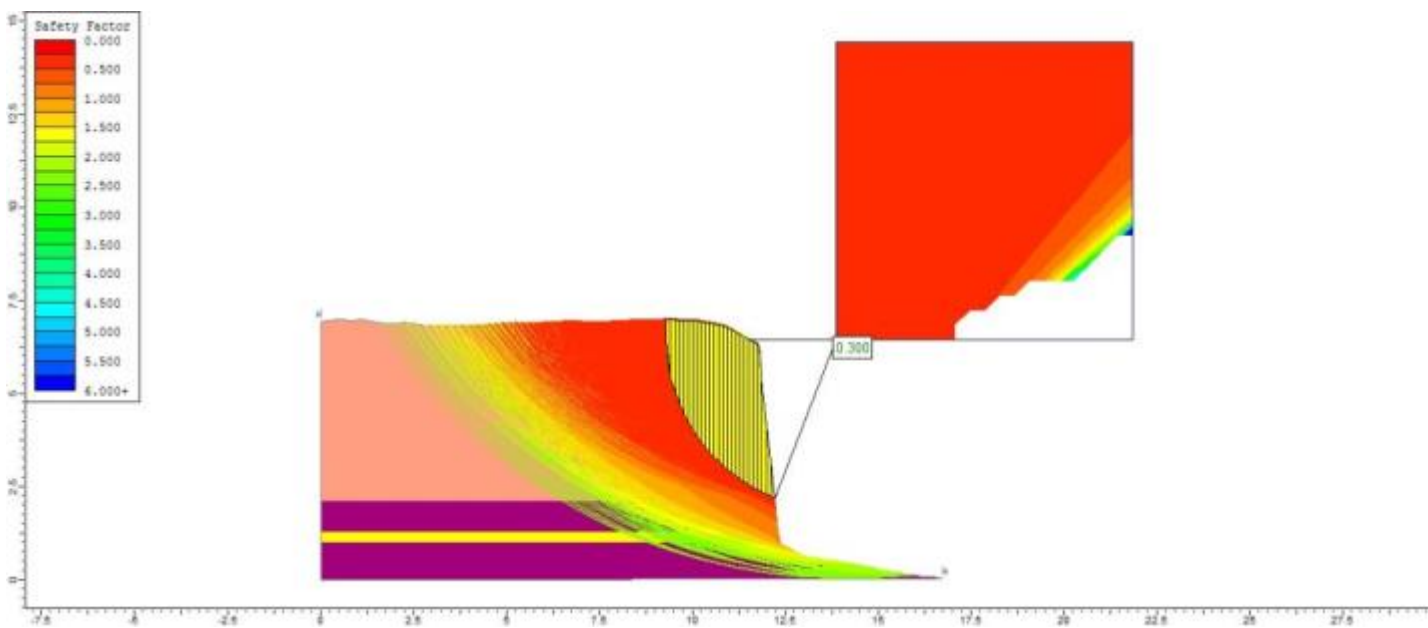
# Perfil "E"

Método Ordinario o de Fellenius (Fellenius 1927)



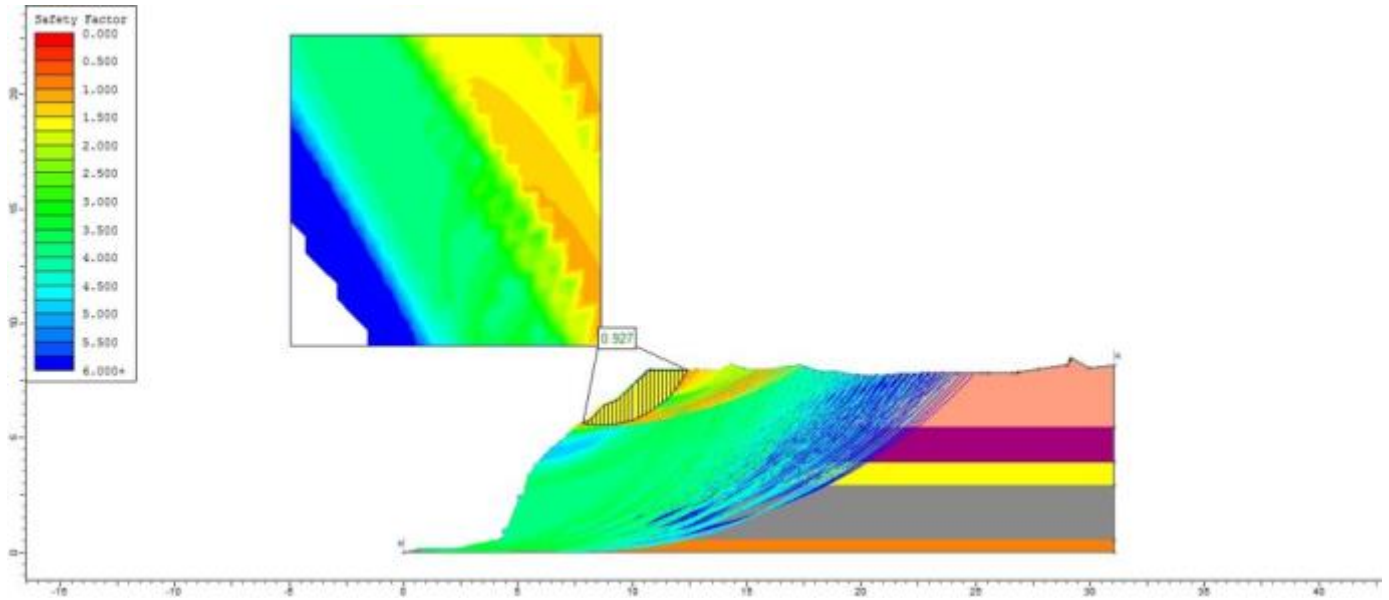
Método Bishop Simplificado (Bishop 1955)

