



UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA

UNIDAD ACADÉMICA DE INGENIERÍA, INDUSTRIA Y CONSTRUCCIÓN

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

“DISEÑO DE ESTABILIZACIÓN PARA EL MACRO DESLIZAMIENTO SOBRE QUEBRADA SAN PEDRO DE LOS OLIVOS, SECTOR SAN PEDRO DE LOS OLIVOS, PARROQUIA GUALACEO”

TRABAJO DE GRADUACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL

AUTORES:

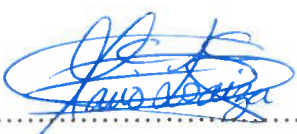
Fajardo Vasquez Edison Patricio.

Loaiza Medina Mario Vicente.

Ing. Msc. Luis Mario Almache Sánchez.

DECLARACION

Declaramos bajo juramento, que el contenido del trabajo descrito de titulación corresponde exclusivamente a: EDISON PATRICIO FAJARDO VASQUEZ y MARIO VICENTE LOAIZA MEDINA, la responsabilidad de las ideas, hechos y doctrinas expuestas son de responsabilidad de autores y no han sido presentadas por ningún otro trabajo.

F: 
Mario Vicente Loaiza Medina

C.I. 1104289069

F: 
Edison Patricio Fajardo Vasquez

C.I. 0107103913

CERTIFICACIÓN

Certifico en calidad de tutor del presente trabajo a tesis denominado: “DISEÑO DE ESTABILIZACIÓN PARA EL MACRO DESLIZAMIENTO SOBRE QUEBRADA SAN PEDRO DE LOS OLIVOS, SECTOR SAN PEDRO DE LOS OLIVOS, PARROQUIA GUALACEO”, fue elaborado y desarrollado por los estudiantes de la carrera de Ingeniería Civil, EDISON PATRICIO FAJARDO VASQUEZ y MARIO VICENTE LOAIZA MEDINA, bajo mi supervisión, reuniendo todos los requisitos para ser presentados y sustentados ante el tribunal.

F:

Ing. Msc. LUIS MARIO ALMACHE SÁNCHEZ

CONTENIDO

DEDICATORIA	1
AGRADECIMIENTOS	3
INTRODUCCIÓN	4
RESUMEN	5
ABSTRACT.....	7
CAPITULO I: GENERALIDADES	8
1.2 OBJETIVOS	9
1.3 UBICACIÓN	9
1.4 DESCRIPCIÓN ACTUAL DE LA ZONA DE ESTUDIO	12
1.5 ALCANCE.....	17
1.6 METODOLOGÍA	18
1.6.1 Topografía.....	18
1.6.2 Inspección de campo.....	18
1.6.3 Ensayos de Laboratorio.....	18
1.6.4 Interpretación de resultados.	19
1.6.5 Discusión de los datos obtenidos	19
CAPITULO II: ENSAYOS DE CAMPO Y LABORATORIO	20
2.1 TOPOGRAFÍA	20
2.2 GEOLOGÍA Y GEOMORFOLOGÍA	21
2.3 GEOLOGÍA REGIONAL	22
2.4 GEOLOGÍA LOCAL.....	22

2.5 GEOTECNIA.....	25
2.6 ENSAYOS REALIZADOS	26
2.7. PERFIL ESTRATIGRÁFICO DEL TALUD.....	39
2.8 SISMICIDAD	43
CAPITULO III: MODELACIÓN DE TALUD SITUACIÓN ACTUAL	47
3.1 CLASIFICACIÓN DEL MOVIMIENTO EN MASA DE LA ZONA DE ESTUDIO	47
3.2. MÉTODO DE EQUILIBRIO LIMITE.....	50
3.3. FACTOR DE SEGURIDAD	52
3.4 MODELACIÓN MEDIANTE SOFTWARE SLIDE 5.0	53
3.5 MODELACIÓN DEL TALUD EN CONDICIONES ACTUALES	54
3.6. ANÁLISIS DE ESTABILIDAD DIFERENTES CONDICIONES	55
CAPITULO IV: DISEÑO DE MEDIDAS ESTABILIZADORAS.....	61
4.1. DISEÑO DE MEDIDAS ESTABILIZADORAS.....	65
4.2 MEDIDAS DE REVEGETACIÓN	72
4.3 SISTEMA DE CONTROL Y EVACUACIÓN DE ESCORRENTÍA.	75
CAPITULO V. PRESUPUESTO.	86
CAPITULO VI: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES:	88
6.1 CONCLUSIONES	88
6.2 RECOMENDACIONES	90
6.3 BIBLIOGRAFÍA.	92

ÍNDICE DE GRÁFICOS.

Gráfica 1. Mapa de Ubicación de la Zona de Estudio, Fuente: Autor	11
Gráfica 2. Parroquias del Cantón Gualaceo, Fuente: Autor	12
Gráfica 3. Modelamiento de la Zona de Estudio, antes del movimiento de masas, Fuente: Autor	16
Gráfica 4. Modelamiento del Estado Actual de la Zona de Estudio, Fuente: Autor	16
Gráfica 5. Levantamiento Topográfico de la zona de estudio, Fuente: Autor	20
Gráfica 6. Mapa Geológico del Cantón Gualaceo, Fuente: Estudio e investigación de amenazas, vulnerabilidad y riesgos en la provincia del Azuay	24
Gráfica 7. Ubicación de los ensayos geotécnicos ejecutados sobre el área de estudio, Fuente: Autor	26
Gráfica 8. Circulo de Mohr	32
Gráfica 9. Mapa Geológico del Ecuador, Gualaceo, Fuente: INIGEMM (Instituto Nacional de Investigación Geológico, Minero y Metalúrgico)	39
Gráfica 10. Zona geológica del área en Estudio, Fuente: Autor	39
Gráfica 11. Perfil estratigráfico cantón Gualaceo Fuente: INIGEMM (Instituto Nacional de Investigación Geológico, Minero y Metalúrgico)	40
Gráfica 12. Configuración tectónica. Tomado de Trenkamp et al., 2002	44
Gráfica 13. Ecuador, Zonas sísmicas para propósitos de diseño y el valor del factor de zona z, Fuente: NEC-15	45
Gráfica 14. Factor z en función de la zona sísmica adoptada, Fuente: NEC-15, Peligro Sísmico, Tabla 1	45
Gráfica 15. Razón analítica de la componente Vertical de sismo Fuente: NEC-15, Peligro Sísmico	46

Gráfica 16. Representación de un movimiento de tipo deslizamiento. Fuente: Figura 1.14	
Deslizamiento en suelos blandos (Suarez, 1998).....	47
Gráfica 17. Efecto de deslizamiento a rotación. Fuente: Figura 1.16 Efectos de la estructura en la formación de deslizamientos a rotación (Suarez, 1998).....	49
Gráfica 18.Deslizamiento de Traslación. Fuente: Figura 1.17 Deslizamiento de translación en la vía Tijuana - Ensenada en México. (Suarez, 1998).....	50
Gráfica 19. Formula simplificada de Bishop, Fuente: (Suarez, 1998), pág. 132	53
Gráfica 20. Modelamiento del talud de estudio, Fuente: Autor	55
Gráfica 21. Factor de seguridad bajo condiciones reales Fuente: Autor.....	56
Gráfica 22. Parámetros Sísmicos, Fuente: Autor.	57
Gráfica 23. Factor de seguridad bajo condiciones sísmicas horizontal y vertical Fuente: Autor.	57
Gráfica 24. Factor de seguridad con nivel freático en superficie longitudinal del talud, Fuente: Autor.	58
Gráfica 25. Factor de seguridad con nivel freático a 5 metros de profundidad, Fuente: Autor	59
Gráfica 26. Conformación del talud y berma. Fuente: Autor.....	65
Gráfica 27. Perfiles del terreno natural, taludes y bermas diseñados. Fuente: Autor	66
Gráfica 28. Factor de seguridad bajo condiciones reales, Fuente: Autor.....	67
Gráfica 29. Factor de seguridad bajo condiciones Sísmicas. Fuente: Autor.....	67
Gráfica 30. Parámetros de peso específico, cohesión y ángulo de fricción; Serie Paute. Fuente: Autor	68
Gráfica 31. Parámetros de peso específico, cohesión y ángulo de fricción; Formación Tarqui. Fuente: Autor.....	68

Gráfica 32 Parámetros de peso específico, cohesión y ángulo de fricción; Depósitos Coluviales Fuente: Autor	69
Gráfica 33. Factor de seguridad bajo condiciones Sísmicas mejorando características del Material	69
Gráfica 34. Parámetros de peso específico, cohesión y ángulo de fricción; Serie Paute	70
Gráfica 35. Parámetros de peso específico, cohesión y ángulo de fricción; Serie Paute. ...	70
Gráfica 36. Parámetros de peso específico, cohesión y ángulo de fricción. Fuente: Autor.	71
Gráfica 37. Modelación del Talud y Factor de seguridad. Fuente: Autor.....	71
Gráfica 38. Sección del sistema de drenaje tipo “Dren Francés”. Fuente: Recuperado:	76
Gráfica 39. Área de aportación al dren francés. Fuente: Autor	77
Gráfica 40. . MAPA TEMÁTICO DE PENDIENTES DEL CANTÓN GUALACEO. Fuente: Autor	80
Gráfica 41. MAPA TEMÁTICO DE USO DE SUELO DEL CANTÓN GUALACEO Fuente: Autor	81
Gráfica 42. Coeficientes de permeabilidad- Fuente: Recuperado: http://www.fao.org/tempref/FI/CDrom/FAO_Training/FAO_Training/General/x6706s/x6706s09.htm	82
Gráfica 43. Cuadro de precipitación Anual del Cantón Gualaceo. Fuente: Anuario Meteorológico Nro.51-2011 (INAMHI, pág. 61)	84

ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS.

Fotografía 1. Macro Deslizamiento Zona de Estudio, Fuente: Autor	13
Fotografía 2. Plano de Falla de la Zona de Estudio, Fuente: Autor	14
Fotografía 3. Flujo Hídrico de la zona de estudio, Fuente: Autor	14

Fotografía 4. Piscina de Recolección de agua, Fuente: Autor	15
Fotografía 5. Acceso vial, Fuente: Autor	15
Fotografía 6. Calicata 1, Fuente: Autor	27
Fotografía 7. Calicata 2. Fuente: Autor	28
Fotografía 8. Calicata 3, Fuente: Autor	29
Fotografía 9. Calicata 4, Fuente: Autor	30

ÍNDICE DE TABLAS.

Tabla 1. Coordinadas Ubicación de las calicatas extraídas, Fuente: Autor.....	26
Tabla 2. Profundidad de extracción, Fuente: Autor.....	27
Tabla 3. Perfil estratigráfico Calicata 1; Características geomecánicas del suelo, Fuente: Autor....	28
Tabla 4. Perfil estratigráfico calicata 2; Características geomecánicas del suelo, Fuente: Autor	29
Tabla 5. Perfil estratigráfico calicata 3; Características geomecánicas del suelo, Fuente: Autor	30
Tabla 6. Perfil estratigráfico calicata 4; Características geomecánicas del suelo, Fuente: Autor	31
Tabla 7. Factores modificados de Capacidad de Terzaghi	34
Tabla 8. Características mecánicas del suelo y factores de capacidad de carga, Fuente: Autor.....	35
Tabla 9. Capacidad de carga de acuerdo al tipo de cimentación a diferentes profundidades, Fuente: Autor.....	35
Tabla 10. Parámetros geo mecánicos de suelos que componen la zona de San Pedro de los Olivos,	38
Tabla 11. Parámetros físico - mecánicos de la Serie Paute, Fuente: (PRECUPA 1998).....	41
Tabla 12. Parámetros físico - mecánicos, formación Tarqui; Fuente: Proyecto PRECUPA.....	42
Tabla 13. Parámetros físico-mecánicos, depósitos coluviales; Fuente: Proyecto PRECUPA.	43
Tabla 14. Factores de seguridad para diferentes condiciones de análisis, Fuente: NEC 2015	60
Tabla 15. Resumen de factores obtenido en la modelación y análisis en SLIDE 5.0, Fuente: Autor.	60

Tabla 16. Pendientes típicas taludes en terraplenes Fuente: Suarez Jaime, Deslizamiento tomo II	
Técnicas de Remediación.	63
Tabla 17. Características de Vegetación Para estabilización.....	74
Tabla 18. Coeficiente de escorrentía (C) según Benítez. Fuente: Tablas del Manual de diseño Geométrico de Carreteras 2003.....	79
Tabla 19. Coeficiente de escorrentía (C) según V. Molina. Fuente: Tablas del Manual de diseño Geométrico de Carreteras 2003.....	79
Tabla 20. Clases de permeabilidad de los suelos para obras de ingeniería Civil. Fuente: Recuperado: http://www.fao.org/tempref/FI/CDrom/FAO_Training/FAO_Training/General/x6706s/x6706s09.htm	
.....	83
Tabla 21. Coeficientes de Escorrentía. Fuente: Autor.....	83

DEDICATORIA

Este trabajo de titulación, lo dedico a mis padres, Manuel y María; quienes que con sus esfuerzos supieron encaminar en cada uno de los procesos de esta larga trayectoria educativa, con valores y experiencias de vida; además, a cada uno de los individuos que hicieron posible el desarrollo del mismo hasta su finalización.

Edison Patricio Fajardo Vasquez.

DEDICATORIA

A Dios que con su bondad y sabiduría me ha sabido guiar en todas las etapas de mi vida, de igual manera a mis padres que con su esfuerzo, comprensión y cariño me han apoyado incondicionalmente a culminar mis estudios, a mi hija que es el motor de mi vida, a mis hermanos por estar siempre junto a mi apoyándome en todas mis decisiones.

Loaiza Medina Mario Vicente.

AGRADECIMIENTOS

Gracias, a nuestro tutor por su paciencia, motivación y aliento en cada una de las etapas de este trabajo; las cuales permitieron que la presente llegue a su fin. Además, queda recalcar que las experiencias obtenidas fueron de aporte sustancial debido al criterio y profesionalismo que el posee.

Gracias a nuestra familia y amigos que apoyaron con entusiasmo y aliento en este camino fácil y difícil a la vez, que en conjunto con buenos augurios nos llenaron de motivación para no desistir y seguir en el cumplimiento de nuestra meta, que hoy culmina.

INTRODUCCIÓN

En la zona de San Pedro de los Olivos, parroquia Gualaceo del cantón Gualaceo, se ha suscitado un fenómeno denominado movimiento de masas, el mismo antes mencionado produce inseguridad a los habitantes que se ubican en el cerro en movimiento. Es por ello que, se ha generado un proyecto cuya objetividad es la brindar soluciones al fenómeno definido, dichas soluciones deberán garantizar la estabilidad del cerro, cumpliendo de las normativas aplicables y criterios de análisis. Para la determinación del diseño que propicie de manera segura la estabilidad, se requiere una metodología que abarque aspectos tanto físicos de la zona como también parámetros geométricos, físicos-mecánicos, geológicos y las composiciones de estratos. Estos se determinarán de manera práctica, visual y bibliográfica. Posteriormente a la metodología, se deberá garantizar un diseño funcional, seguro y económico, que brinde los factores descrito en normativas, así como del costo total de su implementación.

El contenido general, contendrá todos y cada uno de los procedimiento, criterios y metodología empleada para la obtención de las propiedades y medidas de estabilización de la zona estudiada, presentando como producto final, diseño del talud, planos, presupuesto, conclusiones y recomendaciones en función al análisis ejecutado del proyecto.

RESUMEN

El sector San Pedro de los Olivos, ubicado en el Cantón Gualaceo, perteneciente a uno de los sectores de la denominada zona 1, del reglamento especial No 351 para precautelar la vida, la salud y el ambiente en la zona de la Josefina, provincia del Azuay, presenta inconvenientes en cuanto a temas de movimiento de masas. Dicho fenómeno afecta a uno de los cerros del sector, el mismo que se ubica junto a la quebrada San Pedro de los Olivos. Es por ello que se realizó una investigación para catalogar el tipo de movimiento que presenta, características físico-mecánicas, de manera bibliográfica y visual del perfil estratigráfico, con la objetividad de determinar las medidas de estabilización bajo las condicionantes de análisis.

El movimiento de la zona de estudio, corresponde a un deslizamiento rotacional, el cual afecta a los depósitos coluviales y posiblemente a la formación Tarqui, que son formaciones geológicas de la zona. Los depósitos coluviales corresponden a arenas arcillosas SC, según la clasificación SUCS; en base a los ensayos de laboratorio realizados, las 4 calicatas obtenidas de la zona presentan este componente. Una vez determinada las características geométricas del talud, así como las propiedades físicas y mecánicas, se procedió con la modelación de la ladera en base al perfil topográfico obtenido de la zona. Esto se realizó con la ayuda del software especializado Slide 5.0, utilizando la metodología de equilibrio limite y el criterio de Bishop.

Los factores de seguridad obtenidos fueron encontrados bajo condiciones naturales, sísmicas y con niveles de nivel freático fluctuante; los valores encontrados presentan inestabilidad general de la masa al tener valores inferiores a la unidad.

Como medidas Paliativas a la inestabilidad de la zona, se realizó el cambio de geometría del perfil mediante la conformación de taludes y bermas, además de incluir un sistema de evacuación del agua generada por la escorrentía, misma será captada y conducida hacia el cauce de la quebrada existente en el sitio. Dado estas medidas de estabilidad, las propiedades mecánicas del suelo mejoran notablemente, lo cual garantiza tener una estabilidad global del talud con un factor de seguridad acorde a los estipulados en la normativa vigente NEC-2015.

Palabras Claves

MOVIMIENTO DE MASAS – PERFIL ESTRATIGRÁFICO – COBERTURA GEOLÓGICA–
EQUILIBRIO LÍMITE - ESTABILIDAD – FACTOR DE SEGURIDAD

ABSTRACT

The sector San Pedro de los Olivos, located in Canton Gualaceo, belonging to one of the sectors of the so-called zone 1, of special regulation No. 351 to protect life, health and the environment in Josefina area, province of Azuay, presents drawbacks in terms of mass movement issues. This phenomenon affects one of the hills of the sector, the same that is located next to the San Pedro de los Olivos canyon. That is why an investigation was carried out to catalogue the type of movement that presents, physicalmechanical characteristics, in a bibliographic and visual way of the stratigraphic profile, with the objectivity of determining the stabilization measures under the analysis conditions. The movement of the study area corresponds to a rotational slip, which affects the colluvial deposits and possibly the Tarqui formation, which are geological formations of the area. The colluvial deposits correspond to clayey sands SC, according to the SUCS classification; based on the laboratory tests performed, the 4 pits obtained from the area present this component. Once the geometric characteristics of the slope were determined, as well as the physical and mechanical properties, the slope was modelled based on the topographic profile obtained from the area. This was done with the help of specialized software Slide 5.0, using the limit equilibrium methodology and the Bishop criterion. The safety factors obtained were found under natural, seismic conditions and with fluctuating groundwater table levels; the found values present general instability of the mass by having inferior values to the unit. As palliative measure of the instability of the area, the geometry of the profile was changed by forming slopes and berms, as well as including a water evacuation system generated by the runoff, which will be captured and conducted to the river bed of a canyon on the site. Given these stability measures, the mechanical properties of the soil improve remarkably, which guarantees an overall stability of the slope with a safety factor according to the stipulations in the current NEC-2015 regulations.

KEYWORDS: MASS MOVEMENT - STRATIGRAPHIC PROFILE - GEOLOGICAL COVERAGE - LIMIT BALANCE - STABILITY - SECURITY FACTOR

CAPITULO I: GENERALIDADES

1.1. ANTECEDENTES

El Ecuador debido a su localización geográfica y características geológicas es propenso a sufrir una serie de fenómenos naturales, entre ellos de gran magnitud como es el de movimiento de masas, especialmente en las zonas de cuya característica topográfica presentan geometrías montañosas; en donde, la estabilidad de los taludes se encuentra estrictamente involucrado a los fenómenos físicos que ocurran en el sitio y cuál es la respuesta ante los mismos.

Los fenómenos naturales que se encuentran relacionados con el agua, el impacto sísmico o fenómenos como el de cargas actuantes en el sitio; además, de generar vulnerabilidad, riesgo e impacto; perjudican directamente o indirectamente al desarrollo económico, así como de movilidad.

En el sector San Pedro de los Olivos, en el cerro cuya ubicación se encuentra junto a la quebrada que lleva el nombre del sector, se halla afectada por el fenómeno de movimiento en masa, el mismo que obstaculiza su curso natural provocando desviaciones del cauce hídrico; es por ello el propósito de este proyecto de investigación, el mismo que propondrá medidas de estabilización del talud, garantizando la economía, seguridad y funcionalidad.

Los proyectos de estabilización de taludes, requieren un alto estándar de actuación en todas las fases de análisis, debido a la gran magnitud de volúmenes de material, dicha evaluación es directamente dependiente a la resistencia y distribución de esfuerzos actuantes en la masa del suelo o a su vez a las condiciones hidráulicas existentes. En el área del estudio sobre el movimiento de masas, existen autores como es el caso de Collin (1845), el cual dio a conocer las terminologías de deslizamientos, superficies de falla en los taludes y además idealizó mecanismos que se enlaza con la actual forma de análisis como es el ejemplo del empleo de la metodología de equilibrio límite.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 OBJETIVO GENERAL

Generar el diseño de las medidas de estabilización para el macro deslizamiento sobre quebrada San Pedro de los Olivos, sector San Pedro de los Olivos, parroquia Gualaceo.