Material Name	Color	Unit Weight (kN/m <sup>3</sup> )	Strength Type	Cohesion (kN/m <sup>2</sup> )	Phi	Water Surface	Ru
Releño	Light Red	17	Mohr-Coulomb	4.9	3.28	None	0
Suelo B	Purple	17.444	Mohr-Coulomb	72.1888	5.08	None	0
Cerisa	Yellow	18	Mohr-Coulomb	49	25	None	0



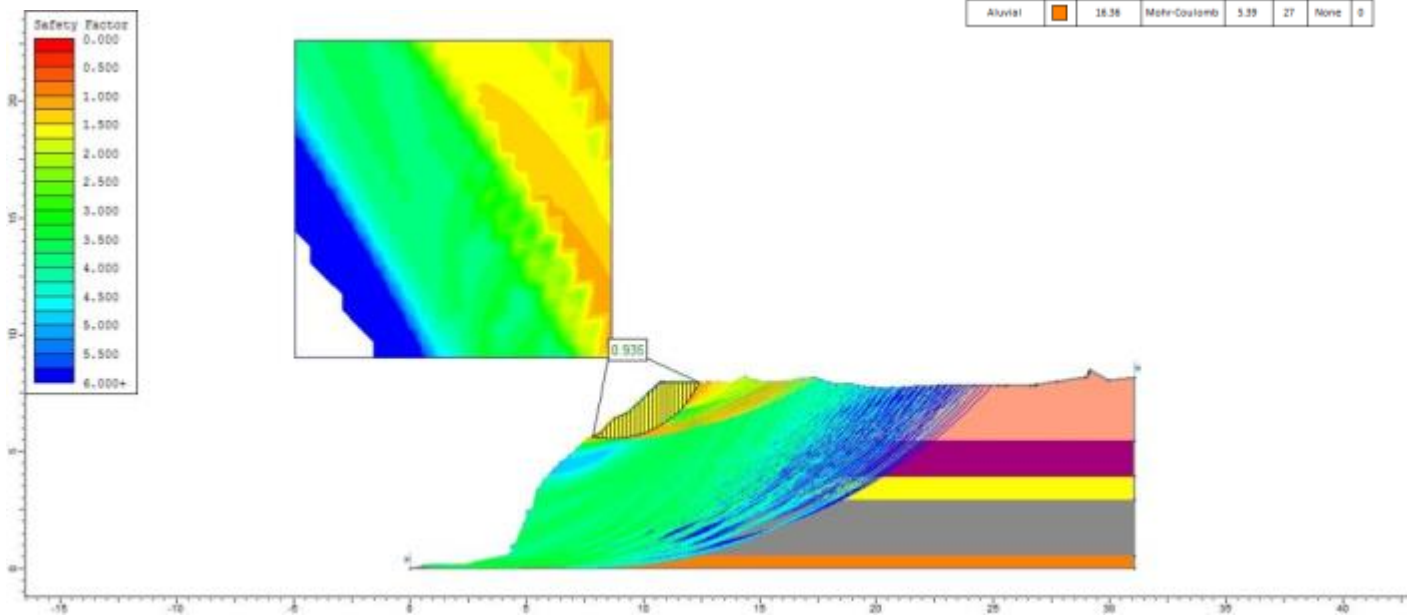
## Perfil "F"

Método Ordinario o de Fellenius (Fellenius 1927)



Método Bishop Simplificado (Bishop 1955)