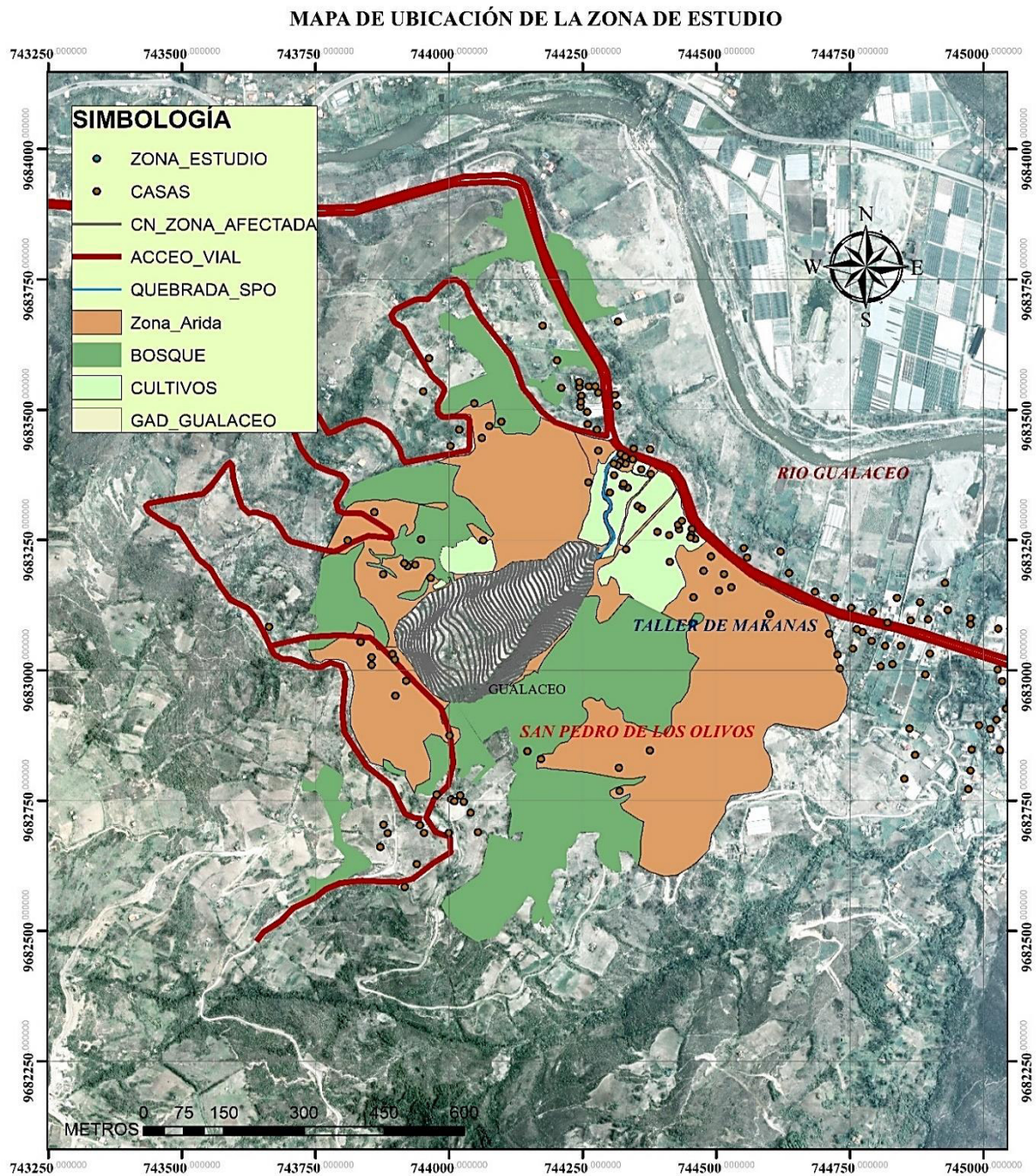
1.2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Efectuar el levantamiento topográfico del área en estudio, para determinar los posibles parámetros de modelamiento.
- Determinar las características y propiedades físico – mecánicas de los suelos existentes en la zona de estudio
- Especificar y describir las particularidades geológicas regionales y locales donde se encuentra localizada la zona en estudio.
- Valorar el comportamiento y calidad de los materiales donde se efectuará las medidas de estabilización.
- Modelar el talud en diferentes condiciones actuantes, en función a los perfiles generados, que proporcionen las medidas de estabilidad.
- Valorar el factor de seguridad de los taludes en condiciones actuales y posteriormente luego de implementar las medidas de estabilización.
- Realizar el análisis de las diferentes medidas de sostenimiento del talud que existen.
- Exponer conclusiones y recomendaciones.

1.3 UBICACIÓN

El área de estudio se encuentra localizada sobre la región interandina del Ecuador, provincia del Azuay, del Cantón Gualaceo, sector San Pedro de los Olivos. El área de interés forma parte de la considerada Zona 1, según el registro oficial No 351 REGLAMENTO ESPECIAL PARA PRECAUTELAR LA VIDA, LA SALUD Y EL AMBIENTE EN LA ZONA DE LA

JOSEFINA, PROVINCIA DEL AZUAY, decretada el 29 de diciembre del 2010. Este reglamento corresponderá estrictamente a los sectores cuyas coordenadas se encuentran en el artículo 2 del capítulo 1; las cuales se demarcan en sistema de georreferencia UTM PSAD 56 ZONA 17 SUR, en donde contemplan las siguientes; (9686000, 739000); (9683000, 749000), norte y este, respectivamente. Transformando los datos inscritos en el decreto oficial a coordenadas UTM WGS84 ZONA 17 SUR, se tiene (9685625.99, 738741.08), (9682625.99, 748741). En el gráfico 1, se puede observar la ubicación de la superficie en estudio y uso de suelo aledaño, mientras que el gráfico 2, demuestra la distribución parroquial. El área de análisis de este trabajo de investigación se encuentra localizada sobre el sector San Pedro de Los Olivos, parroquia Gualaceo.



Gráfica 1. Mapa de Ubicación de la Zona de Estudio, Fuente: Autor

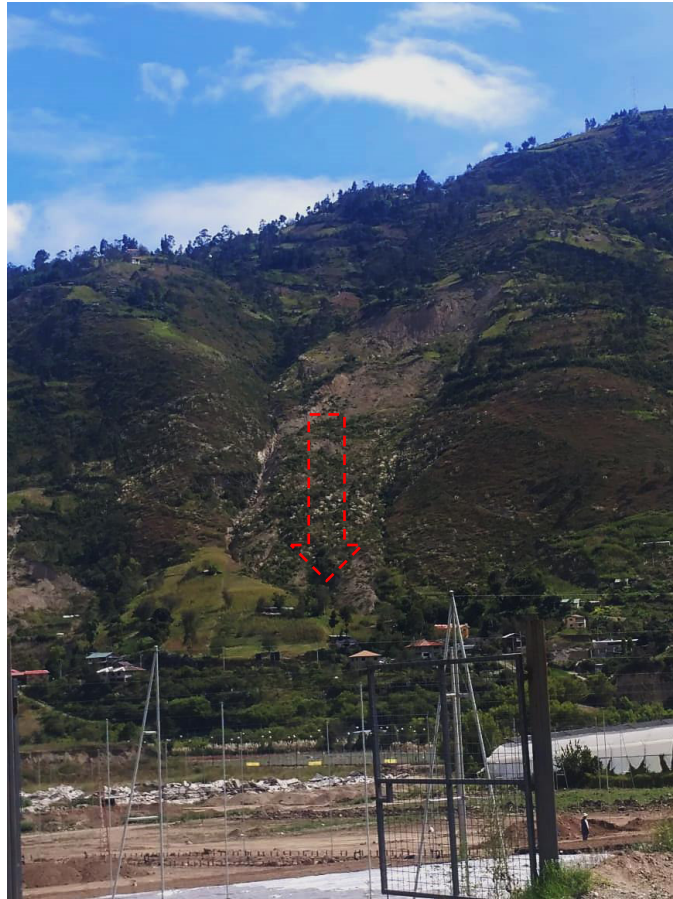
DISTRIBUCIÓN PARROQUIAL DEL CANTÓN GUALACEO.



Gráfica 2. Parroquias del Cantón Gualaceo, Fuente: Autor

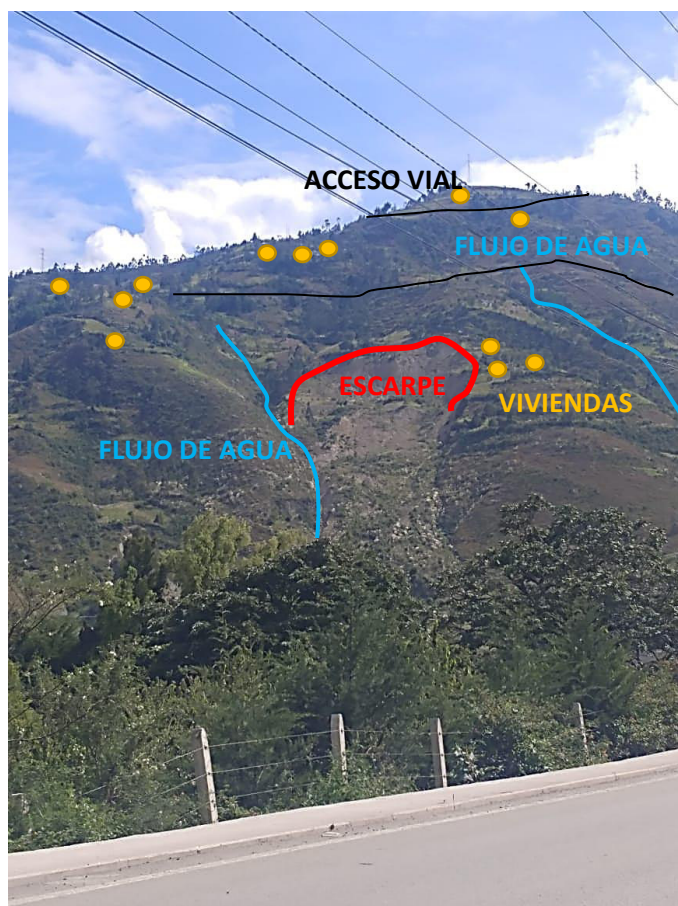
1.4 DESCRIPCIÓN ACTUAL DE LA ZONA DE ESTUDIO

La zona de estudio, contempla una altitud comprendida entre los 2300 hasta los 2581 m.s.n.m y un área de 5.3 hectáreas. La zona de estudio como se la ha denominado para fines de investigación, presenta un fenómeno de movimiento de gran magnitud de tierra, la misma que obstaculiza el curso del flujo hídrico de una quebrada con nombre del sector, generando vulnerabilidad a estructuras aledañas, sembríos y vías de acceso.



Fotografía 1. Macro Deslizamiento Zona de Estudio, Fuente: Autor

Como se puede observar en la Fotografía 1, la magnitud del movimiento de tierra es de gran extensión, la cual actualmente está al pie del talud, formado por dicho fenómeno. Este volumen de material desplazado al estar depositado al pie del área de estudio obstaculiza y es índice de peligro para los moradores que transitan en las zonas colindantes. En la Fotografía 2, muestra a certeza el plano de falla y el nivel de afección actuante en condiciones actuales.



Fotografía 2. Plano de Falla de la Zona de Estudio, Fuente: Autor

Otra de las características encontradas de manera visual, es la presencia de agua que se encuentra en el talud, la misma que los moradores la usan para fines ganaderos y agrícolas. La Fotografía 3 y 4, presentan las evidencias al caso.



Fotografía 3. Flujo Hídrico de la zona de estudio, Fuente: Autor



Fotografía 4. Piscina de Recolección de agua, Fuente: Autor

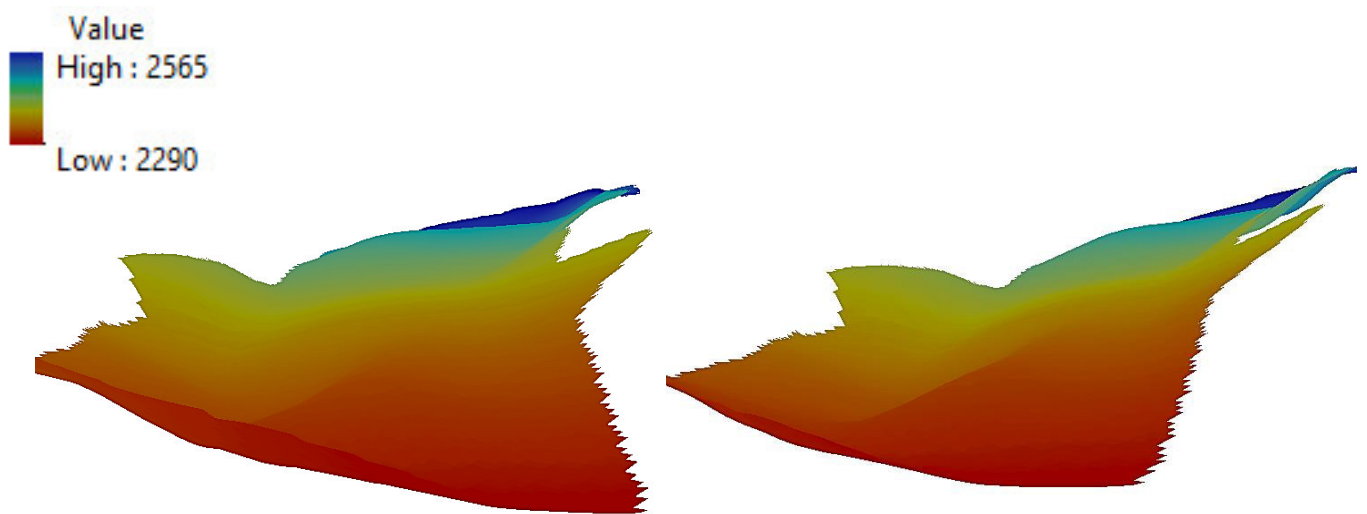
Como es posible observar en la Fotografía 4, en una zona aledaña al área de investigación, se ha generado piscinas de recolección de agua, las cuales son conducidas a lo largo del talud y almacenadas en la parte inferior del mismo.

Otro de los aspectos visualizados en el sitio, es una vía de acceso al sector en la cabecera del talud, sin ningún tipo de estructura de conducción de agua, por lo que el escurrimiento y bajo efecto de gravedad estos viajan a través del talud, provocando peso y generando inestabilidad. (Fotografía 5).

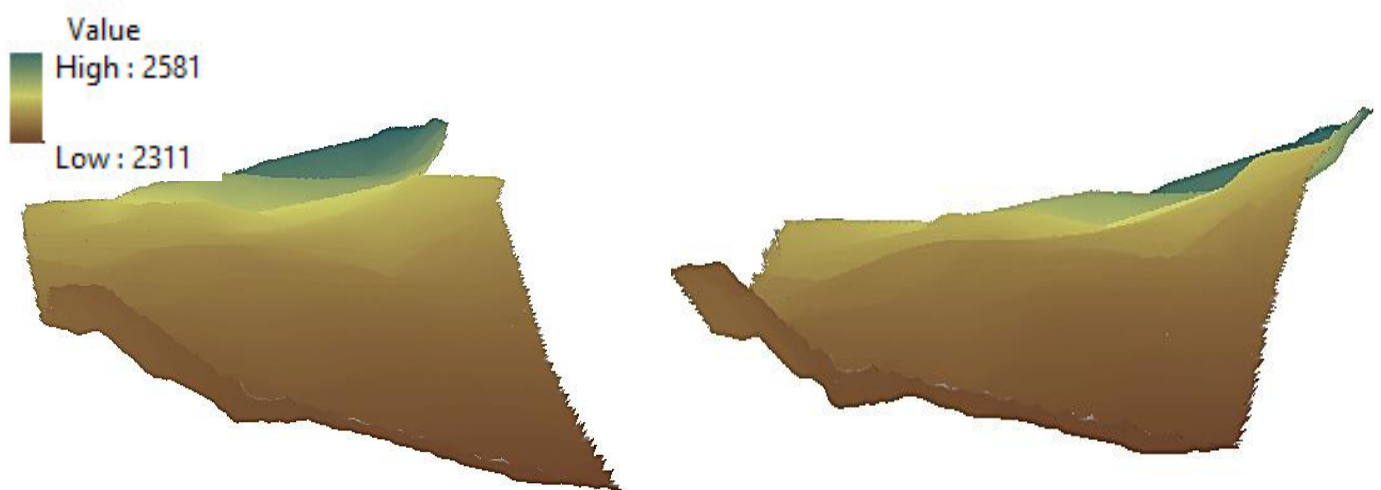


Fotografía 5. Acceso vial, Fuente: Autor

Para el análisis y descripción de problemas actuantes, se procedió a realizar una modelación en el software de geoprocésamiento ArcMap 10.3.0, cuya objetividad es la de dar la exactitud visual del desplazamiento de masa, mediante una comparación con datos del IGM (Instituto Geográfico Militar) y un levantamiento actual de la zona. El gráfico 3 y 4, demuestra a certeza el cambio provocado por dicho fenómeno al cual se analiza, para dar de manera objetiva las posibles medidas de modelado y solución al problema actuante.



Gráfica 3. Modelamiento de la Zona de Estudio, antes del movimiento de masas, Fuente: Autor



Gráfica 4. Modelamiento del Estado Actual de la Zona de Estudio, Fuente: Autor

1.5 ALCANCE

Este proyecto tiene la finalidad de buscar alternativas de solución al fenómeno de movimiento de masas presente en uno de los sectores de San Pedro de los Olivos, especialmente al tema de estabilidad de taludes; para ello se buscará las alternativas de mejora en cuanto a parámetros geomecánicos del suelo, pendiente de taludes y conformación de un perfil apropiado para el cumplimiento de factor de seguridad.

Las medidas paliativas tienen principal incidencia en el análisis de la zona de estudio, para ello se procederá con la metodología planteada, la cual contempla un levantamiento del área y determinación de parámetros físico-mecánicos del suelo, así como también de manera investigativa los estratos que componen dicho talud, para posteriormente someter a diferentes condiciones actuantes como las de acciones de lluvia, eventos sísmicos y flujos de agua; las cuales a su posterior interpretación e identificación de factores de estabilidad presentada en cada una de las condiciones, se procederá a generar modelados de talud, considerando modificaciones en la ladera tales como peinado de talud, sistema de terrazas, estructuras de anclaje y sistema de drenajes; las cuales depende del análisis del cumplimiento del factor de seguridad. Para el cumplimiento del factor de seguridad se procederá con el modelado, en el software especializado Slide 5.0, el cual, para la determinación de dicho valor, utiliza la metodología de equilibrio limite y los criterios como Bishop, Jambú, Lowe Karafiath, Spencer, etc. Para este proyecto el criterio a empleado es el de Bishop.

En cuanto a lo referente a ensayos físicos-mecánicos e investigaciones bibliográficas de las capas estratigráficas, proporcionarán los conocimientos de los diferentes materiales que componen el sub suelo del talud y la investigación e interpretación de ensayos de campo y su complemento con los ensayos de laboratorio, permitirán conocer las características de los mismos, con lo cual se podrá dar alternativas de solución a la inestabilidad del talud.

1.6 METODOLOGÍA

Trabajo de Campo.

1.6.1 Topografía.

Proceso de ejecución de campo, en el cual consta de una recopilación de valores de posición y altura de una zona específica georreferenciada, además, de características físicas de orden natural e ingenieril, emplazadas en el área a análisis como, accesos viales, edificaciones, cuerpos de agua, usos de suelo y puntos de actividad económica. La recopilación de datos, es directamente proporcional al nivel de alcance del proyecto, los mismos que se caracteriza por la información que proporcionan.

Para este proyecto es de necesidad indispensable los valores de posición, así como de información de curvas de nivel, los cuales permitirán conocer las pendientes que presenta el terreno e identificación de planos de falla, para posteriormente generar perfiles que servirán de análisis para las condiciones de estabilidad del talud.

1.6.2 Inspección de campo.

Determinación de aspectos visuales de la zona de estudio, cuya objetividad es la de determinar posibles variaciones a las condiciones de análisis de estabilidad y posterior determinación de valores seguridad.

1.6.3 Ensayos de Laboratorio.

Esta etapa comprende la determinación en laboratorio de parámetros físico-mecánicos de cada una de las muestras obtenidas de la zona de estudio, la misma que comprende 4 calicatas obtenidas al pie, centro y cabeza del talud de análisis. Los ensayos a realizarse en la zona de estudio son detallados a continuación.

✓ Contenido de humedad	ASTM D-2216
✓ Granulometría	ASTM D-422-63
✓ Limite liquido	ASTM D-423-66
✓ Limite plástico	ASTM D-424-59
✓ Corte directo	ASTM D-3080-90- AASHTO T-236
✓ Clasificación del suelo	SUCS-AASHTO

1.6.4 Interpretación de resultados.

Proceso que busca la coherencia de modelación, interpretación de parámetros, asignación de criterios y formación de alternativas más viables, que involucren la practicidad y seguridad de funcionamiento. Para ello se analizará las siguientes etapas:

- Modelación del estado actual de la zona de estudio indicando posibles áreas de inicio de movimiento en masa.
- Modelado y obtención del factor de seguridad de la zona en su estado actual, mediante el uso del software SLIDE 5.0.
- Determinar los factores de seguridad bajo diferentes condiciones actuantes en el talud.
- Obtención de medidas de estabilización y modelación de perfiles que proporcionen los factores de estabilidad.