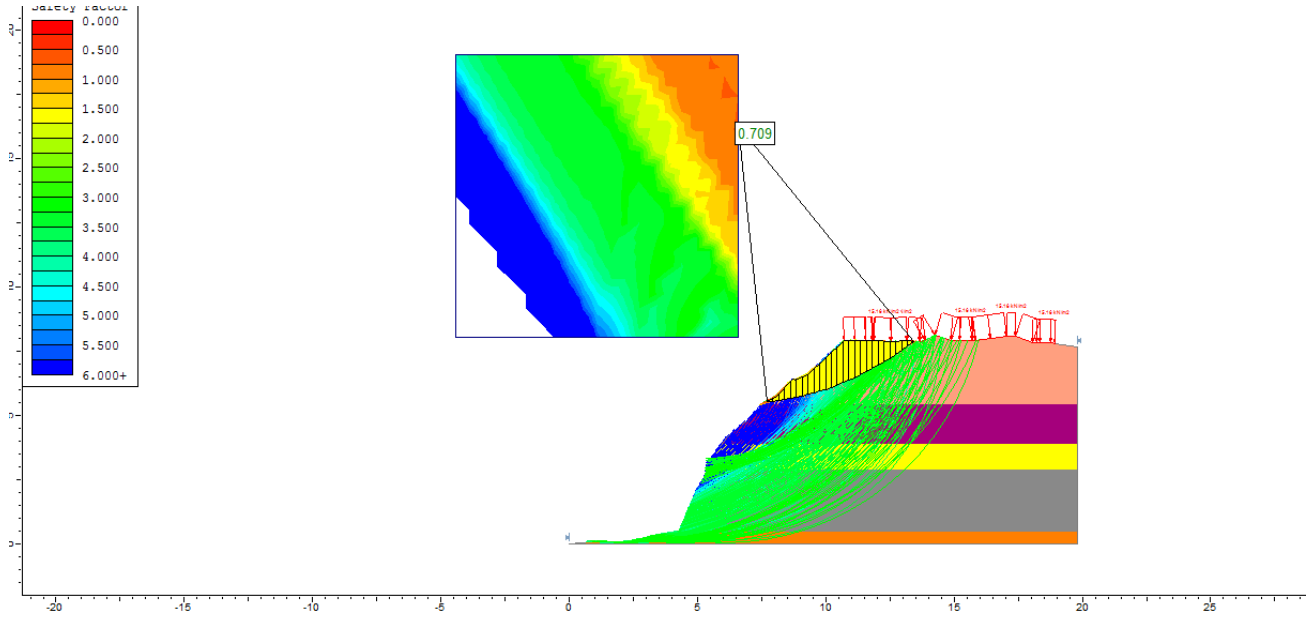
Material Name	Color	Unit Weight (kN/m <sup>3</sup> )	Strength Type	Cohesion (kN/m <sup>2</sup> )	Phi	Water Surface	Ra
Reteno		17	Mohr-Coulomb	4.9	3.28	None	0
Suelo B		17.444	Mohr-Coulomb	72.1868	5.08	None	0
ceniza		16	Mohr-Coulomb	48	25	None	0
Suelo A		25.17	Mohr-Coulomb	76.85	51.13	None	0
Aluvial		18.38	Mohr-Coulomb	5.39	27	None	0





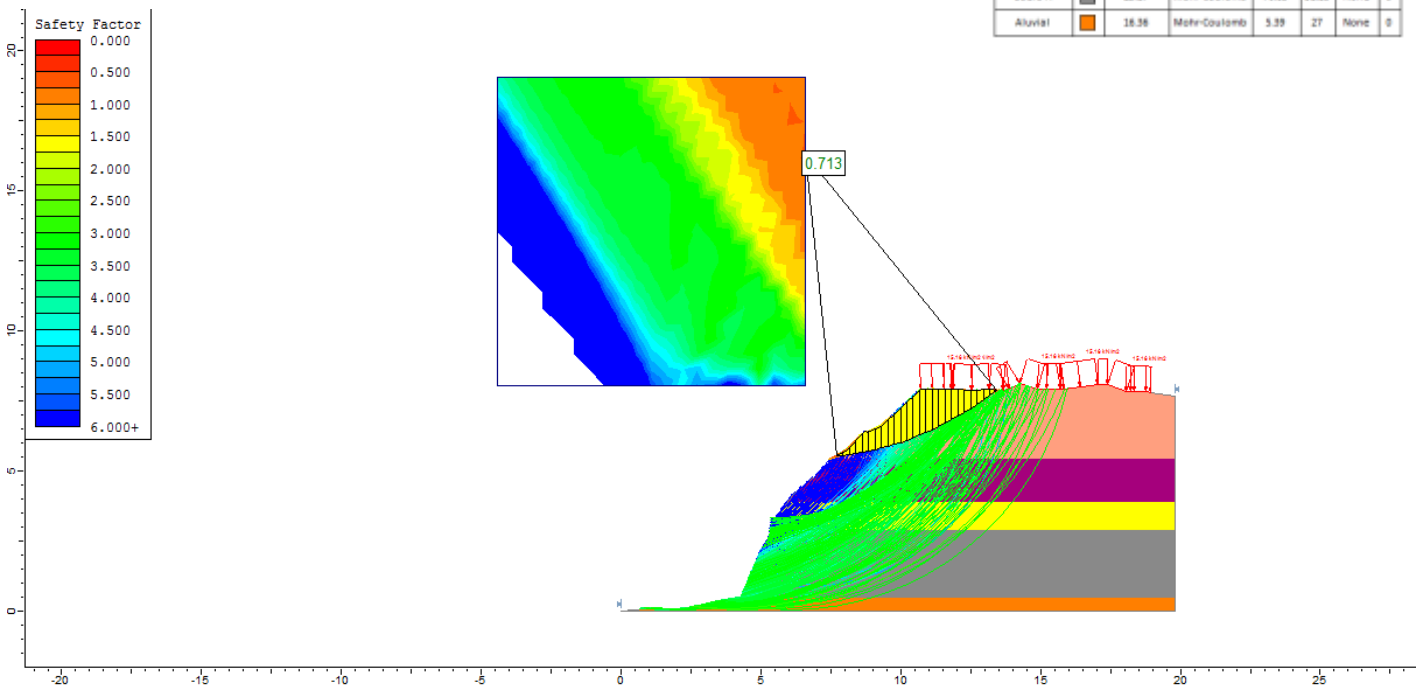
# Perfil "F" con carga

Método Ordinario o de Fellenius (Fellenius 1927)



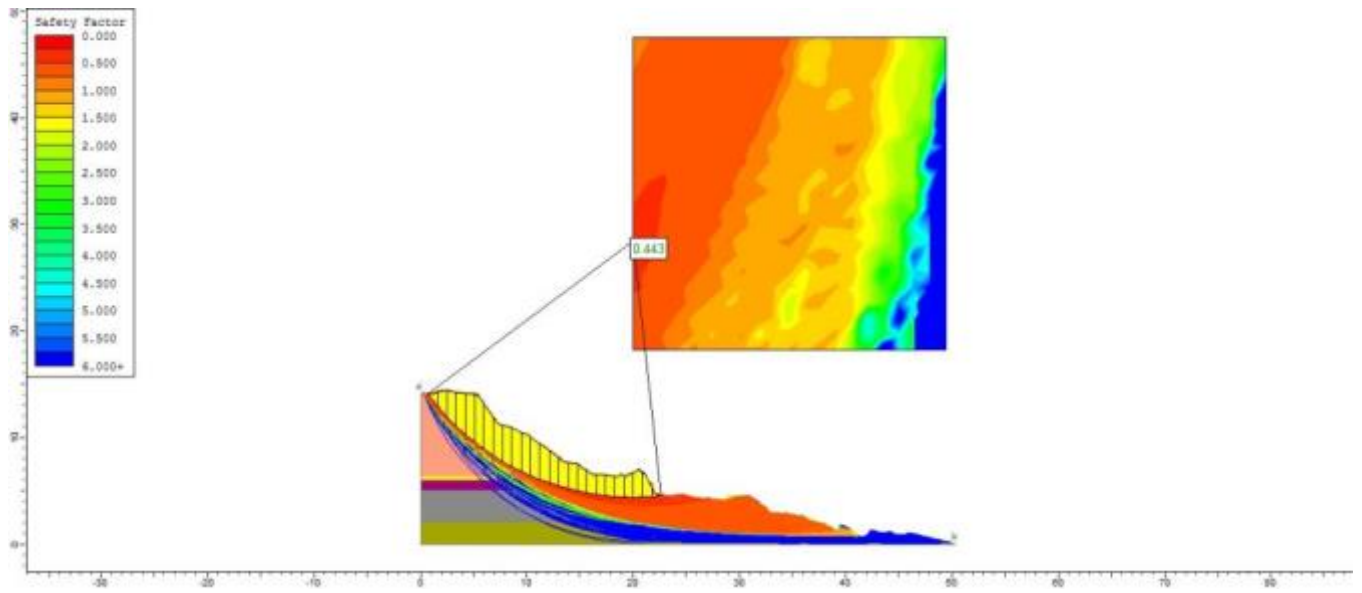
Método Bishop Simplificado (Bishop 1955)