1.6.5 Discusión de los datos obtenidos

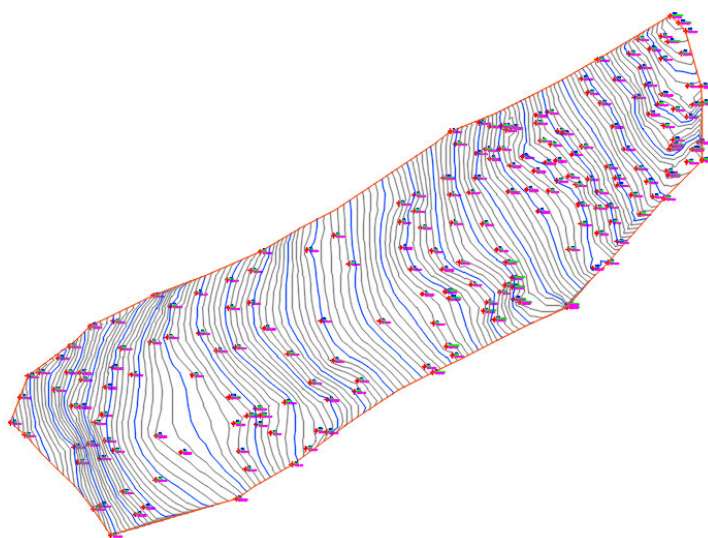
- Determinación de las posibles medidas de mitigación, que se puedan realizar en la zona de estudio.
- Propiciar el costo del cumplimiento de los alcances planteados.
- Generar archivos digitales de modelación y mitigación del proyecto.

CAPITULO II: ENSAYOS DE CAMPO Y LABORATORIO

2.1 TOPOGRAFÍA

La topografía es una ciencia aplicada a la descripción a detalle de un lugar específico o zona referenciada, la misma que consiste en la representación de superficies y posicionamiento de un lugar puntual. El trabajo topográfico consta de dos grandes actividades las mismas que se han denominado de campo y de gabinete, ya que debido a estas se toman los puntos de una terreno o zona de estudio y el procesamiento de la información respectivamente. Al inicio de un proyecto ingenieril, el proyectista debe contemplar dentro de los alcances el análisis de un buen levantamiento de la zona de estudio, para así conocer los elementos fijos al suelo, como también elementos naturales. (Guzmán, 2012)

Dados los alcances del proyecto, se procedió con el análisis de información del levantamiento topográfico, el mismo que contempla la zonificación mediante el reconocimiento de valores de referenciación y de altimetría. Este análisis proporciona el punto de inicio de las actividades previstas, así como la identificación de la problemática debido a los cambios pronunciados de pendiente o a su vez alteraciones que propicien indicios de falla del talud. El gráfico 5, contempla dichas estimaciones y geometría de la zona de estudio.



Gráfica 5. Levantamiento Topográfico de la zona de estudio, Fuente: Autor

2.2 GEOLOGÍA Y GEOMORFOLOGÍA

La geología predominante del cantón Gualaceo, es la formación Tarqui, la misma que es perteneciente al periodo cuaternario, en donde se encuentran, piroclastos, aglomerados, lavas, tobas y andesita piroxenica. Por otra parte, la geomorfología definida del cantón, se encuentra rodeado por una cadena montañosa que dan relieve irregular debido a que está emplazada en la en la cadena montañosa de los andes, en la parte sur oriental del ecuador. (Gómez & Sancho, 2010). El área de interés para el estudio se encuentra compuesta por la formación predominante del cantón; la misma que se localiza sobre la Saraguro y presenta las características antes mencionadas, además cabe explicar que el material depositado de manera superficial presenta características al de un depósito Coluvial (Holoceno), los mismos que son productos de debilidades tectónicas. (Borrero, 1989).

En función de los posibles lineamientos geológicos que componen el área de estudio, se han de definir las de gran interés como son las formaciones que se detallan a continuación, las mismas que se obtuvieron de manera bibliográfica y georreferenciación en base a un análisis de geoprocuremento de ubicación y cartas geológicas del cantón Gualaceo respectivamente.

2.2.1 FORMACIÓN TARQUI.

Corresponde al periodo Pleistoceno y Holoceno de la era Cuaternaria, proyectando un espesor nominal de aproximadamente 1000 m

2.2.2 DEPÓSITOS COLUVIALES.

Descripción Geológica.

Presencia de material que ha sufrido poco transporte. Constituidas principalmente por material heterogéneo de bloques y superficies friccionante caracterizándose, así como una composición limo arcilloso con fragmentos. (GAD Gualaceo, 2014)

Características Geotécnicas.

Debido a la presencia de escorrentía, la facilidad de producirse proceso de erosión y conformación de drenes en forma de “V” se encuentra presente, así como reactivas del terreno. (GAD Gualaceo, 2014)

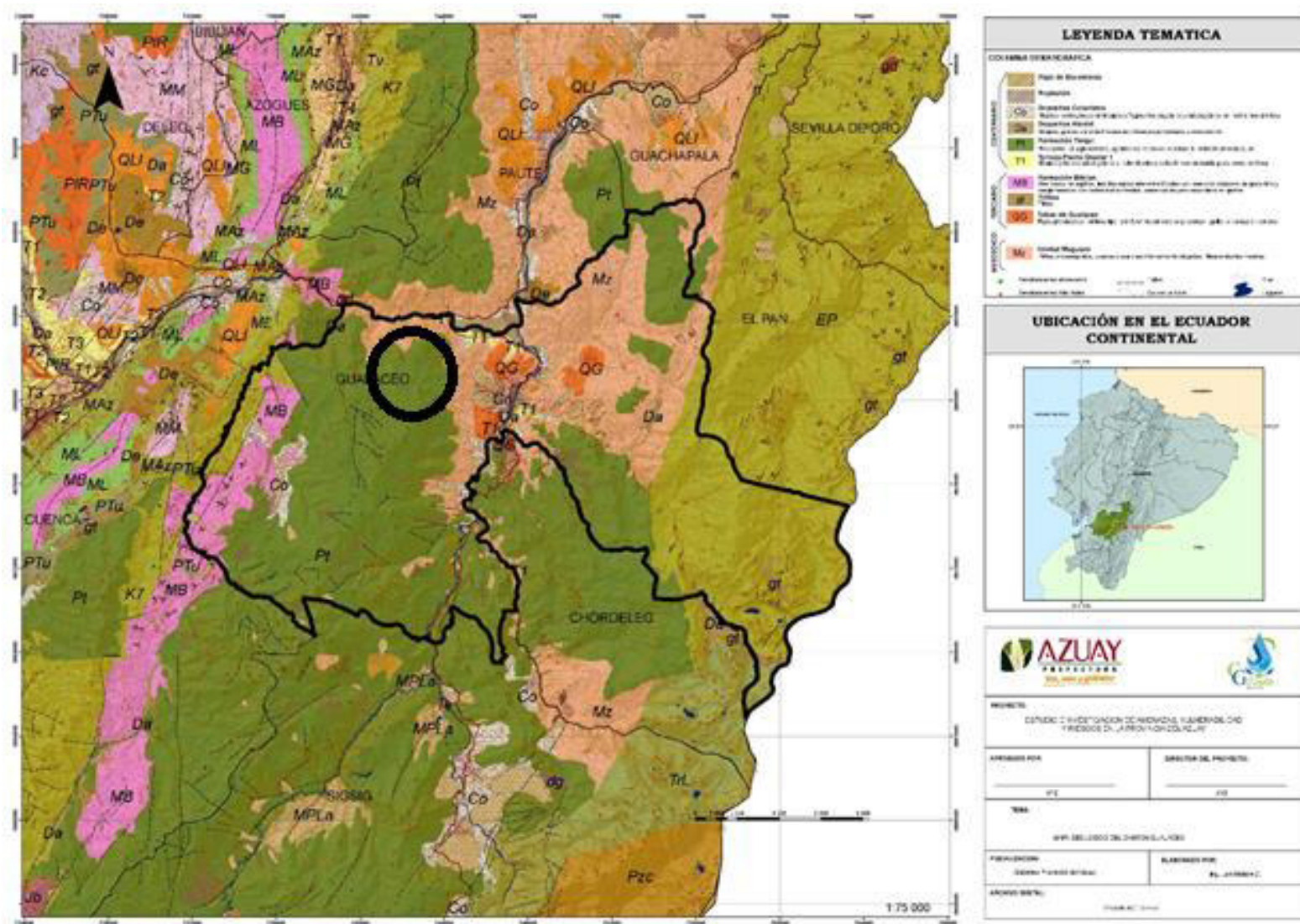
2.3 GEOLOGÍA REGIONAL

El cantón Gualaceo, en referencia a la carta geológica descansa sobre la formación Saraguro, la cual presenta características promedio de cohesión y ángulo de fricción con valores de 50 KN/m² y 35° respectivamente; además, es de característica la acumulación de materiales provenientes de alrededores, los cuales se depositan en la superficie, generando una capa superficial prematura debido al corto periodo de acción atmosférica y eventos de meteorización. Este fenómeno tiene la principal incidencia en épocas de invierno, en donde la escorrentía genera proceso de erosión y una alta absorción de agua la misma que se encuentra retenida, provocando a su vez peso al talud formado. Para verificación de las características geológicas del Cantón, se realizó una modelación de datos en el software ArcMap 10.3, con información obtenida a escala 1:50000 del IGM (Instituto Geográfico Militar). Para ello se evidencia en el anexo 1.

2.4 GEOLOGÍA LOCAL

La geología de la zona, se encuentra superficialmente compuesta por material Coluvial, producto del arrastre de tierra hacia el área de estudio. Las características del material antes mencionado están estructuradas por fragmentos de roca y abundante material de peculiaridades inmaduras. Cabe mencionar que dichos suelos presentan propiedades de resistencia y a su vez limitan en desarrollo del mismo. Bajo esta capa superficial, se encuentra la formación Tarqui con características diferenciadas y mejores propiedades físico-mecánicas, las mismas que proporcionan la estabilidad al talud. La gráfica 6, representa las diferentes composiciones

geológicas del cantón Gualaceo, cuya área de estudio es la encerrada por el círculo de coloración negra, en donde, se puede constatar que la cobertura geológica predominante es la formación Tarqui y la superficie se encuentra compuesta por depósitos coluviales.



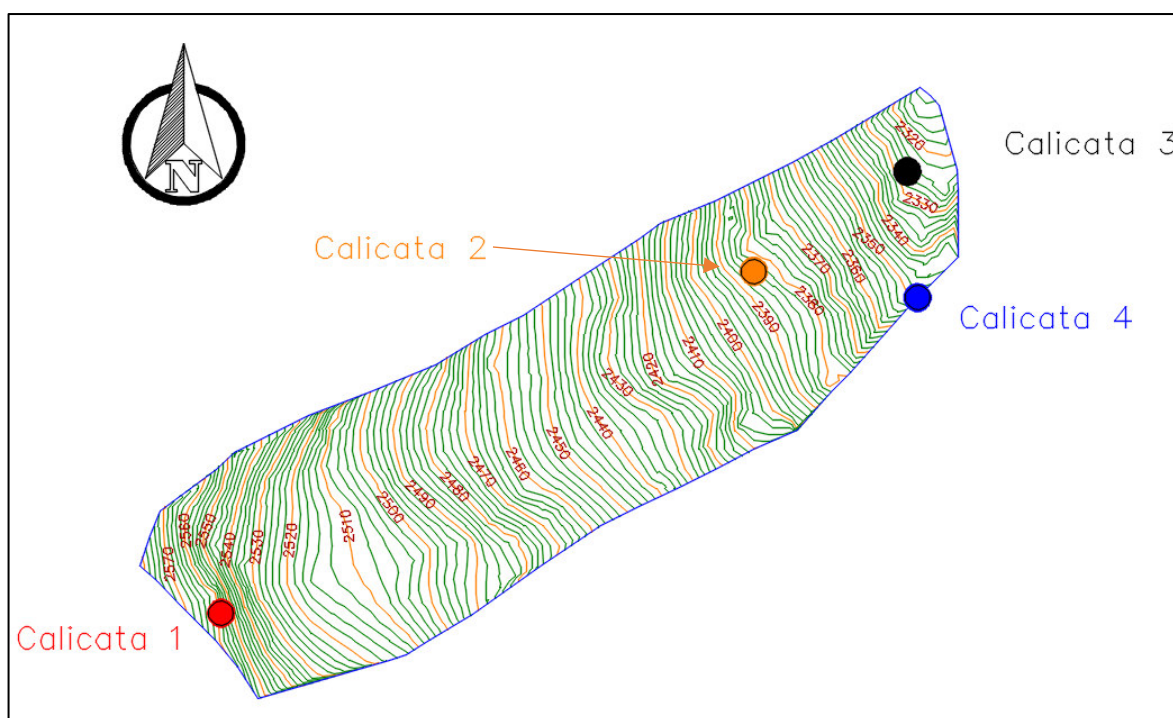
Gráfica 6. Mapa Geológico del Cantón Gualaquino, Fuente: Estudio e investigación de amenazas, vulnerabilidad y riesgos en la provincia del Azuay

2.5 GEOTECNIA

Ciencia geológica que estudia las propiedades hidráulicas, mecánicas y condicionamientos de los mismos que provienen del medio geológico. Para efectos de este análisis en la zona de estudio se procedió a realizar la obtención de 3 calicatas sometido a una profundidad de 5 metros, en los lugares como se muestra en la gráfica 7 y una calicata a 2.5 metros; para determinación de características superficiales del talud. Además, a ello, se ejecutó el procedimiento de ensayo de corte directo, los cuales permitirán obtener parámetros de cohesión y ángulo de fricción, importantes para el análisis de estabilidad, con el propósito de cumplir los objetivos antes mencionados.

Las muestras obtenidas son de carácter alteradas debido a que sufren cambios en su estructura y en su porcentaje de humedad contenida en la muestra; pero conservan sus propiedades mineralógicas. De aquellas muestras extraídas en situ, se realizaron los respectivos estudios de laboratorio, con el propósito de determinar el tipo de suelo y sus parámetros físicos como también mecánicos:

✓ Contenido de humedad	ASTM D-2216
✓ Granulometría	ASTM D-422-63
✓ Limite liquido	ASTM D-423-66
✓ Limite plástico	ASTM D-424-59
✓ Corte directo	ASTM D-3080-90- AASHTO T-236
✓ Clasificación del suelo	SUCS-AASHTO



Gráfica 7. Ubicación de los ensayos geotécnicos ejecutados sobre el área de estudio, Fuente: Autor

2.6 ENSAYOS REALIZADOS

2.6.1 Ensayos geotécnicos in situ.

Para el desarrollo de los ensayos geotécnicos, es necesario e indispensable la obtención de muestras alteradas e inalteradas del área de estudio que compone el movimiento de masas. Por lo cual, la extracción propuesta es la que se muestra en la gráfica 7, cuyas coordenadas de referenciación se detalla en la tabla 1.

MUESTRA No.	COORDENADAS		ALTURA msnm
	Este	Norte	
1	743931.265	9683033.95	2559.25
2	744196.809	9683200.256	2394.9
3	744291.099	9683260.103	2325.9
4	744292.845	9683196	2350.63

Tabla 1. Coordenadas Ubicación de las calicatas extraídas, Fuente: Autor.

Como se evidencia en la tabla 1, el número de muestras a extraer son de un total de 4 calicatas, en donde las profundidades se detallan en la tabla 2.

CALICATA #	PROFUNDIDAD (metros)
1	0 - 5
2	0 - 5
3	0 - 5
4	0 - 2.5

Tabla 2. Profundidad de extracción, Fuente: Autor.

De acuerdo a las excavaciones realizadas para la obtención de las muestras de suelo se pudo constatar de manera visual la estratificación del mismo. A continuación se presentan las gráficas de cada extracción de muestra de suelo con su respectivo perfil estratigráfico.



Fotografía 6. Calicata 1, Fuente: Autor

Calicata 1											
Profundidad	Descripción del material	Nivel Freático	Estratigrafía	Clasificación	Densidad Húmeda	Densidad Seca	Limite Liquido	Limite Plástico	Índice de plasticidad	Cohesión	Ángulo de Fricción (ϕ)
(m)				SUCS	Kg/m ³	Kg/m ³	%	%	%	Kg/cm ²	(°)
0	Arena arcillosa con grava de mediana compresibilidad de color amarillo oscuro con un comportamiento friccionante.	--		SC	1900	1600	32.69	11.5	21.19	0.64	35.83
1		--									
2		--									
3		--									
4		--									
5		SI									

Tabla 3. Perfil estratigráfico Calicata 1; Características geomecánicas del suelo, Fuente: Autor



Fotografía 7. Calicata 2. Fuente: Autor

Calicata 2											
Profundidad	Descripción del material	Nivel Freático	Estratigrafía	Clasificación	Densidad Húmeda	Densidad Seca	Límite Líquido	Límite Plástico	Índice de plasticidad	Cohesión	Ángulo de Fricción (ϕ)
(m)				SUCS	Kg/m ³	Kg/m ³	%	%	%	Kg/cm ²	(°)
0	Arena arcillosa con grava de mediana compresibilidad de color amarillo oscuro con un comportamiento friccionante	--		SC	1900	1600	32.94	22.4	10.53	0.64	35.83
1		--									
2		--									
3		--									
4		--									
5		SI									

Tabla 4. Perfil estratigráfico calicata 2; Características geomecánicas del suelo, Fuente: Autor



Fotografía 8. Calicata 3, Fuente: Autor

Calicata 3											
Profundidad	Descripción del material	Nivel Freático	Estratigrafía	Clasificación	Densidad Húmeda	Densidad Seca	Limite Liquido	Limite Plástico	Índice de plasticidad	Cohesión	Ángulo de Fricción (ϕ)
(m)				SUCS	Kg/m3	Kg/m3	%	%	%	Kg/cm2	(°)
0	Arena arcillosa con grava de mediana compresibilidad de color amarillo oscuro con un comportamiento friccionante	--		SC	1900	1600	41.4	24.9	16.51	0.64	35.83
1		--									
2		--									
3		--									
4		--									
5		SI									

Tabla 5. Perfil estratigráfico calicata 3; Características geomecánicas del suelo, Fuente: Autor



Fotografía 9. Calicata 4, Fuente: Autor

Calicata 4											
Profundidad	Descripción del material	Nivel Freático	Estratigrafía	Clasificación	Densidad Húmeda	Densidad Seca	Limite Líquido	Limite Plástico	Índice de plasticidad	Cohesión	Ángulo de Fricción (ϕ)
(m)				SUCS	Kg/m ³	Kg/m ³	%	%	%	Kg/cm ²	(°)
0	Arena Limosa de mediana compresibilidad de color café con un comportamiento friccionante	--		SM	--	--	34.7	25.6	9.15	--	--
1		--									
2.5		--									

Tabla 6. Perfil estratigráfico calicata 4; Características geomecánicas del suelo, Fuente: Autor

La clasificación estratigráfica de las muestras correspondientes a las calicatas 1, 2, y 3 obtenidas, poseen semejanzas en cuanto a las características geomecánicas presentes; lo que no sucede con la calicata 4 la misma que presenta una diferente clasificación de suelo.

2.6.2 Ensayo de corte directo (ASTM D-3080-90 - AASHTO T-236)

Este ensayo permite deslizar una porción de suelo, con respecto a otra, según un plano de falla predeterminado, con la aplicación de una fuerza horizontal incrementada, y al mismo tiempo aplicando una carga perpendicular o normal al plano del movimiento.

La finalidad de este ensayo, es poder determinar y conocer experimentalmente la resistencia de una muestra de suelo, sometiéndola a fatigas y deformaciones, de tal manera que permita simular estas condiciones que existen o existirán en el terreno producto de la aplicación de una carga. El ensayo incita al fallo de la muestra o especímenes a través de un plano determinado en el cual actúan los siguientes esfuerzos:

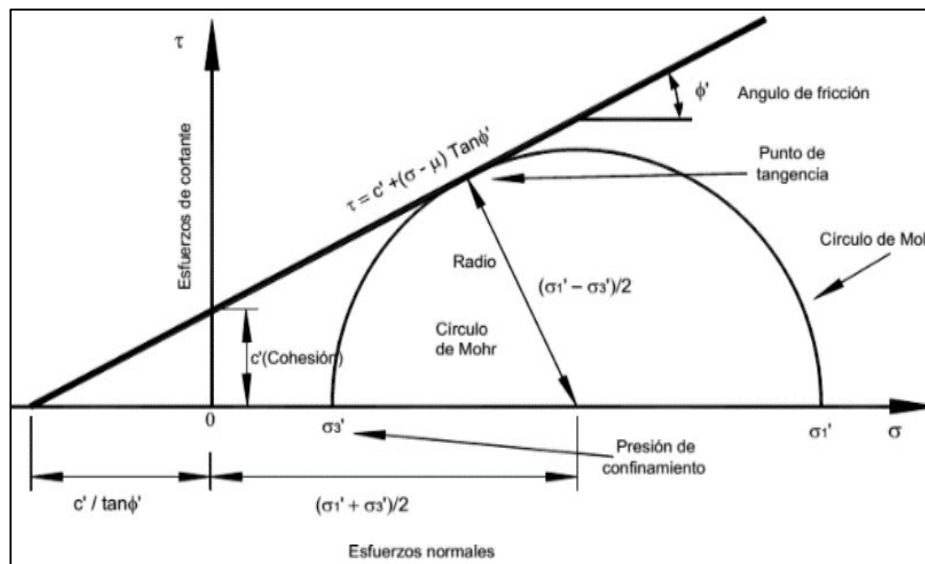
- ✓ El Esfuerzo normal (σ_n) que es aplicado externamente debido a una carga vertical.
- ✓ Esfuerzo cortante (τ), producto de la aplicación de una carga horizontal.