Material Name	Color	Unit Weight (kN/m <sup>3</sup> )	Strength Type	Cohesion (kN/m <sup>2</sup> )	Phi	Water Surface	Ra
Retieno	[Red]	17	Mohr-Coulomb	4.9	9.28	None	0
Suelo B	[Purple]	17.444	Mohr-Coulomb	72.1868	5.88	None	0
Ceniza	[Yellow]	16	Mohr-Coulomb	49	25	None	0
Suelo A	[Grey]	25.17	Mohr-Coulomb	76.85	51.13	None	0
Aluvial	[Orange]	18.38	Mohr-Coulomb	5.39	27	None	0



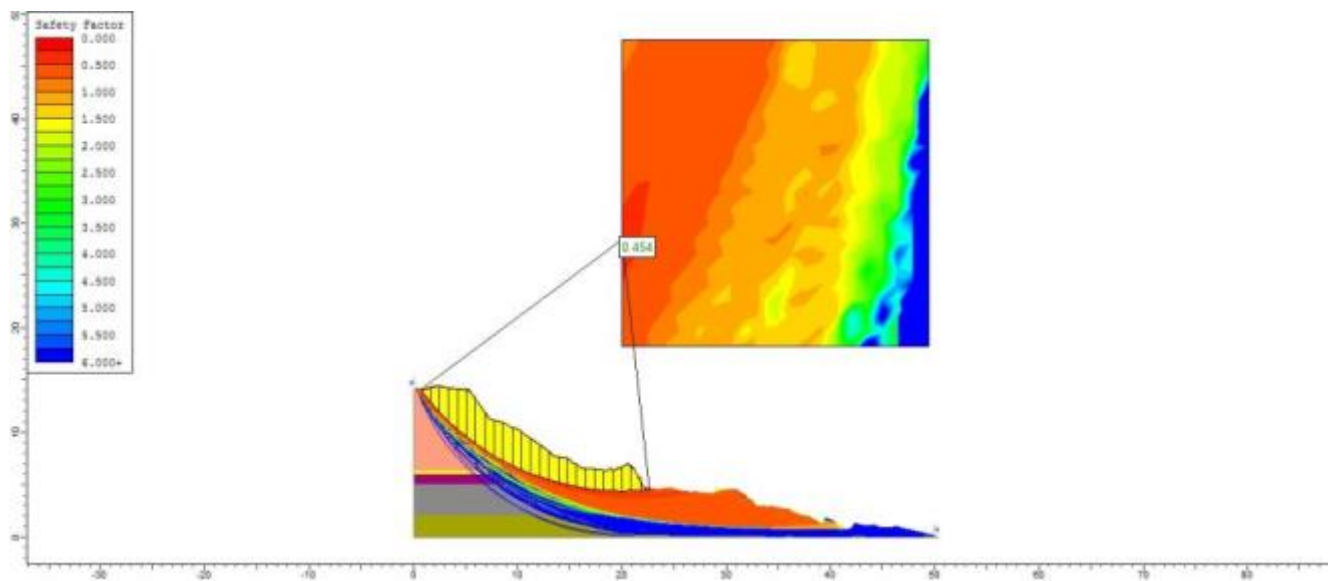
## Perfil "G"

Método Ordinario o de Fellenius (Fellenius 1927)



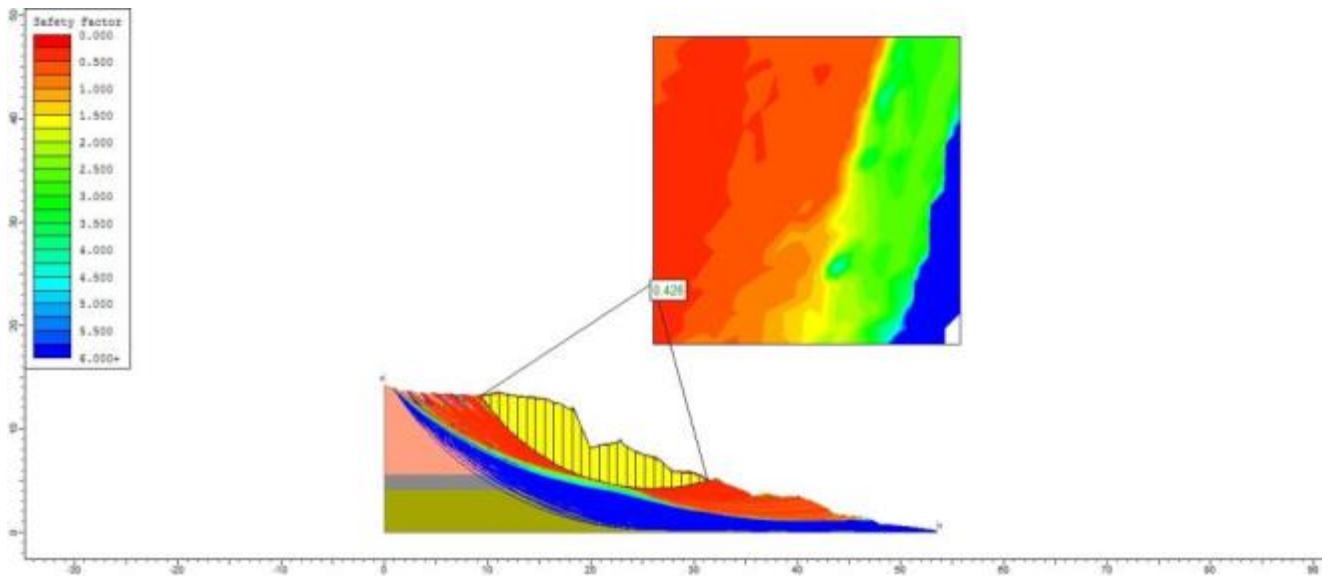
Método Bishop Simplificado (Bishop 1955)