Los esfuerzos antes mencionados se calculan dividiendo la fuerza de cada una de ellas por el área de la caja de corte y deberían satisfacer la ecuación de Coulomb:

$$\tau = c + \sigma_n * \text{Tag}(\Phi)$$

Según la ley de Coulomb expresada en la ecuación la resistencia al corte del suelo depende de la cohesión (c) y el ángulo la fricción interna del suelo (Φ).

Los resultados obtenidos del esfuerzo cortante deberán ser graficados en función del esfuerzo normal, obteniendo una recta intrínseca, donde τ será la ordenada y σ_n como abscisa. El ángulo que se forma con dicha recta y el eje horizontal, es el ángulo de fricción Φ interna del suelo y el intercepto con el eje vertical corresponderá a la cohesión c.



Gráfica 8. Círculo de Mohr

Fuente: Recuperado: <http://geotecnia-sor.blogspot.com/2012/02/historia-de-la-geotecnia-terzaghi-y-la.html>

De acuerdo al análisis de laboratorio realizado de las muestras extraídas del área de estudio, se obtuvieron los siguientes parámetros de cohesión y ángulo de fricción correspondientes a:

$$\text{Cohesión} = C = 0.64 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{Angulo de fricción} = \Phi = 35.83^\circ$$

Al final de este documento el Anexo A presenta los resultados obtenidos por el ensayo de corte directo.

2.6.3 Determinación de la capacidad de carga del suelo.

Es la capacidad que tiene el suelo para poder soportar una carga por unidad de área, también se puede definir como la máxima presión unitaria del contacto comprendido entre el terreno y la estructura de cimentación, de tal modo que no lleve al fracaso por corte o un asentamiento diferencial excedente sin llegar al estado plástico del mismo.

La teoría de Terzaghi, es aplicable a suelos con cohesión y fricción; esta teoría es usada para el cálculo de la capacidad de carga en cimentaciones poco profundas o superficiales.

El cálculo de la capacidad de carga se lo realizará bajo el criterio de Terzaghi para cimentaciones que presentan el modo de falla por corte local en el suelo. Las ecuaciones para cimentación corrida y cuadrada son las siguientes:

$$q_u = \frac{2}{3}c'N'_c + qN'_q + \frac{1}{2}\gamma BN'_\gamma \quad \text{Cimentacion Corrida}$$

$$q_u = 0.867c'N'_c + qN'_q + 0.4\gamma BN'_\gamma \quad \text{Cimentacion Cuadrada}$$

Donde:

c' = Cohesión

q = Esfuerzo efectivo al nivel de desplante de la cimentación

γ = Peso específico del suelo

B = Ancho de la cimentación

N'_c, N'_q, N'_γ = Factores de capacidad de carga

En la Tabla 7 se indica la Tabla 3.4 del libro de Braja M. Das donde se puede observar que no hay un valor exacto de los factores de carga. Por lo que se deberá interpolar entre los ángulos de 35 y 36 grados.

Tabla 3.2 Factores de capacidad de carga modificados de Terzaghi N'_c , N'_q y N'_γ .

ϕ'	N'_c	N'_q	N'_γ	ϕ'	N'_c	N'_q	N'_γ
0	5.70	1.00	0.00	26	15.53	6.05	2.59
1	5.90	1.07	0.005	27	16.30	6.54	2.88
2	6.10	1.14	0.02	28	17.13	7.07	3.29
3	6.30	1.22	0.04	29	18.03	7.66	3.76
4	6.51	1.30	0.055	30	18.99	8.31	4.39
5	6.74	1.39	0.074	31	20.03	9.03	4.83
6	6.97	1.49	0.10	32	21.16	9.82	5.51
7	7.22	1.59	0.128	33	22.39	10.69	6.32
8	7.47	1.70	0.16	34	23.72	11.67	7.22
9	7.74	1.82	0.20	35	25.18	12.75	8.35
10	8.02	1.94	0.24	36	26.77	13.97	9.41
11	8.32	2.08	0.30	37	28.51	15.32	10.90
12	8.63	2.22	0.35	38	30.43	16.85	12.75
13	8.96	2.38	0.42	39	32.53	18.56	14.71
14	9.31	2.55	0.48	40	34.87	20.50	17.22
15	9.67	2.73	0.57	41	37.45	22.70	19.75
16	10.06	2.92	0.67	42	40.33	25.21	22.50
17	10.47	3.13	0.76	43	43.54	28.06	26.25
18	10.90	3.36	0.88	44	47.13	31.34	30.40
19	11.36	3.61	1.03	45	51.17	35.11	36.00
20	11.85	3.88	1.12	46	55.73	39.48	41.70
21	12.37	4.17	1.35	47	60.91	44.45	49.30
22	12.92	4.48	1.55	48	66.80	50.46	59.25
23	13.51	4.82	1.74	49	73.55	57.41	71.45
24	14.14	5.20	1.97	50	81.31	65.60	85.75
25	14.80	5.60	2.25				

Tabla 7. Factores modificados de Capacidad de Terzaghi

Fuente: Principios de ingeniería de cimentaciones; Braja M. Das, 5^{ta} Edición (Pag.130)

Factor de seguridad

Valor cuantitativo, el mismo que interviene directamente para la obtención de la capacidad admisible, afectado inversamente a la capacidad que puede soportar un suelo mediante la acción de una carga.

$$q_{adm} = \frac{q_u}{FS} \quad FS = 3$$

Mediante la utilización de las expresiones encontradas en el libro de Braja M. Das sobre los factores de forma, profundidad, inclinación se desarrollará el cálculo de estos mediante las condiciones expresas en dicho autor.

A continuación, se muestra la tabla 8 y 9 donde se encuentra expresada la capacidad de carga de acuerdo al tipo de cimentación.

Datos		
c'	0.64	Kg/cm ²
γ	0.0019	Kg/cm ³
Φ	35.83	(°)
q	0.228	Kg/cm ²
B	Variable	cm
N' _c	26.5	-
N' _q	13.66	-
N' _{γ}	9.41	-
FS	3	-

Tabla 8. Características mecánicas del suelo y factores de capacidad de carga, Fuente: Autor

Cimentación Corrida			Cimentación Cuadrada		
Dimensión	q adm.	q _u	Dimensión	q adm.	q _u
B (m)	(Kg/cm ²)	(kg/cm ²)	B (m)	(Kg/cm ²)	(kg/cm ²)
1	5.11	15.32	1	6.18	18.54
1.5	5.25	15.75	1.5	6.29	18.87
2	5.4	16.20	2	6.42	19.26
2.5	5.55	16.65	2.5	6.53	19.59

Tabla 9. Capacidad de carga de acuerdo al tipo de cimentación a diferentes profundidades, Fuente: Autor

Dado que los resultados de capacidad admisible del suelo son altos, podemos concluir que la presencia de material grueso podría ser un factor influyente para tener esta variación en la capacidad de soporte del terreno; con el análisis granulometría podemos afirmar que hasta el 45% del material retenido acumulado en el tamiz # 4 es de material granular grueso.

2.6.4 Resultados ensayos geotécnicos de campo

En esta etapa se busca obtener características como:

- ✓ Obtener el perfil lito estratigráfico, para generar la estructura y composición del suelo.
- ✓ Obtener las características geomecánicas del suelo.
- ✓ Caracterización de los suelos mediante el sistema de clasificación SUCS.
- ✓ Determinar parámetros de resistencia del suelo.

2.6.5 Características de los suelos encontrados.

En función de los trabajos de laboratorio y de gabinete respectivamente realizados; a continuación, se describe las características del suelo en cada uno de los sitios investigados y cuyo detalle reposa en el Anexo A.

Sondeo N.º 1

Se analizó en el talud natural; al borde de la pendiente, su objetivo es determinar parámetros de resistencia del material que lo conforma. Los suelos presentes en esta zona, se encuentran constituidos mayoritariamente por suelos de comportamiento friccionante, lo que indica poca cohesión, consolidación y un alto valor de la relación de vacíos, constituidos por Arenas Arcillosas inorgánicas de mediana compresibilidad. De acuerdo al sistema de clasificación SUCS, los suelos encontrados se clasifican como SC.

Sondeo N.º 2

Este sondeo, se lo realizó sobre el material superficial del deslizamiento, su objetivo es determinar parámetros de resistencia del suelo natural, para ser aplicados a la obtención de factores de seguridad ante el deslizamiento. Los suelos presentes en esta zona, se encuentran constituidos mayoritariamente por suelos de comportamiento friccionante, lo que indica poca cohesión, consolidación y un alto valor de la relación de vacíos, constituidos por Arenas

arcillosas inorgánicas de mediana compresibilidad. De acuerdo al sistema de clasificación SUCS, los suelos encontrados se clasifican como SC.

Sondeo N.º 3

A diferencia de los anteriores, se lo realizó al pie del material removido en el deslizamiento, su finalidad es determinar parámetros de resistencia del suelo natural. Los suelos presentes en esta zona, se encuentran constituidos mayoritariamente por suelos de comportamiento friccionante, lo que indica poca cohesión, consolidación y un alto valor de la relación de vacíos, constituidos por Arenas Arcillosas inorgánicas de mediana compresibilidad. De acuerdo al sistema de clasificación SUCS, los suelos encontrados se clasifican como SC.

Sondeo N.º 4

Se lo analizó sobre el talud natural; al borde de la pendiente, su objetivo es determinar parámetros de resistencia del material que lo conforma. Geotécnicamente los suelos presentes naturales encontrados, se encuentran constituidos mayoritariamente por suelos de comportamiento friccionante, constituidos por Arenas Limosas inorgánicas de mediana compresibilidad. De acuerdo al sistema de clasificación SUCS, los suelos encontrados se clasifican como SM.

Ensayos realizados a las muestras obtenidas.

Con las muestras obtenidas de las excavaciones, se realizó un plan de ensayos en función de las normas ASTM, siendo utilizadas las siguientes:

✓ Contenido de humedad	ASTM D-2216
✓ Granulometría	ASTM D-422-63
✓ Limite liquido	ASTM D-423-66
✓ Limite plástico	ASTM D-424-59
✓ Corte directo	ASTM D-3080-90

La tabla 10, presenta el resumen de los resultados obtenidos en función de los diversos ensayos realizados a cada una de las muestras y catalogadas bajo el sistema de clasificación SUCS.

CALICATA	Profundidad (m)	Tamiz # (% Pasa)			%LL	%LP	%HN	% IP	SUCS
		N° 4	N° 40	N° 200					
1	0 - 5	59.75	31.56	23.79	32.69	11.5	14.5	21.19	SC
2	0 - 5	59.03	31.45	23.59	32.94	22.41	14.5	10.53	SC
3	0 - 5	57.9	30.7	24.17	41.4	24.89	14.5	16.51	SC
4	0 - 2.5	71.91	28.37	46.67	34.7	25.55	12.3	9.15	SM

Tabla 10. Parámetros geo mecánicos de suelos que componen la zona de San Pedro de los Olivos,

Fuente: Autor

Donde:

LL = Limite liquido

LP= Limite plástico

IP = Índice de plasticidad

HN = Humedad Natural

Además, cabe indicar que para la obtención del peso específico del material de zona en estudio se lo realizo mediante el método de la parafina, dando como resultado:

$\gamma_h = 1900 \text{ kg/m}^3$

$\gamma_s = 1690 \text{ Kg/m}^3$

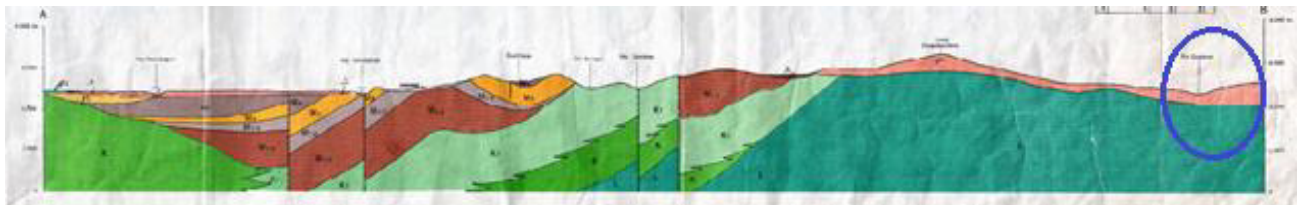
Donde:

γ_h = Peso específico húmedo

γ_s = Peso específico seco

La gráfica 11, es proveniente de la carta geológica de la gráfica 9, la misma que representa un perfil estratigráfico de manera general contemplado a lo largo del cantón Gualaceo, el mismo propone las potencias de cada una de las capas que componen el estudio realizado en ese entonces. Las potencias y capas que componen el perfil del área a estudio se encuentran a continuación y son las siguientes:

- ✓ **Serie Paute**
- ✓ **Formación Tarqui**
- ✓ **Depósitos Coluviales**



Gráfica 11. Perfil estratigráfico cantón Gualaceo Fuente: INIGEMM (Instituto Nacional de Investigación Geológico, Minero y Metalúrgico)

2.7.1. SERIE PAUTE.

Serie constituyentes por rocas antiguas y compuesta de esquistos verdes, filitas negras y meta-volcánicos. Según las discusiones por autores como Aspden y Lhiterland (1992), determinan que las mismas pertenecen a la Unidad Maguazo y Alao Paute.

Las rocas de esta capa geológica fueron producidas por la transformación física-química de rocas volcánicas y volcanodetritos como, andesitas, tobas, conglomerados y aglomerados volcánicos, las mismas que se encuentran conformando geológicamente el valle del río Paute y zonas de la comprendida Josefina, en especializa la zona 1, la misma que corresponde al análisis de este proyecto. (PRECUPA, 1998)

Este estrato pertenece al periodo Cretácico de la era Mesozoica y se proyecta una potencia estimada de 2000-2200 m. En cuanto a características físico-mecánicas, son tomadas en referencia a estudios aledaños, los mismos que son expuestos en el proyecto Precupa del año 1998. La tabla 11, presenta índices de parámetros obtenidos por dicho estudio de los cuales para valores de modelación se expondrá a continuación.

CLASIFIC. SUCS	PARAMETROS FISICO-MECANICOS							CLASIFIC. Bieniawski
	K (m/s)	γ (KN/m ³)	C' (MN/m ²)	ϕ' (°)	C _u (MN/m ²)	ϕ_u (°)	σ_c (MN/m ²)	
	10 ⁻⁴ -10 ⁻⁶	22-24	0-0.05	25-30			<50	V
M. rocoso	fisural	24-26	*0.05-0.15	*35			50-100	IV
M. rocoso	fisural	26-28	0.05-0.15				100-200	III - II

Tabla 11. Parámetros físico - mecánicos de la Serie Paute, Fuente: (PRECUPA 1998)

En referencia a la tabla 4, se tomará los valores promedios, con los cuales son primicias para la asignación del parámetro del perfil presentado de composición estratigráfica y se muestran a continuación:

$$\gamma = 24 \text{ KN/m}^3$$

$$C' = 0.05 \text{ MN/m}^2$$

$$\Phi = 35^\circ$$

En donde:

γ = Peso específico del material.

C' = Cohesión Efectiva

Φ = Ángulo de fricción.

2.7.2. FORMACIÓN TARQUI.

Capa geológica de manto volcánico que cubre extensas regiones del sur del Ecuador, compuesta por depósitos de piroclásticos y aglomerados de composición riolítica a andesítica como, tobas, cenizas volcánicas e ignimbritas y localmente lavas. (UNDP, 1969 y Huss, F. 1973, en Bristow, 1974). Estos materiales se caracterizan por ser de alta resistencia al corte

tendiendo a disminuir esta característica con la humedad. Para este estrato los valores promedios a tomar son los determinados en la tabla 12.

CLASIFIC. SUCS	PARAMETROS FISICO-MECANICOS							CLASIFIC. Bieniawski
	K (m/s)	γ (KN/m ³)	C' (MN/m ²)	ϕ' (°)	C _u (MN/m ²)	ϕ_u (°)	σ_c (MN/m ²)	
CL - CS	10 ⁻³ -10 ⁻⁵	13 - 22	0.05 - 0.15	27 - 35	-	-	3-60	

Tabla 12. Parámetros físico - mecánicos, formación Tarqui; Fuente: Proyecto PRECUPA

Valores estimados a partir de características físicas

$$\gamma = 19 \text{ KN/m}^3$$

$$C' = 0.05 \text{ MN/m}^2$$

$$\Phi = 35^\circ$$

En donde:

γ = Peso específico del material.

C' = Cohesión.

Φ = Ángulo de fricción.

2.7.3. DEPÓSITOS COLUVIALES.

En la zona de estudio es la capa superficial visible, la misma que son producto de poco transporte y de aspecto heterogéneo, con presencia de material rocoso friccionante y poco cohesivo. El material descrito de la composición del estrato geológico, es causante de fenómenos de inestabilidad debido a las propiedades físicas y su comportamiento mecánico.

Los depósitos antiguos se encuentran principalmente compactados, sin embargo, ante la presencia de esorrentía se facilitan al fenómeno de erosión y drenajes en forma de V. Además,

las zonas jóvenes en cuanto al comportamiento geotécnico, son inseguros, sin sistema de drenaje, dispuestos a la erosión hídrica y deslizamientos.

En cuanto al comportamiento físico y características mecánicas, son seleccionados en función a la clasificación realizadas y especificada en la tabla 10, en conjunto con los parámetros de la tabla 13, obtenida de manera bibliográfica.

CLASIFIC. SUCS	PARAMETROS FISICO-MECANICOS							CLASIFIC. Bieniawski
	K (m/s)	γ (KN/m ³)	C' (MN/m ²)	ϕ' (°)	C _u (MN/m ²)	ϕ_u (°)	σ_c (MN/m ²)	
CL-SC	10 ⁻⁶ – 10 ⁻⁸	17 – 21	0 - 0.01	15 – 28	0.03-0.05	0 – 20 °		
*SC – GW	10 ⁻³ – 10 ⁻⁴	19 – 22	0 – 0.05	25 – 35	f(finos)	f(finos)		

Tabla 13. Parámetros físico-mecánicos, depósitos coluviales; Fuente: Proyecto PRECUPA.

En virtud de la informacion de la tabla 6, y de clasificacion del suelo superficial se denota los siguientes parámetros:

$$\gamma = 20 \text{ KN/m}^3$$

$$C' = 0.01 \text{ MN/m}^2$$

$$\Phi = 20^\circ$$

En donde:

γ = Peso específico del material.

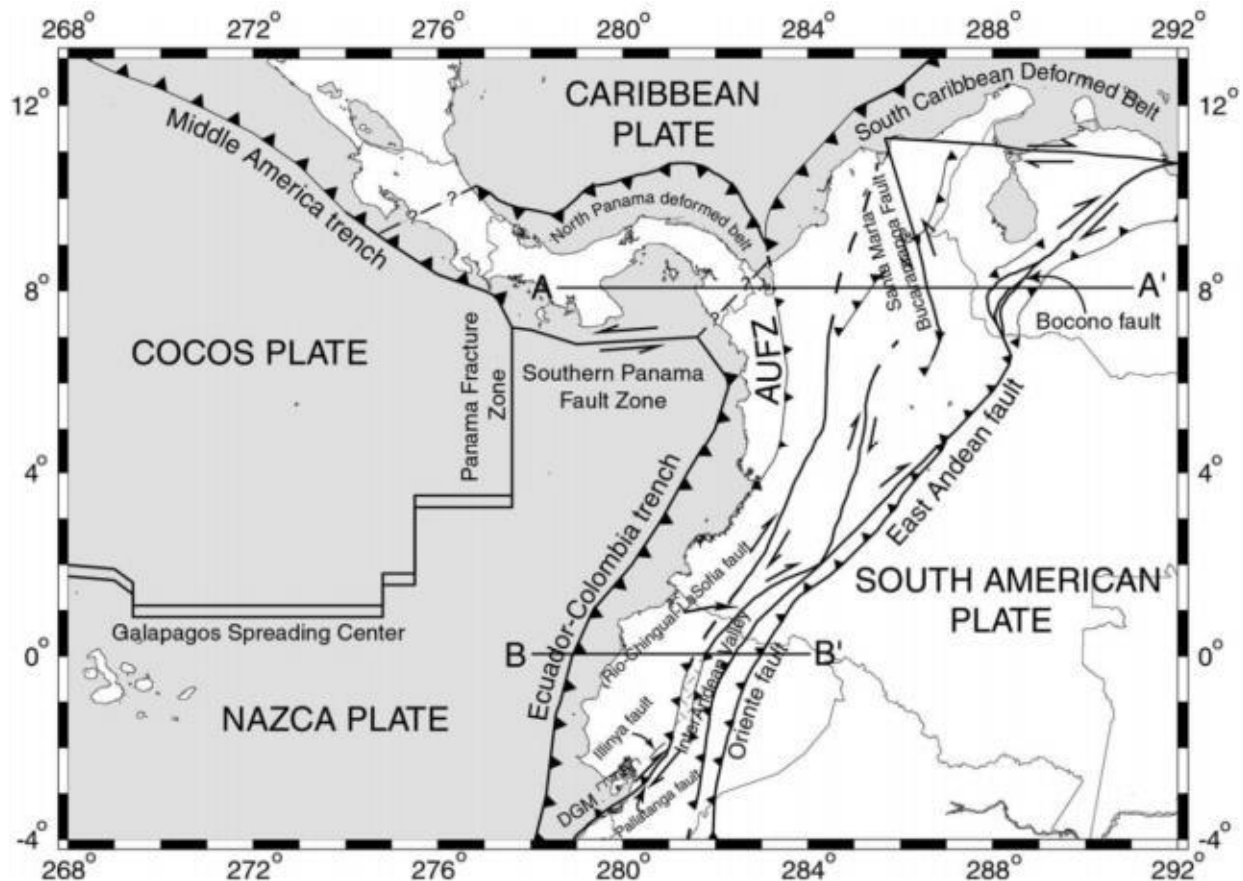
C' = Cohesión.