Material Name	Color	Unit Weight (kN/m <sup>3</sup> )	Strength Type	Cohesion (kN/m <sup>2</sup> )	Phi	Water Surface	Pu
Repleno	Red	17	Mohr-Coulomb	4.9	3.28	None	0
Suelo B	Purple	17.464	Mohr-Coulomb	72.1868	5.08	None	0
Grava	Yellow	16	Mohr-Coulomb	49	25	None	0
Suelo A	Grey	25.17	Mohr-Coulomb	76.85	51.13	None	0
Cangagua	Green	25.2988	Mohr-Coulomb	343.5	60.8844	None	0



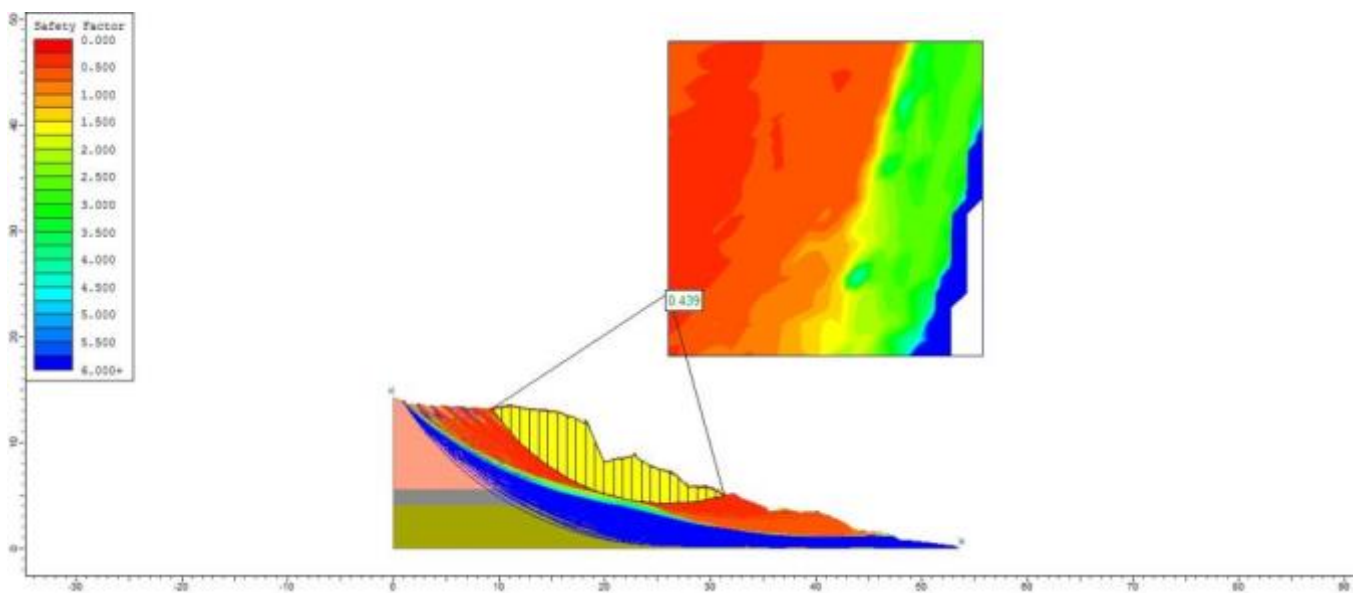
# Perfil "H"

Método Ordinario o de Fellenius (Fellenius 1927)