Φ = Ángulo de fricción.

2.8 SISMICIDAD

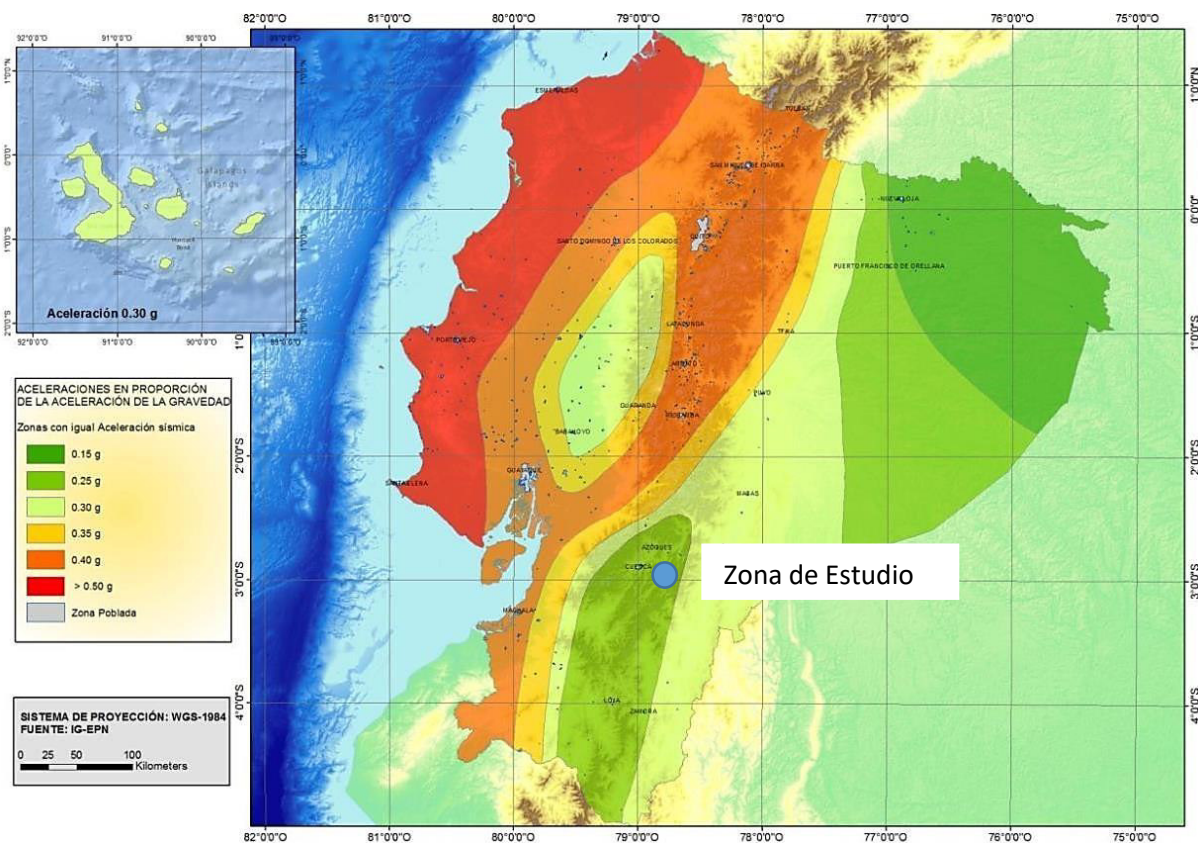
Ecuador se encuentra ubicado en la región de América del Sur, la cual presenta un área de aproximada de 283.500 Km², incluyendo la región insular. Es un territorio sísmicamente activo. Egbue y Kellogg (2010), citado en (Ortiz, 2013), se declara que “la región noroeste de Sudamérica es un ancho límite de placas convergente caracterizado por sismicidad activa, un arco volcánico, subducción y una colisión arco - continente en curso”. Además, en

Guillie,(2001), citado en (Ortiz, 2013), menciona “La subducción de la placa de Nazca debajo de la placa Sudamericana en la región ecuatorial es esencialmente ortogonal, la placa subducente se hunde con un ángulo entre 25° y 35° y es discontinua a una profundidad cercana a los 200 km.”.



Gráfica 12. Configuración tectónica. Tomado de Trenkamp et al., 2002

Bajo las licitaciones y antecedentes actuales en el Ecuador en cuanto a los movimientos tectónicos, en la Normativa Ecuatoriana de la Construcción (NEC 15) Capítulo Peligro Sísmico. Se presenta un mapa de aceleraciones según la zona que se halla de ubicación.



Gráfica 13. Ecuador, Zonas sísmicas para propósitos de diseño y el valor del factor de zona z,

Fuente: NEC-15

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

Gráfica 14. Factor z en función de la zona sísmica adoptada, Fuente: NEC-15, Peligro Sísmico, Tabla 1.

La zona de estudio y análisis, presenta características de aceleración de 0.25g, determinado en la gráfica 14, correspondiente a la tabla 1 de la Normativa Ecuatoriana de la Construcción 2015, en el capítulo de peligro sísmico, en cuanto a valores del factor z en función de la zona sísmica; teniendo así características de peligro sísmico, de grado II.

Obteniendo los valores de índices sísmicos dependiente de la zona de estudio, también se debe determinar la afección de la componente sísmica vertical la misma que relación la magnitud horizontal y se evidencia en la gráfica 15.

$$Ev \geq \frac{2}{3} Eh$$

Donde:

Ev Componente vertical del sismo

Eh Componente Horizontal del sismo

Gráfica 15. Razón analítica de la componente Vertical de sismo Fuente: NEC-15, Peligro Sísmico

Al determinar los parámetros de análisis de la zona de estudio se obtuvo que la componente horizontal del proyecto oscila en los 0.25g, teniendo como resultado de la componente vertical la siguiente:

$$Ev \geq \frac{2}{3} Eh \geq \frac{2}{3} * 0.25 \geq 0.167 g$$

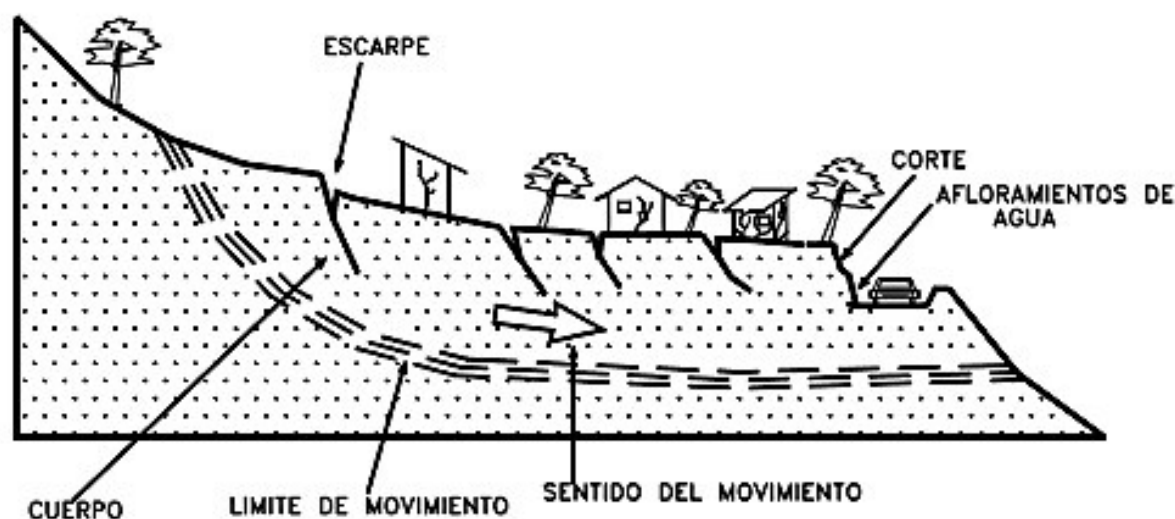
CAPITULO III: MODELACIÓN DE TALUD SITUACIÓN ACTUAL

3.1 CLASIFICACIÓN DEL MOVIMIENTO EN MASA DE LA ZONA DE ESTUDIO.

Los movimientos en masa son característicos de los aspectos visuales presentados al deterioro e inicio de actividad dinámica. Para el efecto de análisis se procede a definir el cual se le atribuye a la zona a análisis en conjunto con sus características.

3.1.1 Deslizamiento

Este movimiento consiste en un desplazamiento en función al corte que presenta una o varias superficies, en relación a la composición geológica como es el caso de una zona relativamente delgada o presencia de agentes externos naturales y artificiales. La cualidad principal de este movimiento se define por ser progresivo, por lo que no necesariamente se inicia a lo largo de toda la superficie de falla del talud. La característica que presenta este movimiento puede definirse por ser una sola masa en movimiento o varias unidades. Los deslizamientos pueden acatar procesos físicos naturales o a inestabilidad de masas de tierra por el efecto de cortes, rellenos, superficies de lluvia, etc. (Suarez, 1998)



Gráfica 16. Representación de un movimiento de tipo deslizamiento. Fuente: Figura 1.14 Deslizamiento en suelos blandos (Suarez, 1998).

La gráfica 16, muestra una representación general de un deslizamiento en suelos blandos, la misma que se puede dividir en rotacionales y traslacionales o planares; esta distinción del tipo

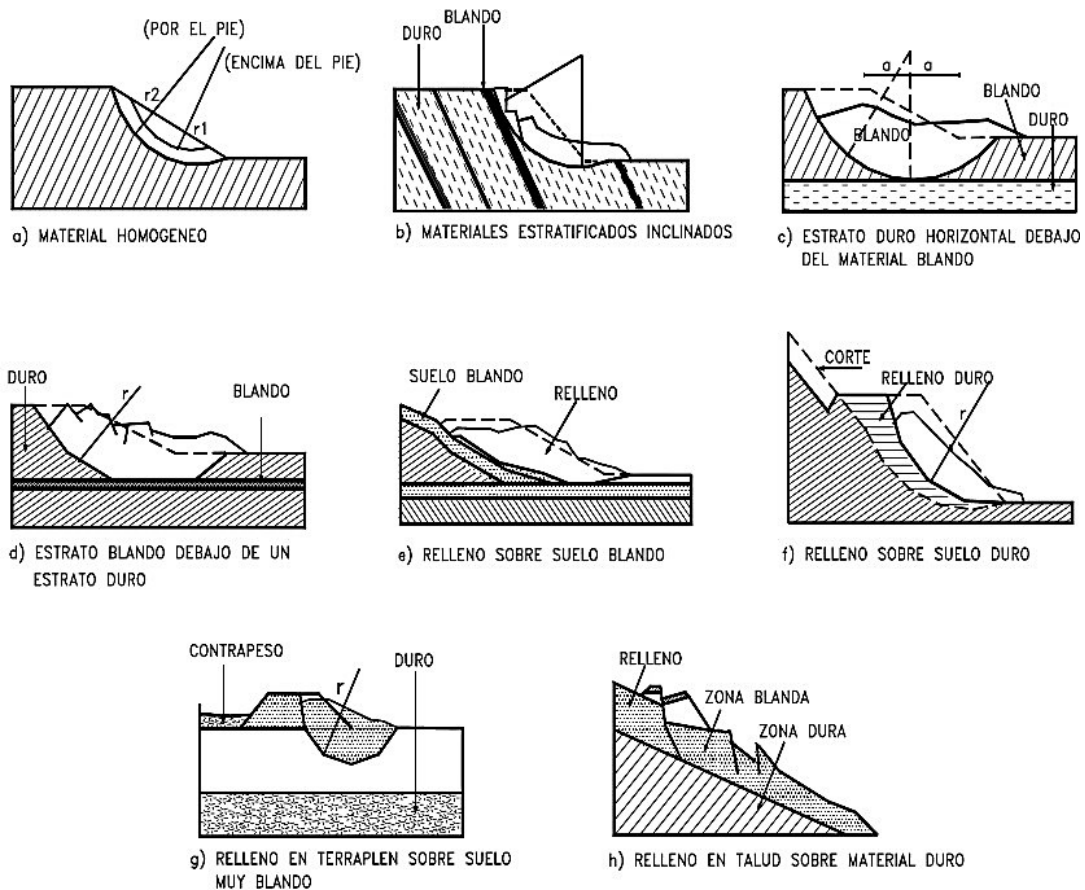
de deslizamiento permitirá definir el procedimiento de análisis y estabilización a emplazarse (Suarez, 1998). Es por ello que se halla la necesidad de definir cada una de las antes mencionada.

3.1.2 Deslizamiento Rotacional

Es un deslizamiento en donde la superficie de falla está formada por una superficie cóncava cuyo centro de giro se encuentra por encima del centro de gravedad del cuerpo en dinámica. Este deslizamiento a parte de la característica redactada, posee otra peculiaridad, la misma que se fundamenta en el poseer una serie de fisuraciones concéntricas y curvos en dirección al movimiento. El movimiento nombrado es creador de un área de hundimiento y otra inferior interna de deslizamiento, generando así movimiento de material por debajo del pie del talud. (Suarez, 1998).

En un deslizamiento frecuentemente, ocurren otros desplazamientos que forman pendientes secundarias, las cuales debido a su debilidad producen varios movimientos sucesivos rotacionales independientes. (Suarez, 1998)

En la gráfica 17, del presente documentos; se muestra ejemplos de los efectos en la formación de deslizamientos rotacionales; los mismos que son tomados del libro de Deslizamientos y Estabilidades de Taludes en Zonas Tropicales cuyo autor es Jaime Suarez Díaz.



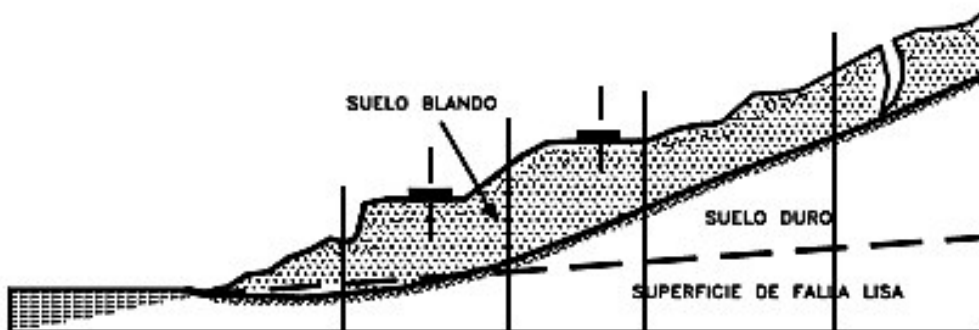
Gráfica 17. Efecto de deslizamiento a rotación. Fuente: Figura 1.16 Efectos de la estructura en la formación de deslizamientos a rotación (Suarez, 1998).

3.1.3 Deslizamiento de Traslación.

En este deslizamiento, el movimiento de la masa se desplaza hacia afuera o hacia abajo, a lo largo de la superficie del talud, la misma que puede ser plana o parcialmente ondulada y tiene poco o nada de movimiento rotacional. La discrepancia existente entre el movimiento de rotación y traslación, esta principalmente ligada en la forma de aplicación o no de los sistemas de estabilización. Además, un deslizamiento de rotación trata de autoestabilizarse, mientras que no sucede lo mismo con uno de traslación el cual progresa sin tendencia a parar hacia a lo largo del talud. (Suarez, 1998).

Los movimientos de traslación son usualmente fichados por áreas en donde presenta debilidades tales como fallas, juntas, fracturas y zonas en donde es latente el cambio de estado

de meteorización. (Suarez, 1998). La gráfica 18, representa un deslizamiento bajo el sistema de traslación.



Gráfica 18.Deslizamiento de Traslación. Fuente: Figura 1.17 Deslizamiento de translación en la vía Tijuana - Ensenada en México. (Suarez, 1998).

Una vez determinada las características de los deslizamientos, se procede a la identificación y así catalogar a que tipo corresponde. Entonces, se define a la zona de estudio como un deslizamiento rotacional, debido a que presenta un movimiento tipo “Cuchara” concomitante se genera un movimiento de reptación, dejando así material desprendido en la superficie y generando presiones en los estratos geológicos internos del talud. Debido a que ya se tiene la noción del movimiento que presenta el área de análisis, se deberá complementar con la identificación de condiciones de modelado de talud, el mismo que en conjunto con la metodología de búsqueda de la estabilidad mediante la obtención del factor de seguridad EQUILIBRIO LÍMITE y bajo el criterio de Bishop, se propiciará los valores de estabilidad.

3.2. MÉTODO DE EQUILIBRIO LIMITE

El método de equilibrio limite, es consistente a la determinación de un factor de seguridad debido al criterio de que cuando las fuerzas que propician la inestabilidad y las equivalentes son iguales poseen la denominación de 1.0. Este procedimiento de análisis es aplicable si se estudia toda la longitud de la superficie o a su vez dividiendo la superficie de falla en dovelas o tajadas. Al instante del uso de la metodología, se adopta el criterio de análisis del talud, el cual posteriormente permitirá conocer su estabilidad; es por ello que para la superficie de

estudio se utilizará la de Bishop, la cual posee un criterio de que las fuerzas cortantes entre dovelas es cero, dando a conocer que la solución es sobredimensionada, debido a que no se equilibra cada una de las dovelas y se toma como estabilidad general.

Para proceder con la metodología y el criterio a emplearse es indispensable determinar las propiedades de resistencia, suelo y del talud.

3.2.1 PARÁMETROS UTILIZADOS EN LOS ANÁLISIS DE EQUILIBRIO LÍMITE

Los modelos de análisis tienen en consideración los factores que afectan la estabilidad. Estos factores tienen principal incidencia en la forma geométrica del talud, parámetros geológicos, cargas por acción sísmica, flujo hídrico (agua), propiedades de resistencia y peso unitario de los suelos, etc. Es de importancia el indicar que no todos los factores afectan la estabilidad de una superficie. (Aguilar & Zuñiga, 2015)

3.2.2 PESOS UNITARIOS Y PRESIONES DE PORO

El problema de estabilidad puede fundamentarse de manera correcta en términos del cálculo de esfuerzos totales, utilizando pesos unitarios totales y límites extremos presión de poros. Los pesos unitarios son pesos con caracterización húmeda cuando se encuentra sobre el nivel freático y saturados cuando están por debajo del mismo. En el caso de utilizarse pesos sumergidos, se debe ignorar la presencia del nivel freático.

3.2.3 RESISTENCIAS AL CORTANTE

(Bishop y Bjerrum, 1960) citado en (Suarez, 1998), menciona que “La resistencia al cortante para utilizar en los análisis puede ser medida de dos formas: a). En el laboratorio o en ensayos de campo, en tal forma que las cargas aplicadas, sean lo suficientemente lentas para que se produzca drenaje. b). En el laboratorio utilizando ensayos consolidados no drenados. Los envolventes de falla determinadas usando estos dos métodos se han encontrado que son las mismas para todos los fines prácticos.”

3.3. FACTOR DE SEGURIDAD

Se puede definir como un valor que determina de manera cuantificada la relación entre las condiciones de estabilidad actual sobre las fuerzas que llevan al fracaso. Es por ello que el factor de seguridad determina la amenaza existente en el talud para su fallo en condiciones devastadoras en cuanto al comportamiento para el cual se diseña y se requiere conocer las alternativas de solución. (Suarez, 1998). Fellenius (1927) presentó el factor de seguridad como la razón entre la resistencia al corte real calculado del material que compone el talud y los esfuerzos cortantes capaz de producir la falla.