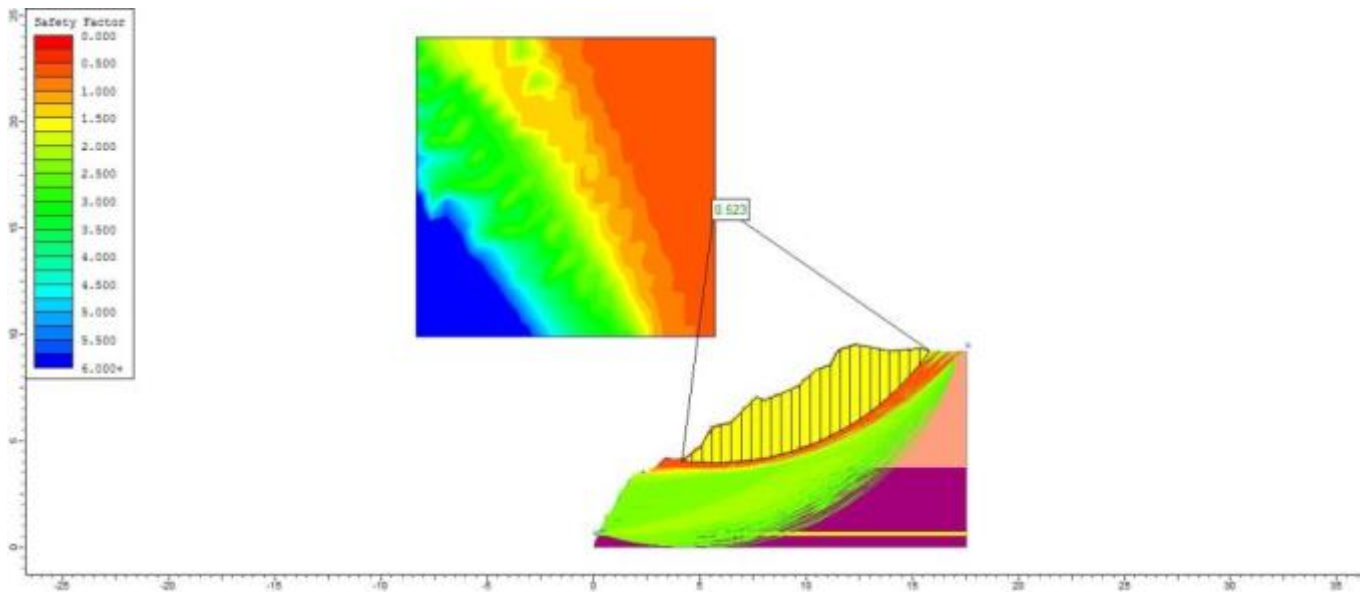
Material Name	Color	Unit Weight (kN/m <sup>3</sup> )	Strength Type	Cohesion (kN/m <sup>2</sup> )	Phi	Water Surface	Pi
Repleno	[Red]	17	Mohr-Coulomb	4.9	3.28	None	0
Suelo B	[Purple]	17.444	Mohr-Coulomb	72.1868	5.08	None	0
Ceniza	[Yellow]	16	Mohr-Coulomb	49	25	None	0
Suelo A	[Grey]	25.17	Mohr-Coulomb	76.85	51.13	None	0
Cangahua	[Green]	25.2998	Mohr-Coulomb	343.5	60.8844	None	0

Método Bishop Simplificado (Bishop 1955)



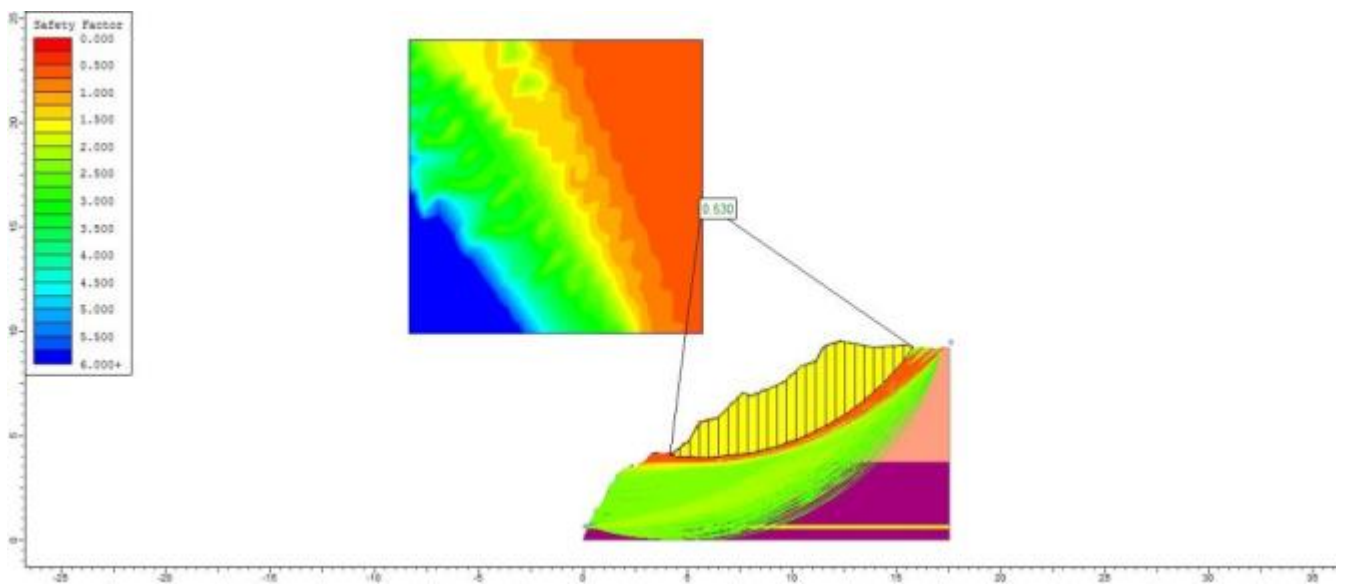
# Perfil "I"

Método Ordinario o de Fellenius (Fellenius 1927)



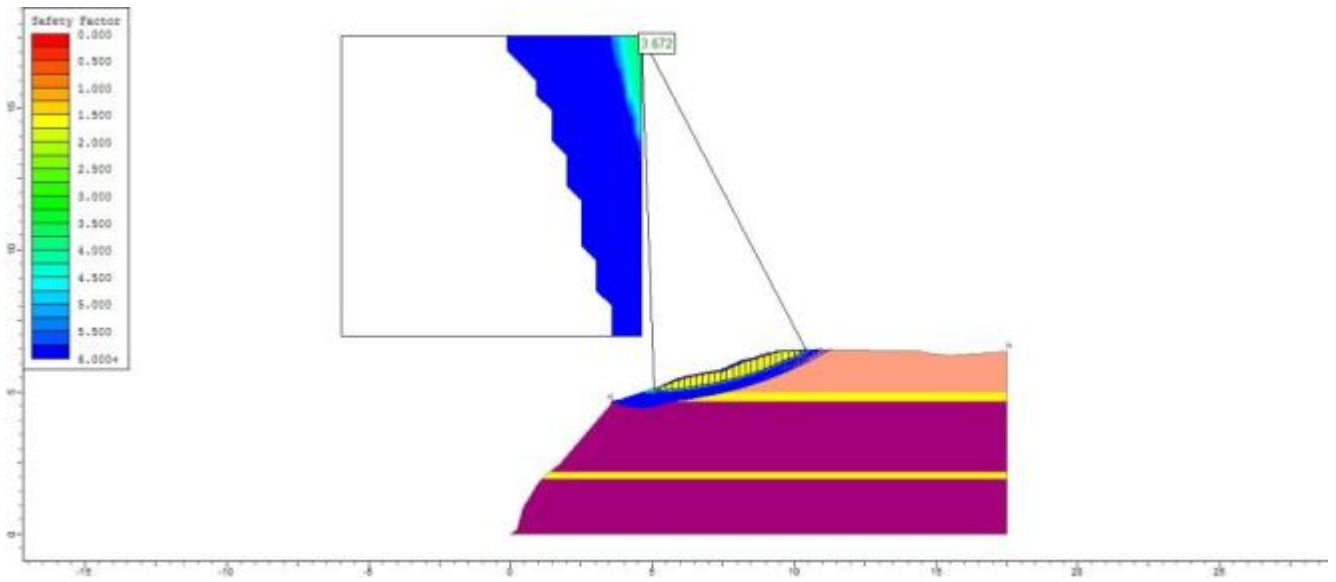
Material Name	Color	Unit Weight (kN/m <sup>3</sup> )	Strength Type	Cohesion (kN/m <sup>2</sup> )	Phi	Water Surface	Pu
Repleno	[Red]	17	Mohr-Coulomb	4.9	3.28	None	0
Suelo B	[Purple]	17.444	Mohr-Coulomb	72.1868	5.08	None	0
Ceniza	[Yellow]	18	Mohr-Coulomb	48	25	None	0

Método Bishop Simplificado (Bishop 1955)



# Perfil "J"

Método Ordinario o de Fellenius (Fellenius 1927)



Material Name	Color	Unit Weight (kN/m <sup>3</sup> )	Strength Type	Cohesion (kN/m <sup>2</sup> )	$\phi$	Water Surface	$\rho$
Repleno	Orange	17	Mohr-Coulomb	4.9	3.28	None	0
Suelo B	Purple	17.444	Mohr-Coulomb	72.1868	5.08	None	0
Ceniza	Yellow	18	Mohr-Coulomb	48	25	None	0

Método Bishop Simplificado (Bishop 1955)