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

En superficies circulares se usan los momentos resistentes y actuantes:

$$F.S = \frac{\text{Momento Resistente}}{\text{Momento Actuante}}$$

Ahora bien, todos los diseños se basarán en solventar que los esfuerzos inducidos por la estructura o edificación no superen los esfuerzos admisibles. En el diseño geotécnico se utiliza un factor de seguridad global el cual considera todas y cada uno de los agentes actuantes en el proceso de diseño, sin diferenciar si este es aplicado a la resistencia de los geo-materiales o la aplicación de cargas. (NEC, 2015)

Para la determinación del análisis del factor de seguridad existen varias metodologías, como el de tablas o número de estabilidad, talud infinito, bloque deslizante, ordinario o de Fellenius, Bishop y Janbú; los mismos que se basan en el análisis de equilibrio de fuerzas y momentos bajo diferentes superficies de falla. Para el desarrollo de este proyecto se realizará bajo el criterio de Bishop, la cual es aplicable a superficies de falla circulares y utiliza el equilibrio de momentos. Este método utiliza Dovelas y toma el efecto de las fuerzas entre las mismas. (Suarez,

1998). Debido a la solución rigurosa de Bishop y al ser compleja, se utiliza una versión simplificada del método como se evidencia en la gráfica 19.

$$F.S. = \frac{\sum [C' b + (W - ub) \tan \phi / ma]}{\sum W \sin \alpha}$$

Donde:

$$ma = \cos \alpha \left(1 + \frac{\tan \alpha \tan \phi}{F.S.} \right)$$

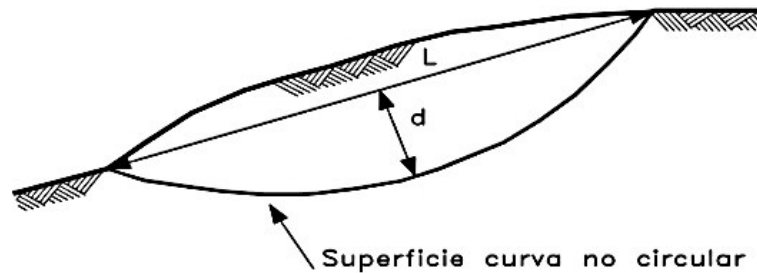
b = Ancho de la Dovela

W = Peso de cada dovela

C', ϕ = Parámetros de resistencia del suelo.

u = Presión de poros en la base de cada dovela = $\gamma_w \times h_w$

α = Angulo del radio y la vertical en cada dovela.



Gráfica 19. Formula simplificada de Bishop, Fuente: (Suarez, 1998), pág. 132

La ventaja de la metodología descrita, permite tener un acercamiento más exacto de las fuerzas normales actuantes en la superficie de rotura y además permite el análisis en suelos en donde la característica de homogeneidad no está presente.

Una vez analizada la metodología de empleo, se procede a determinar las condiciones de estabilidad del talud en el software Slide 5.0.

3.4 MODELACIÓN MEDIANTE SOFTWARE SLIDE 5.0

Slide es una herramienta de análisis empleada para la Estabilidad de Taludes, que utiliza métodos de equilibrio límite para su cálculo de factores de seguridad del mismo, en función a los parámetros de suelo. Para su aplicación es necesario conocer la geometría del talud, así como sus características físico-mecánicas y las capas geológicas que lo componen. Además,

Slide incluye construcción en análisis finito de infiltración de agua subterránea, análisis probabilístico, modelado multipanorama y soporte de diseño (Medina & Cartaya, 2018).

La forma práctica de análisis de Slide 5.0, se basa en la metodología de equilibrio limite, la misma que consiste en establecer que la rotura del terreno se produce a través de una línea, en donde se interpreta que la masa de tierra encima de la misma se desplaza con respecto a la inferior, produciendo así el plano de rotura.

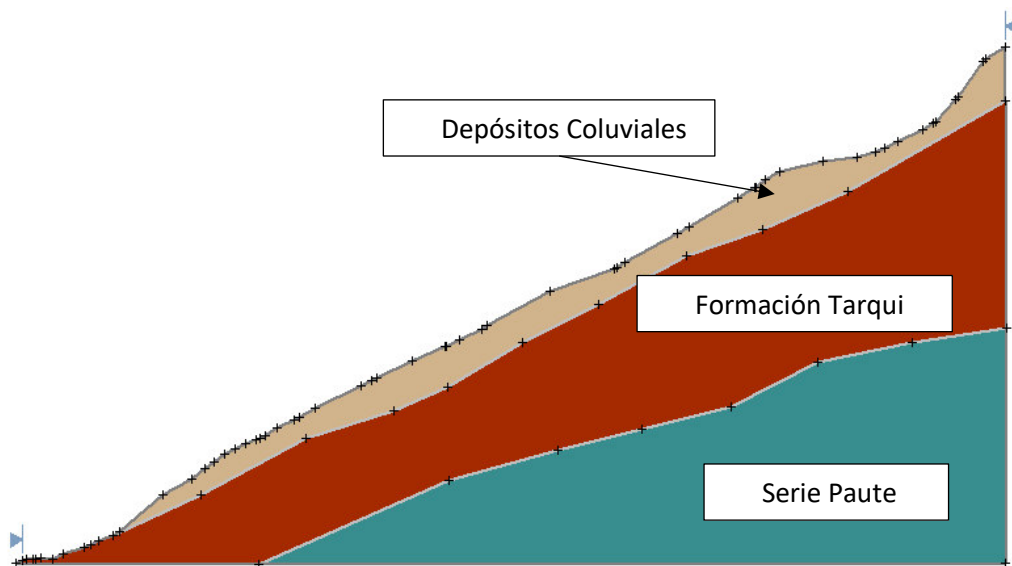
3.5 MODELACIÓN DEL TALUD EN CONDICIONES ACTUALES

Esta etapa del proyecto, busca modelar el talud que presenta el área de estudio, en las condiciones actuales; para luego ser sujeto de cambios en cuanto a la determinación de las condiciones de estabilidad y factores de seguridad.

Los procedimientos sistemáticos para la obtención del perfil de modelamiento, se describen a continuación:

- ✓ Determinar la geometría del perfil, proveniente del levantamiento topográfico.
- ✓ Importar a Slide 5.0, bajo las condiciones de extensión para su lectura.
- ✓ Generar en Slide 5.0, la cuadrícula de análisis global o puntual, dependiente de la necesidad.
- ✓ Representar los estratos que componen el talud y las propiedades físico-mecánicas de los mismos.

Una vez determinado el procedimiento secuencial se tiene como resultado del talud del proyecto el descrito en la gráfica 20.



Gráfica 20. Modelamiento del talud de estudio, Fuente: Autor

3.6. ANÁLISIS DE ESTABILIDAD DIFERENTES CONDICIONES

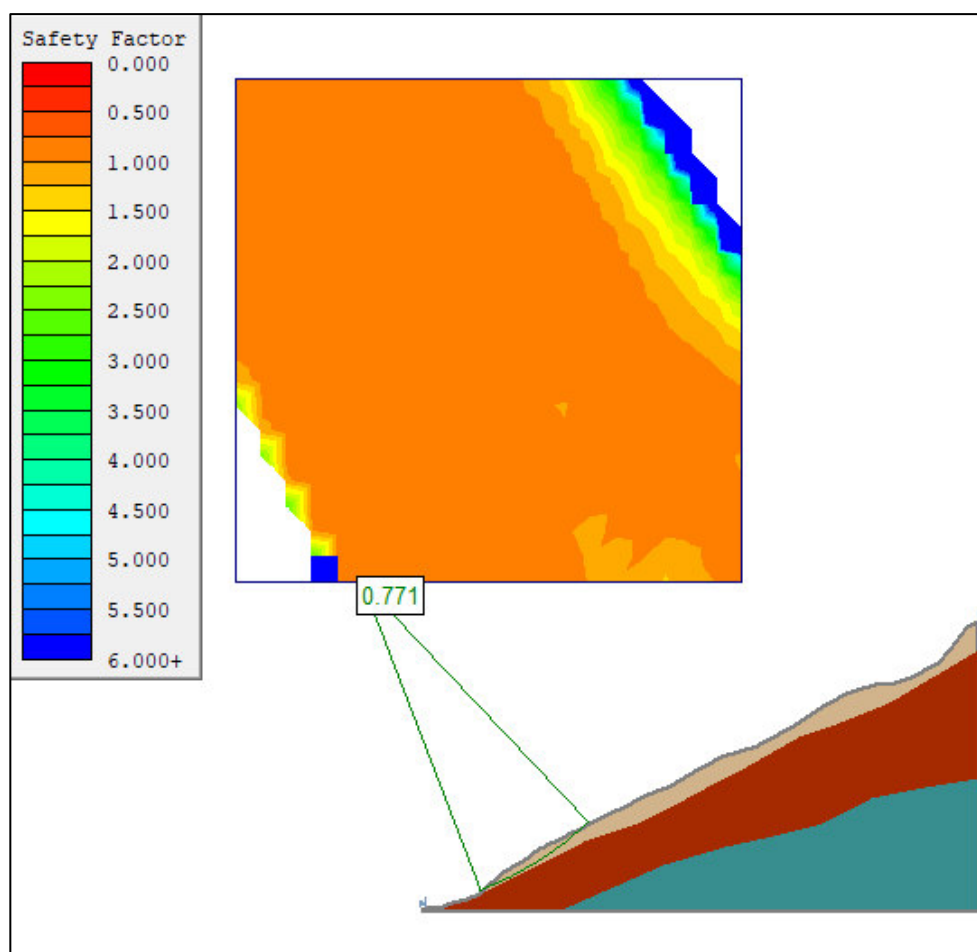
Ya determinada la geometría y las composiciones de capas geológicas; el mismo se analizará para diferentes condiciones, cuyo objetivo es determinar los factores de seguridad más desfavorable ante las mismas. Las condicionantes de análisis son las siguientes:

- ✓ FACTOR DE SEGURIDAD EN CONDICIONES REALES
- ✓ FACTOR DE SEGURIDAD ANTE EVENTOS SÍSMICO.
- ✓ FACTOR DE SEGURIDAD CON PRESENCIA DE LLUVIA EN LA SUPERFICIE DEL TALUD
- ✓ FACTOR DE SEGURIDAD CON NIVEL FREÁTICO A 5 METROS DE PROFUNDIDAD.

Las características y propiedades de los taludes a ser analizados en las condiciones, fueron detalladas con anterioridad en el presente documento, las mismas que se pondrán a puesta para cada uno de los análisis, al igual que la metodología y su criterio.

3.6.1 FACTOR DE SEGURIDAD EN CONDICIONES REALES

Determinación del valor cuantitativo del factor de seguridad y estabilidad del talud para condiciones reales sin ninguna alteración externa, en cuanto a fenómenos actuantes se refiere. En pocas palabras, se analizará el talud tal cual esta. La gráfica 21, muestra el valor obtenido en el software Slide 5.0.



Gráfica 21. Factor de seguridad bajo condiciones reales Fuente: Autor.

3.6.2 FACTOR DE SEGURIDAD ANTE EVENTO SÍSMICO.

En esta etapa de análisis se deberá introducir el valor de la componente horizontal y vertical sísmica, las cuales oscilan en los valores de 0.25 y la vertical 0.16 respectivamente, obtenidas de un análisis en función al suelo y la zona sísmica que ha sido catalogada según su ubicación en la Normativa Ecuatoriana de la Construcción.

La gráfica 22, muestra los valores tomados ante la presencia de actividad sísmica tanto horizontal como vertical; mientras que la gráfica 23 muestra los resultados cuantitativos.

Seismic Load

Seismic load coefficient

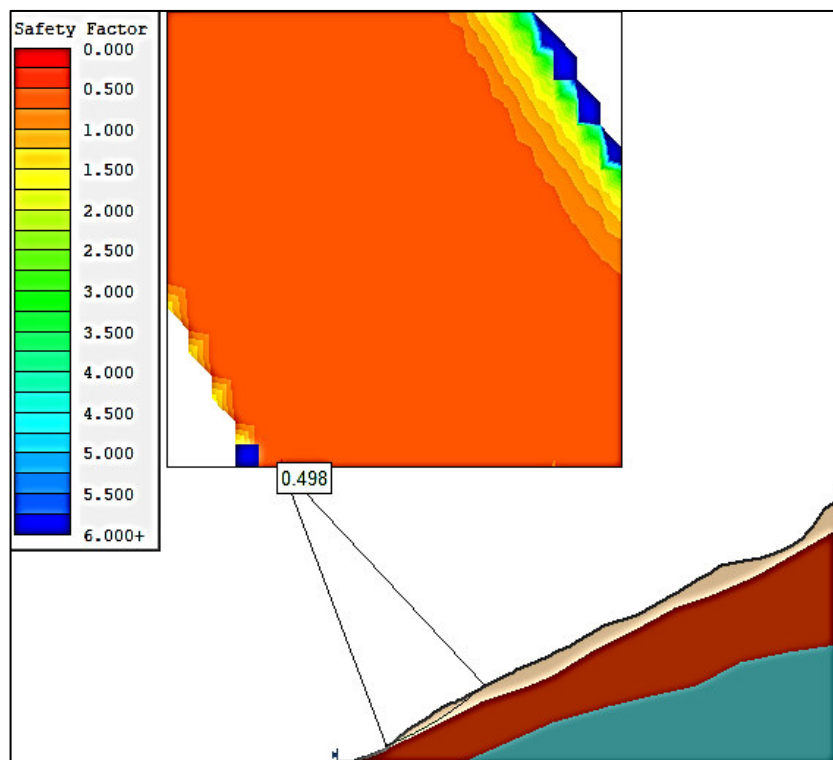
Horizontal: positive in direction of failure

Vertical: positive down

seismic force = (slice weight) x (seismic load coefficient)

OK Cancel

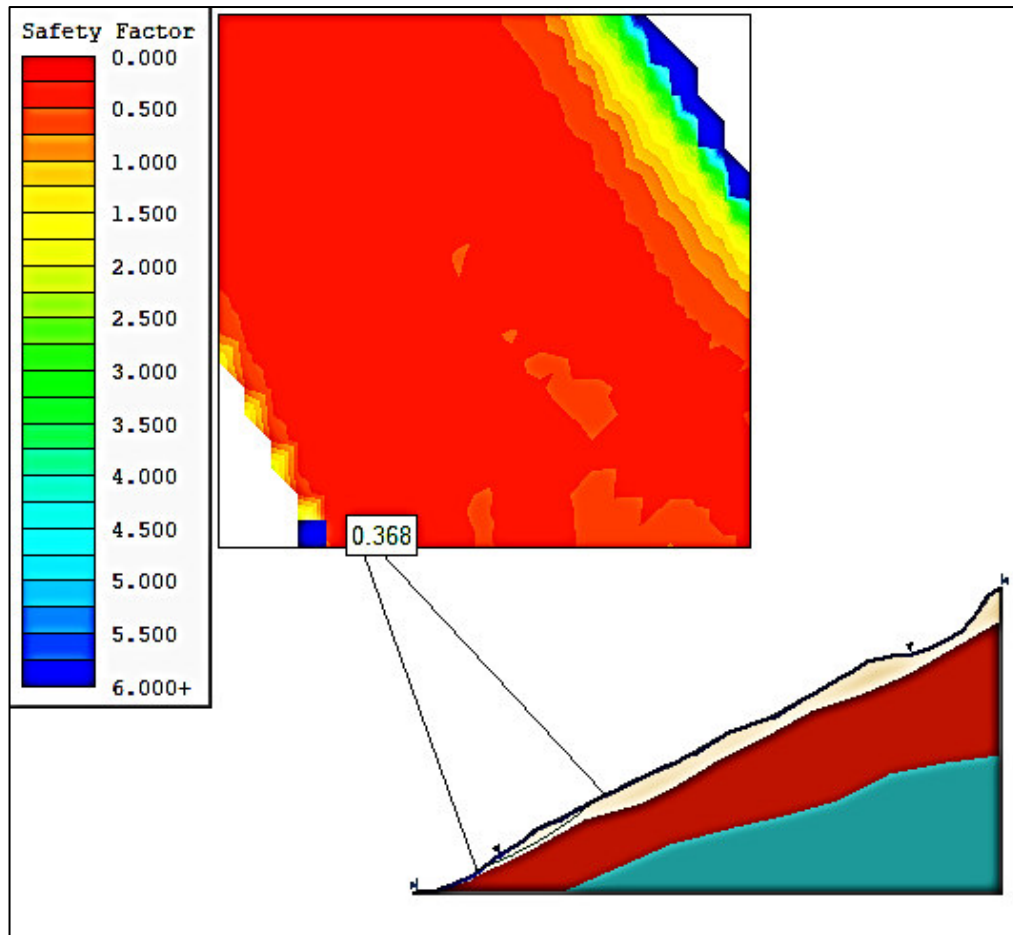
Gráfica 22. Parámetros Sísmicos, Fuente: Autor.



Gráfica 23. Factor de seguridad bajo condiciones sísmicas horizontal y vertical Fuente: Autor.

3.6.3 FACTOR DE SEGURIDAD CON PRESENCIA DE LLUVIA EN LA SUPERFICIE DEL TALUD.

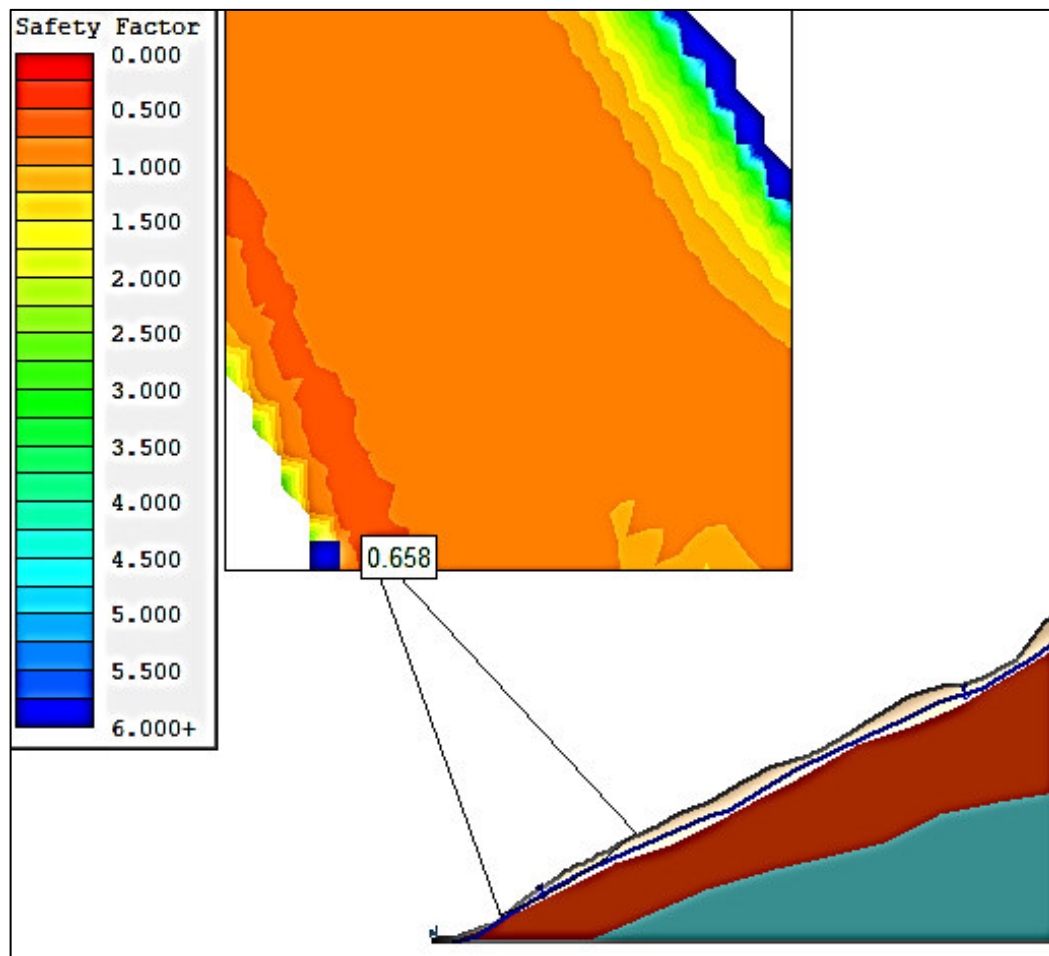
En este análisis se modelará con flujo de agua en la superficie de toda la longitud del talud en tal manera de generar un evento en donde el curso hídrico creará variaciones de valores de seguridad para su interacción con las soluciones de empleo.



Gráfica 24. Factor de seguridad con nivel freático en superficie longitudinal del talud, Fuente: Autor.

3.6.4 FACTOR DE SEGURIDAD CON NIVEL FREÁTICO A 5 METROS DE PROFUNDIDAD.

El análisis propuesto a la profundidad de 5 metros, es tomado debido a las calicatas cuya profundidad de muestreo fueron obtenidas a esa distancia, en donde se pudo observar la presencia de flujo de agua contenida en el talud, correspondiente a la calicata 1.



Gráfica 25. Factor de seguridad con nivel freático a 5 metros de profundidad, Fuente: Autor

Todas las condiciones de análisis del talud, no proporcionan los factores de seguridad ideales para su estabilidad, ya que se encuentran en escalas inferiores a los que se describe en la tabla 15 que se muestra a continuación; el mismo que es obtenido de la normativa NEC 2015. La misma que da de forma numérica los valores de relevancia del factor de seguridad de corte mínimo, correspondientes a, 1.05 y 1.00, en cuanto a diseño y construcción se refiera respectivamente.

Condición **	Fscore Mínimo	
	Diseño	Construcción
Carga Muerta+Carga Viva Nominal	1.5	1.25
Carga Muerta+ Carga Viva Máxima	1.25	1.1
Carga Muerta+ Carga Viva Nominal + Sismo de diseño Pseudo estático	1.1	1.00 *
Taludes - condición estática y Agua Subterránea Normal	1.5	1.25
Taludes - condición pseudo estática con agua Subterránea Normal y Coeficiente Sísmico de diseño	1.05	1.00 *

Tabla 14. Factores de seguridad para diferentes condiciones de análisis, Fuente: NEC 2015

Los análisis empleados para el talud de la zona de estudio, proporcionan los siguientes factores; detallados en la tabla 16:

CONDICIONES DE ANÁLISIS.	Fs
FACTOR DE SEGURIDAD EN CONDICIONES REALES	0.771
FACTOR DE SEGURIDAD CON EVENTO SÍSMICO	0.498
FACTOR DE SEGURIDAD CON NIVEL FREÁTICO EN LA SUPERFICIE DEL TALUD	0.368
FACTOR DE SEGURIDAD CON NIVEL FREÁTICO A 5 METROS DE PROFUNDIDAD	0.658

Tabla 15. Resumen de factores obtenido en la modelación y análisis en SLIDE 5.0, Fuente: Autor.

Como es evidente los análisis realizados en base a las condiciones actuantes del talud, presenta variaciones por debajo de los factores estipulados en la Normativa Ecuatoriana de la Construcción; además se logra evidenciar que al haber presencia de flujo hídrico (agua), el factor disminuye aún más, teniendo como el valor crítico de 0.368 bajo condiciones de análisis de presencia de lluvia en la superficie del talud. Cabe mencionar que los resultados obtenidos, son de mayor incidencia a la inestabilidad es en cuanto a presencia de agua, pero además a ello, mientras más se profundice el flujo hídrico aumenta la variante de seguridad, por lo que es concluyente que el movimiento está realizándose en la capa superficial correspondiente al material Coluvial.

CAPITULO IV: DISEÑO DE MEDIDAS ESTABILIZADORAS

Al generarse un deslizamiento es necesario encontrar los mecanismos y causas que producen el movimiento y a su vez determinar las adecuadas medidas de estabilización para control este fenómeno.

Ante todo, es importante definir las medidas de estabilidad de un talud en función de un factor de seguridad FS, mediante un modelo matemático de estabilidad. Este debe tener en cuenta como prioridad todos los factores que afectan la estabilidad como parámetros geológicos, cargas dinámicas (sismos), flujo de agua, propiedades mecánicas del suelo y geometría del talud entre otros.

En ocasiones el modelo matemático no produce resultados eficientes, a pesar de esto es importante determinar el factor de seguridad generando algunas alternativas de posibles superficies de falla, además que permite tener un artilugio útil para tomar la mejor decisión en cuanto a estabilización.

El diseño de estabilización que se implementará para nuestra zona de estudio San Pedro de los Olivos, estará fundamentado en teorías claras en cuanto a las propiedades geotécnicas del suelo y mecanismos de falla del mismo, garantizando un diseño seguro capaz de controlar y reducir el nivel de amenaza y riesgo en la población que habita en la zona.

Antes de iniciar el diseño se deberá tener conocimiento de algunos aspectos importantes para la conformación de taludes y bermas, en función de teorías y metodologías recomendadas por algunos investigadores con experiencia en sus libros tal es el caso de Jaime Suarez.

Para el desarrollo apropiado de nuestra investigación, se realizara algunas alternativas de diseño, mismas que irán siendo descartadas y reemplazadas en caso de ser necesario hasta poder encontrar el diseño más adecuado, el cual satisfaga los objetivos propuestos y condiciones establecidas; el objetivo principal de esta investigación, es generar un diseño económico, confiable y seguro que cumpla con los factores de seguridad recomendados, mediante la

información obtenida de estudios geológicos, geotécnicos y geofísicos existentes de la zona en estudio, cabe indicar que es necesario realizar estos estudios mediante pruebas reales, ya que, esta investigación se la está desarrollando de manera empírica, con lo cual se tratara de realizar un diseño lo más apegado a los datos obtenidos en laboratorio indicados en el capítulo 2, mismos que permitieron constatar que si es viable asumir algunos parámetros y características geotécnicas del suelo encontrado en el área de estudio; garantizando la estabilidad del suelo y el adecuado funcionamiento de los subsistemas que forman parte del diseño.

En el transcurso del desarrollo de este documento, se ha evidenciado algunas características y propiedades importantes del suelo, así como también el comportamiento del mismo ante varias hipótesis. Al iniciar con el análisis de las medidas estabilizadoras, se ha propuesto comenzar con la conformación de los taludes y bermas, anhelando cumplir con todos los parámetros de seguridad establecidos, sin que se encarezca el sistema de estabilización por otro más complejo.

Para iniciar con el diseño, es necesario tomar en cuenta algunos criterios sobre la conformación de un talud; ya que, esto permitirá minimizar la acción de las fuerzas actuantes y a su vez incrementar las fuerzas resistentes, logrando un equilibrio de masas y velocidades bajas de escorrentía donde la fuerza tractiva del agua producto de la escorrentía no sea capaz de originar una erosión de los suelos superficiales. Esta técnica de conformación es muy usada en nuestro medio, dado a su bajo costo de inversión además de existir y encontrar con facilidad el debido personal y maquinaria calificados para su desarrollo.

La determinación de la pendiente estable del talud, “debe ser analizada a detalle por medio de las condiciones litológicas, estructura y meteorización de los materiales que conformar el talud” (Jaime Suarez, 1998). Para poder tomar una decisión sobre la forma y pendiente del talud se deberá analizar la influencia de todos los factores actuantes sobre él.

Jaime Suarez hacer referencia que la “determinación de la pendiente debe hacerse de acuerdo al ángulo de fricción interna (Φ) del material. generalmente especifica una pendiente entre $2/3\Phi$ a $3/4\Phi$; la pendiente no debe ser superior a Φ , a menos que la cohesión sea suficiente para garantizar ese ángulo.”

Se tomará como referencia la tabla 17. donde se indica las pendientes típicas que se deben usar para taludes en terraplenes del Departamento de carreteras del Japón. para el diseño de alturas y pendientes de taludes, misma que indica valores comunes de alturas y pendientes sugeridas, las cuales se basan en criterios de resistencia y del tipo de material existente en la zona.

Material	Altura	Pendiente Sugerida
Arena o grava de buena calidad SW, GM, GC, GW, GP	Menos de 5	1.5H:1V a 1.8H:1V
	5 a 15	1.8H:1V a 2H:1V
Arena de mala calidad SP	Menos de 10	1.8H:1V a 2H:1V
	Menos de 10	1.5H:1V a 1.8H:1V
Material rocoso	10 a 20	1.8H:1V a 2H:1V
	Menos de 5	1.5H:1V a 1.8H:1V
Suelos arcillosos de buena calidad	5 a 10	1.8H:1V a 2H:1V
	Menos de 5	1.5H:1V a 1.8H:1V
Suelos arcillosos blandos	Menos de 5	1.8H:1V a 2H:1V

Tabla 16. Pendientes típicas taludes en terraplenes Fuente: Suarez Jaime, Deslizamiento tomo II

Técnicas de Remediación.

En una estabilización, el terraceo de un talud permite “contralar la erosión y facilitar el establecimiento de vegetación” (Jaime Suarez); además, las alturas pueden variar conforme a la tipología del suelo en la zona de estudio y se debe considerar el control de agua superficial en cada berma generada, dado que en el capítulo anterior se habla que la condición más

desfavorable ocurre cuando existe un nivel freático de escorrentía en la superficie del talud, por tal razón es importante la selección más adecuada de una medida de captación y evacuación de escorrentía, , en este caso la utilización del dren francés es uno de los sistemas de evacuación de escorrentía más propicio para nuestras medidas de estabilización, este sistema debe conducir el agua a un canal de recolección con sus debidos disipadores de energía.

Jaime Suarez menciona que “las terrazas son muy útiles para el control de aguas de escorrentía y al momento de construir estas, el talud puede quedar dividido en varios taludes de comportamiento independiente, produciéndose taludes estables”.

Para el diseño de estabilización, también se desarrollará el diseño de bermas, debido a que también son una forma de terraceo, además que se las construye en sitios de cambio de pendiente y donde se requiera garantizar un factor de seguridad alto. El diseño de estas dependerá del propósito y funcionalidad que se vaya a dar.

En algunas ocasiones es necesario “la construcción de bermas de gran ancho en suelos cohesivos como es el caso de las arcillas para aumentar el factor de seguridad en las medidas de estabilización; para los suelos arenosos y gravosos se debe disminuir la pendiente del talud o la construcción de bermas que pueden ser inestables debido a la pendiente del talud que existe entre ellas.

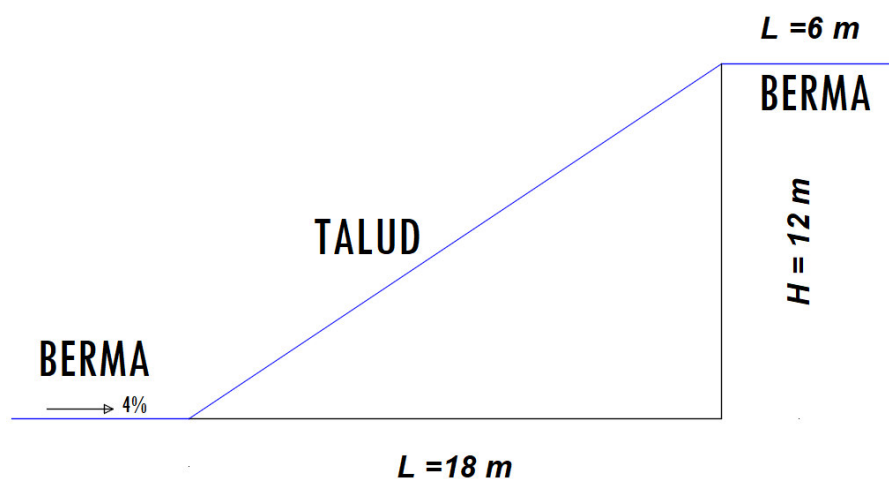
En suelos erosionables la berma debe tener una pendiente de 5 al 10% hacia adentro del talud y se debe construir una cuneta revestida en la parte interior para el control y manejo de las aguas de escorrentía. La pendiente longitudinal de la berma debe ser superior al 3% para garantizar la salida eficiente y rápida del agua recolectada.” (Jaime Suarez, 1998)

4.1. DISEÑO DE MEDIDAS ESTABILIZADORAS

Conocida la teoría sobre la conformación de taludes y bermas, se iniciará el diseño de las medidas de estabilización sobre del sector de San Pedro de los Olivos. Para ello se desarrollará varias alternativas de diseño las cuales serán modeladas en el software SLIDE 5.0 para su respectivo análisis de la estabilidad pudiendo estas satisfacer con los factores de seguridad recomendados para cada caso.

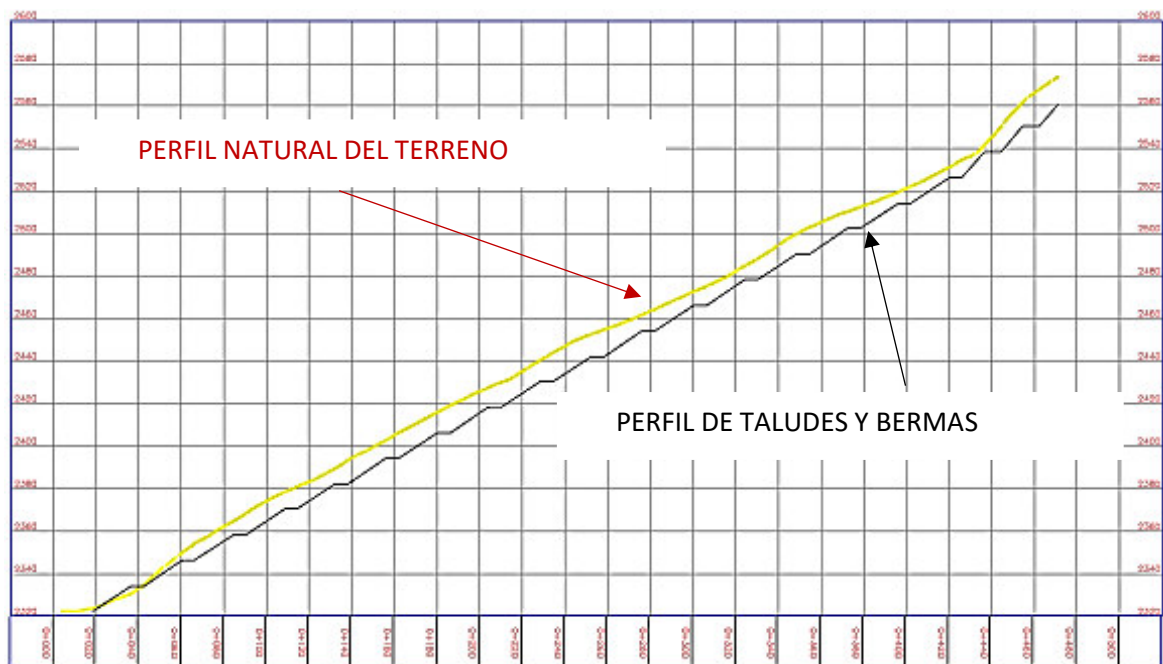
Se utilizarán alturas de 12 metros y longitud de 18 metros de conformación de talud, con una relación de pendiente igual a 1.5H:1V, con bermas de 6 metros con una pendiente del 4% hacia el interior del talud y para el canal de recolección que conducirá el agua captada por los drenes, misma que será evacuada hacia la quebrada que se encuentra junto al deslizamiento, al final de este documento se anexaras los planos respectivos donde se encontraran todos los detalles y especificaciones de cada uno de los elementos que componen las medidas estabilizadoras.

La gráfica 26 muestra la conformación del talud con su respectiva berma.



Gráfica 26. Conformación del talud y berma. Fuente: Autor

Seguidamente en la gráfica 27, muestra los perfiles tanto del terreno natural como el de la conformación de taludes y bermas, pudiendo ser visible de manera global la magnitud de corte que se genera en el área de la zona de estudio.



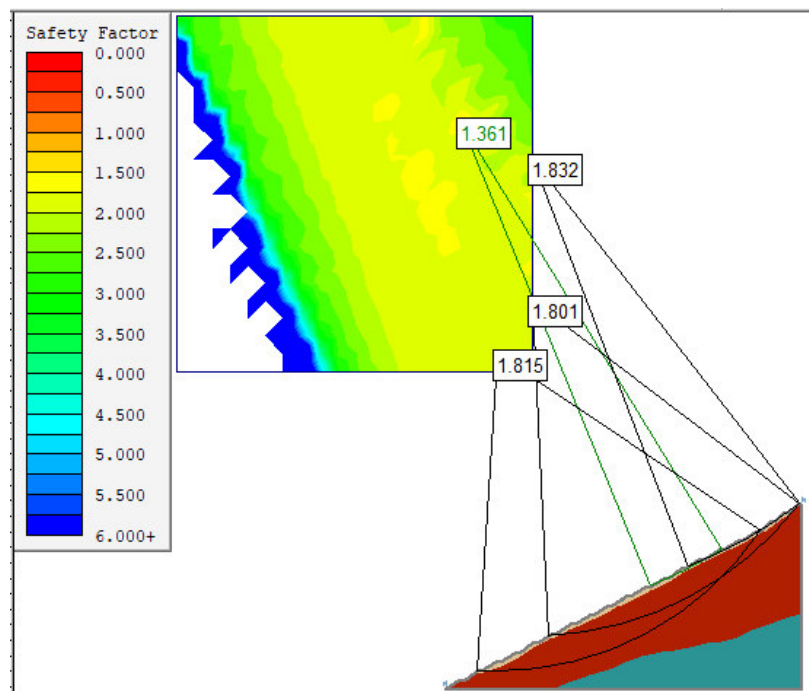
Gráfica 27. Perfiles del terreno natural, taludes y bermas diseñados. Fuente: Autor

Para poder lograr la estabilización adecuada del talud ha sido necesario generar varias alternativas, y así poder llegar a obtener el factor de seguridad óptimo con los valores de bermas y taludes antes mencionados.

A continuación, se muestra la modelación generada en el software SLIDE 5.0 de la conformación de taludes y bermas sujetas a condiciones normales, donde se puede observar el factor de seguridad obtenido; es muy importante recalcar que el material del primer estrato asumido acorde a la investigación generada corresponde a un material coluvial, que presenta características ineficientes para la estabilización del área de estudio.

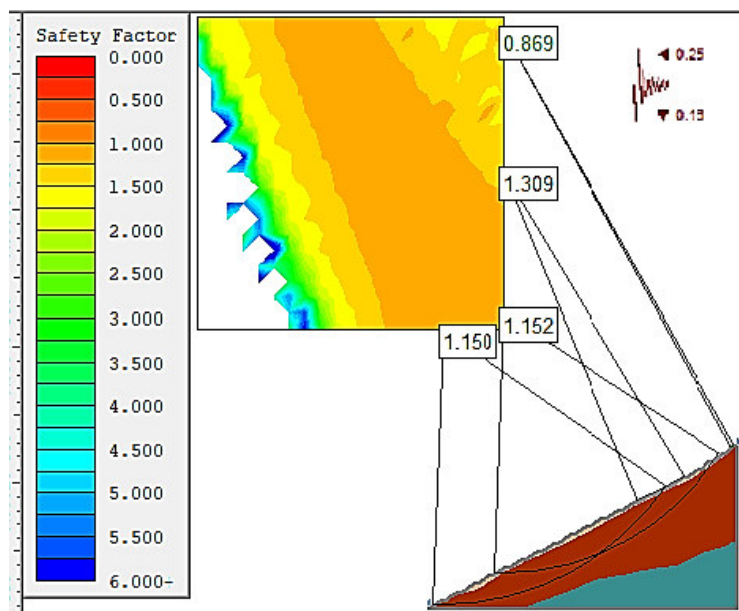
Los Sigüientes gráficos muestran la modelación de la estabilización mediante taludes y el factor de seguridad obtenido.

BAJO CONDICIONES NORMALES.



Gráfica 28. Factor de seguridad bajo condiciones reales, Fuente: Autor.

BAJO CONDICIONES DE EVENTO SISMICO.



Gráfica 29. Factor de seguridad bajo condiciones Sísmicas. Fuente: Autor.

Las propiedades de análisis para la obtención de los gráficos de FS antes descritos, Se analizó bajo las siguientes condiciones:

The screenshot shows the 'Define Material Properties' dialog box with the 'SERIE PAUTE' tab selected. The 'Name' field is 'SERIE PAUTE', 'Colour' is a teal color, and 'Hatch' is a black pattern. The 'Unit Weight' is 24 kN/m3, and 'Saturated U.W.' is 20 kN/m3. The 'Strength Type' is 'Mohr-Coulomb' with the equation $\tau = c' + \sigma'_n \tan \phi'$. The 'Strength Parameters' section shows 'Cohesion' as 50 kN/m2 and 'Phi' as 35 degrees. The 'Water Parameters' section shows 'Water Surface' as 'None' and 'Hu' as 'Custom' with a value of 1. Buttons at the bottom include 'Copy To...', 'OK', and 'Cancel'.

Gráfica 30. Parámetros de peso específico, cohesión y ángulo de fricción; Serie Paute. Fuente: Autor

The screenshot shows the 'Define Material Properties' dialog box with the 'FORMACION TARQUI' tab selected. The 'Name' field is 'FORMACION TARQL', 'Colour' is a brown color, and 'Hatch' is a black pattern. The 'Unit Weight' is 20 kN/m3, and 'Saturated U.W.' is 20 kN/m3. The 'Strength Type' is 'Mohr-Coulomb' with the equation $\tau = c' + \sigma'_n \tan \phi'$. The 'Strength Parameters' section shows 'Cohesion' as 63.74 kN/m2 and 'Phi' as 35 degrees. The 'Water Parameters' section shows 'Water Surface' as 'None' and 'Hu' as 'Custom' with a value of 1. Buttons at the bottom include 'Copy To...', 'OK', and 'Cancel'.

Gráfica 31. Parámetros de peso específico, cohesión y ángulo de fricción; Formación Tarqui. Fuente: Autor

Define Material Properties

☒ FORMACION TARQUI
 ☐ DEPOSITOS COLUVIALES
 ☐ Mat

Name:
 Colour:
 Hatch:

Unit Weight: kN/m3
 ☐ Saturated U.W.: kN/m3

Strength Type:
 $\tau = c' + \sigma'_n \tan \phi'$

Strength Parameters:

 Cohesion: kN/m2

 Phi: degrees

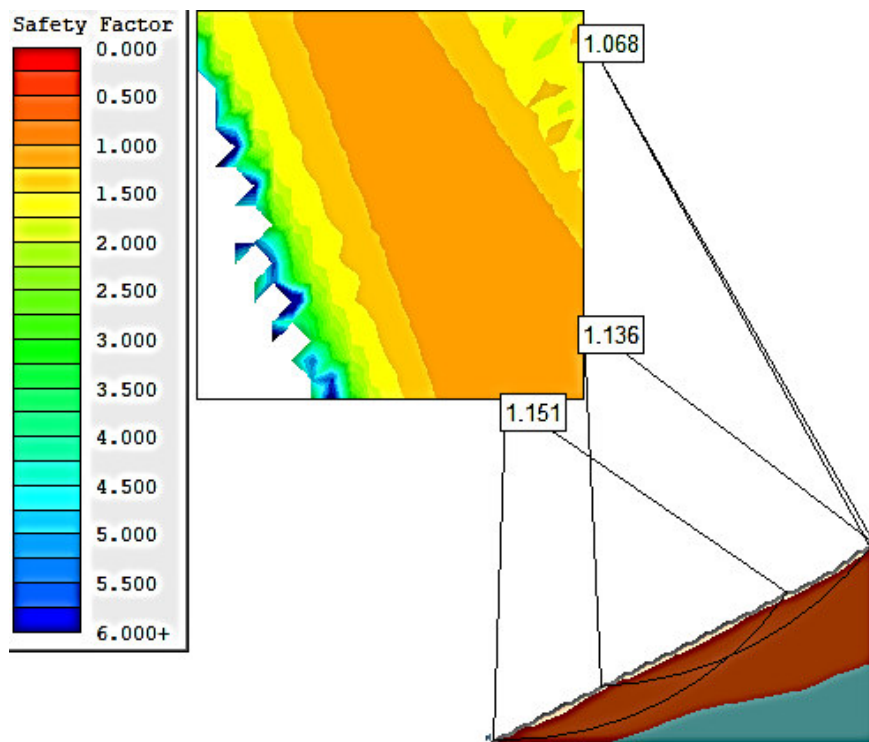
Water Parameters:

 Water Surface:

 H_u:

Gráfica 32 Parámetros de peso específico, cohesión y ángulo de fricción; Depósitos Coluviales
Fuente: Autor

Como el modelo en análisis funciona de manera correcta para condiciones normales y no ante un evento sísmico, se mejorará una porción de la capa de depósitos coluviales comprendida dentro de un espesor de 2 metros debido a la incidencia de la conformación de taludes y bermas.



Gráfica 33. Factor de seguridad bajo condiciones Sísmicas mejorando características del Material

Las propiedades quedan distribuidas de la siguiente manera en conjunto con la variación de los valores de compactación.

The screenshot shows the 'Define Material Properties' dialog box with the 'SERIE PAUTE' tab selected. The 'Name' field is 'SERIE PAUTE', 'Colour' is a teal color, and 'Hatch' is a black pattern. The 'Unit Weight' is 24 kN/m3, and 'Saturated U.W.' is 20 kN/m3. The 'Strength Type' is 'Mohr-Coulomb' with the formula $\tau = c' + \sigma'_n \tan \phi'$. The 'Strength Parameters' section shows 'Cohesion' as 50 kN/m2 and 'Phi' as 35 degrees. The 'Water Parameters' section shows 'Water Surface' as 'None' and 'Hu' as 'Custom' with a value of 1. Buttons at the bottom include 'Copy To...', 'OK', and 'Cancel'.

Gráfica 34. Parámetros de peso específico, cohesión y ángulo de fricción; Serie Paute

The screenshot shows the 'Define Material Properties' dialog box with the 'FORMACION TARQL' tab selected. The 'Name' field is 'FORMACION TARQL', 'Colour' is a reddish-brown color, and 'Hatch' is a black pattern. The 'Unit Weight' is 20 kN/m3, and 'Saturated U.W.' is 20 kN/m3. The 'Strength Type' is 'Mohr-Coulomb' with the formula $\tau = c' + \sigma'_n \tan \phi'$. The 'Strength Parameters' section shows 'Cohesion' as 63.74 kN/m2 and 'Phi' as 35 degrees. The 'Water Parameters' section shows 'Water Surface' as 'None' and 'Hu' as 'Custom' with a value of 1. Buttons at the bottom include 'Copy To...', 'OK', and 'Cancel'.

Gráfica 35. Parámetros de peso específico, cohesión y ángulo de fricción; Serie Paute.

Define Material Properties

MEJORAMIENTO Material 5 Material 6 Material 7

Name: MEJORAMIENTO Colour: Hatch:

Unit Weight: 20 kN/m3 Saturated U.W.: 20 kN/m3

Strength Type: Mohr-Coulomb $\tau = c' + \sigma'_n \tan \phi'$

Strength Parameters

Cohesion: 25 kN/m2 Phi: 30 degrees

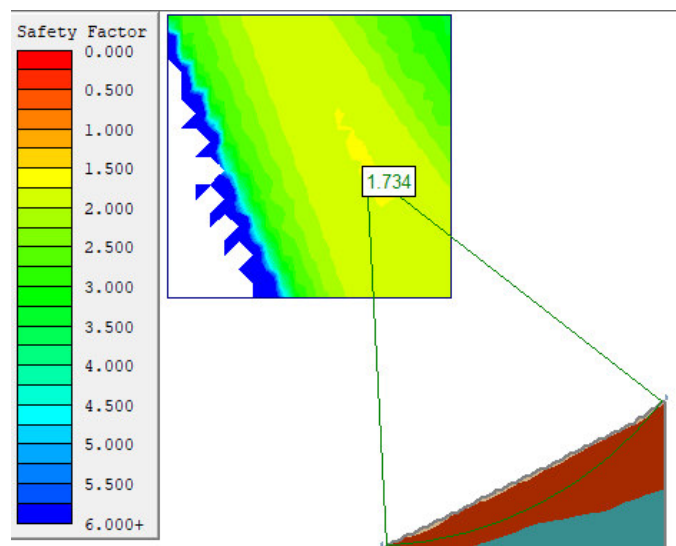
Water Parameters

Water Surface: None Hu: Custom 1

Copy To... OK Cancel

Gráfica 36. Parámetros de peso específico, cohesión y ángulo de fricción. Fuente: Autor.

Dicho esto, el Factor de Seguridad FS del talud en condiciones naturales y con propiedades mecánicas mejoradas es la siguiente:



FACTOR DE SEGURIDAD EN CONDICIONES
REALES Y NUEVA GEOMETRÍA PROPUESTA

FS=1.734

Gráfica 37. Modelación del Talud y Factor de seguridad. Fuente: Autor

Al momento de conformar los taludes y bermas, es muy imprescindible que se modifique indirectamente las características del material superficial, teniendo que compactar al material de conformación hasta alcanzar a una cohesión de **25 KN/m²** y un peso específico de **20KN/m³** y en lo posible mejorar estas propiedades del material al momento de compactarlo siendo esto favorable a la estabilización.

4.2 MEDIDAS DE REVEGETACIÓN

La utilización de la vegetación ha permitido tener un efecto positivo para evitar los problemas de erosión, reptación y fallas superficiales de los taludes.

La revegetación de un talud permite controlar la erosión y aumentar el factor de seguridad en la estabilización; ya que, el efecto de la vegetación es una interacción entre los factores hidrológicos y mecánicos del suelo.

Terrazas de formación lenta.

Son barreras constituidas por vegetación apropiada para la zona en aspectos de adaptación, las cuales “se pueden formar con especies vegetativas leñosas o siembra de pasto en bandas anchas siguiendo las curvas de nivel en las laderas. La vegetación forma una barrera viva que retiene la tierra y forma de a poco las terrazas de formación lenta.” (Orellana,2012)

Ventajas

- Reduce la erosión del suelo.
- Reduce el volumen y velocidad de escorrentía.
- Previene y controla la formación de cárcavas.

Para la revegetación de la zona de estudio de acuerdo a su ubicación y condiciones meteorológicas se provee como uso adecuado de especies vegetativas, mismas que corresponden a Eucalipto, Aliso y Kikuyo, mismos que son leñosos y pasto respectivamente.

ALISO

Morfología

“Es una especie de vida media, de tamaño variable con alturas hasta de 30 m y diámetro de 50 cm, El aliso posee un sistema radical superficial y extendido.” (Ospina. Hernández & Gómez, 2005)

Requerimientos ambientales

Debe protegerse de los vientos ya que por su rápido crecimiento el fuste es frágil y puede partirse. Puede plantarse incluso en sitios de alta pendiente, con altitudes entre 1.600 y 3.200 m; se adapta bien a condiciones climáticas con rangos de precipitación promedia anual entre 1.000 y 3.200 mm/año, temperatura media anual de 4 a 18°C; tolera temperaturas bajas de hasta -2°C y temperaturas máximas de 27°C, las heladas ocasionales.

Densidad de siembra.

La densidad inicial de siembra debe ser de 1.111 árboles por hectárea (3 x 3 m) en cuadro; aunque algunos autores recomiendan emplear densidades de 650 árboles por hectárea, puesto que el rápido crecimiento del aliso permite lograr una ocupación del terreno en poco tiempo.

Características sobresalientes:

Crece bien en laderas inclinadas y se reproduce en terrenos desnudos.

Eucalipto

Es un Árbol que puede llegar a medir de 45-75 metros de altura. Su tronco alcanza hasta 2 metros de diámetro, corteza lisa, fibrosa y caediza. La propiedad característica del eucalipto es la de absorción de agua, debido a que el mismo posee unas raíces poderosas y profundas para soportar la enorme carga de su gigantesca estatura. Las raíces de este árbol pueden profundizarse hasta los 20 metros y su característica es la de crecer girando hacia abajo, perforando la tierra a manera de un sacacorchos. (Fernández,1994)

Esta especie puede adaptarse a una altitud de 2200 a 3200 msnm, con una precipitación de 800 a 1500 mm/año y temperaturas que oscilan entre los 10.8 a 16.8 °C. (GesPlan,2008)

Kikuyo

El *Pennisetum clandestinum* conocido como Kikuyo es una gramínea, capaz de soportar periodos cortos de anegamiento como a la vez resistir la sequía.

Esta planta crece en forma natural a alturas de 1950 a 2700 msnm con precipitaciones de lluvias entre 850 a 1600 mm a una temperatura promedio de 16 a 21 °C. También, puede crecer a temperaturas entre 8°C a 35°C con un óptimo crecimiento expresado a los 25°C. (Fonseca,2015)

No exige en cuanto a la humedad, siempre y cuando la precipitación pluvial supere los 1000 mm anuales. Sus raíces pueden alcanzar entre 40-60 cm de profundidad, lo que le permite extraer agua del suelo con facilidad. Prefiere los suelos de textura liviana, buen drenaje, y alta fertilidad. (Lobo, Díaz 2001). Con una densidad de siembra de 800 a 1000 gr/Ha. (Carrera,2011)

Cabe recalcar que se recomienda la reforestación del área de estudio, de tal manera que ayude a evitar la erosión e infiltración del agua. Por lo que se deberá considerar la **siembra de Kikuyo, Eucalipto o Aliso**. En la tabla 17, se indica las características de estos.

Nombre común	Densidad siembra	Altitud (msnm)	Precipitación mm/año	Temperatura °C	Profundidad raíz (m)
Aliso	3 x 3 m ²	1600 - 3200	1000 - 3200	4 a 18	2 a 3
Eucalipto	3 x 2 m ²	2200 - 3200	800 a 1500	10,8 – 16,8	5 a 20
Kikuyo	800 a 1000 gr/Ha	1950 - 2700	850 a 1600	16 a 21	0.4 a 0.6

Tabla 17. Características de Vegetación Para estabilización

4.3 SISTEMA DE CONTROL Y EVACUACIÓN DE ESCORRENTÍA.

En esta sección se indica los elementos que conformar el sistema de drenaje y la realización del predimensionamiento de secciones de tubería que corresponderán al dren francés además de la estructura que tendrá como objetivo disipar la energía del agua mismos que se encuentran determinados por el caudal de escorrentía generado.

El proceso del funcionamiento del sistema de drenaje seria:

1.- Los drenes franceses captarían el agua producida por la precipitación de la zona en cada una de las terrazas generadas para la estabilización.

2.- Los drenes conducen y desalojan el agua captada en cada terraza hacia el cauce de la quebrada, en donde se contará con disipadores de energía, mismos que tienen como función principal evitar la erosión del suelo y disminuir la energía producida por la pendiente del canal de recolección al momento de la descarga.

4.3.1 Sistema dren francés.

Este tipo de sistemas de drenes son zanjas profundas, rellenas de material granular cuyo propósito es recolectar las aguas de escorrentía, reduciendo considerablemente los problemas de erosión y a su vez previene los movimientos superficiales del terreno.

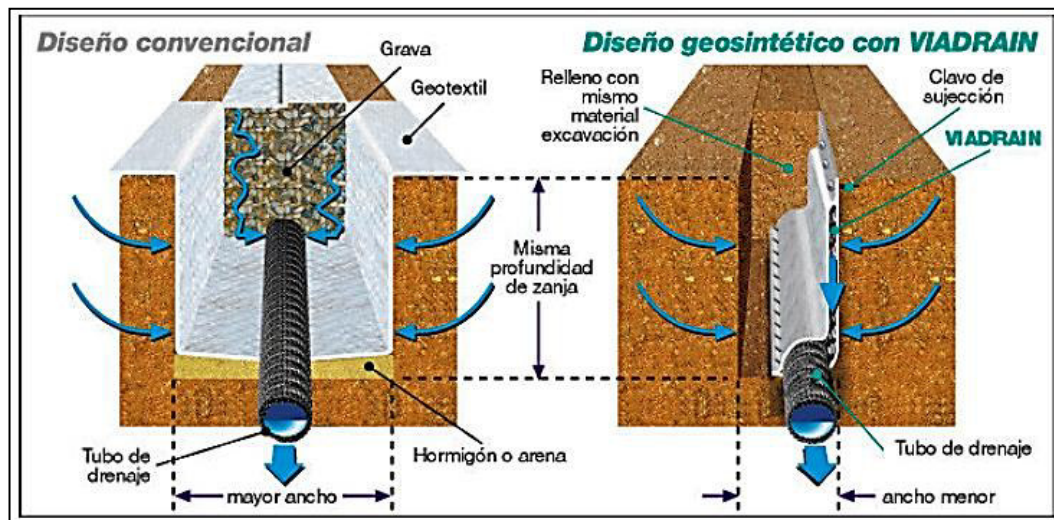
El diseño será acorde al criterio del profesional al momento de construirlo. “Un diseño común consiste en zanjas espaciadas cada 15 o 30 metros, usualmente, en forma de espina de pescado. La profundidad de los drenes franceses normalmente varía de 30 a 50 cm y el ancho de 60cm a un metro.” (Jaime Suarez, 1998)

El sistema está conformado por tuberías perforadas de 3 a 4 pulgadas de diámetro de polietileno o PVC, las cuales descansan sobre un colchón de grava triturada o material aluvial grueso limpio, además estas tuberías permanecen envueltas por geotextiles o geo membranas, cabe indicar que en el fondo se debe colocar estos con la finalidad de que no exista infiltración del agua recolectada y a su vez en la parte superior por lo general queda expuesta, donde se

coloca geotextiles con poros muy abiertos permitiendo la recolección de escorrentía; con ello también se reduce la posibilidad del crecimiento de vegetación dentro de las tuberías. Para una eficaz evacuación es necesario tener el 1% de pendiente como mínimo.

La principal ventaja es que son rápidos y simple de construir, además que permiten obtener un aumento importante del factor de seguridad del talud.

A continuación, se puede observar la Gráfica 45 la esquematización del dren francés.



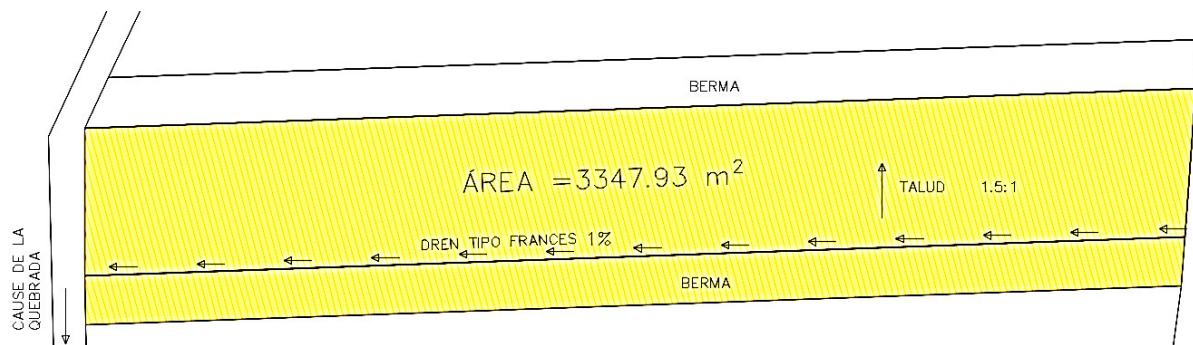
Gráfica 38. Sección del sistema de drenaje tipo “Dren Francés”. Fuente: Recuperado: <https://construblogspain.wordpress.com/2014/01/23/dren-frances-ejecucion-y-caracteristicas/>

4.3.2. Determinación de la superficie de aportación de escorrentía.

Para la determinación se utilizará la mayor área de aportación de un talud más la berma, debido que cada dren francés estará recolectando el agua de escorrentía de estas dos superficies y así evacuarlas a la quebrada.

Una vez diseñada la tubería de captación del agua, se deberá realizar el análisis del caudal de agua que ingresa a quebrada ya que este cuerpo de agua natural tiene que ser protegido y no destruido por la erosión que se produce por la descarga.

En la Gráfica 46 Se muestra el área de aporte que está captando del dren francés.



Gráfica 39. Área de aportación al dren francés. Fuente: Autor

Una vez analizada el área de aportación de diseño se debe realizar el cálculo del caudal de escorrentía que se genera por la precipitación existente en la zona de estudio, tal caudal dependerá de varios factores como son la intensidad de lluvia, área de drenaje, pendiente y longitud de los taludes y bermas que se van a drenar considerando además el tipo y extensión de la cobertura vegetal que se encontrara dispuesta en las terrazas.

Para encontrar dicho caudal, se recurrirá al método racional, dado que esta metodología es una de las más fáciles de usar, además que tiene un factor de seguridad mayor que otros métodos y es relativamente precisa para áreas pequeñas. La ecuación de cálculo esta expresada de la siguiente manera:

$$Q = \frac{CiA}{3600}$$

Donde:

Q = Caudal recolectado (Litros/seg.)

i = Intensidad de lluvia de diseño (mm/hora, la cual depende del tiempo de concentración).

A = Área que se va a drenar (m²)

C = Coeficiente de escorrentía.

El coeficiente de escorrentía es una relación entre la precipitación superficial y la cantidad total de lluvia que se precipita, depende de factores tales como: los factores meteorológicos como la precipitación (duración, intensidad y frecuencia) y la temperatura (perdidas por

evaporación), factores geográficos que indican la localización geográfica de la cuenca y su morfología (pendientes de la cuenca), factores hidrogeológicos comprender la permeabilidad de los terrenos y la profundidad del nivel freático y finalmente los factores biológicos como la cobertura vegetal y la actividad humana.

Al analizar información sobre el clima, coberturas vegetales y uso del suelo del cantón Gualaceo donde se encuentra ubicado sector San Pedro de los Olivos, se realizará el cálculo del coeficiente de escorrentía mediante criterios utilizados en nuestro medio actual. Luego se compararán los coeficientes obtenidos analizando cual es el más propicio utilizar para nuestro estudio.

Con la información recopilada indica que el “clima del cantón Gualaceo esta predominado por dos climas de la provincia del Azuay. La mayor superficie se encuentra influenciada por el clima Ecuatorial y específicamente al norte, centro y este el clima es ecuatorial de alta montaña. El relieve del cantón va desde suave a ligeramente ondulado (5-12%) hasta montañoso (>70%); el uso y cobertura del suelo tiene como mayor entidad el bosque nativo (en su mayoría intervenido) y la presencia de pastos cultivados.” (proyecto levantamiento de cartografía temática; cobertura y uso de la tierra sistemas productivos, zonas homogéneas de cultivo).

El cálculo se lo desarrollara en base a los criterios de Benítez (1980) y Velasco Molina (1991), mismos que son adecuados para calcular los caudales máximos por el método racional y a su vez predimensionar las zanjas de infiltración que es el caso de estudios de drenaje en taludes.

Así, como primer caso el tipo de cobertura del suelo y en segundo la composición litológica. En tablas 18 y 19 se puede observar los coeficientes de escorrentía de acuerdo a los criterios antes mencionados.

COBERTURA DEL SUELO	TIPO DE SUELO	PENDIENTE (%)				
		> 50	20-50	5-20	1-5	0-1
Sin vegetación	Impermeable	0,80	0,75	0,70	0,65	0,60
	Semipermeable	0,70	0,65	0,60	0,55	0,50
	Permeable	0,50	0,45	0,40	0,35	0,30
Cultivos	Impermeable	0,70	0,65	0,60	0,55	0,50
	Semipermeable	0,60	0,55	0,50	0,45	0,40
	Permeable	0,40	0,35	0,30	0,25	0,20
Pastos, vegetación ligera	Impermeable	0,65	0,60	0,55	0,50	0,45
	Semipermeable	0,55	0,50	0,45	0,40	0,35
	Permeable	0,35	0,30	0,25	0,20	0,15
Hierba	Impermeable	0,60	0,55	0,50	0,45	0,40
	Semipermeable	0,50	0,45	0,40	0,35	0,30
	Permeable	0,30	0,25	0,20	0,15	0,10
Bosque, vegetación densa	Impermeable	0,55	0,50	0,45	0,40	0,35
	Semipermeable	0,45	0,40	0,35	0,30	0,25
	Permeable	0,25	0,20	0,15	0,10	0,05

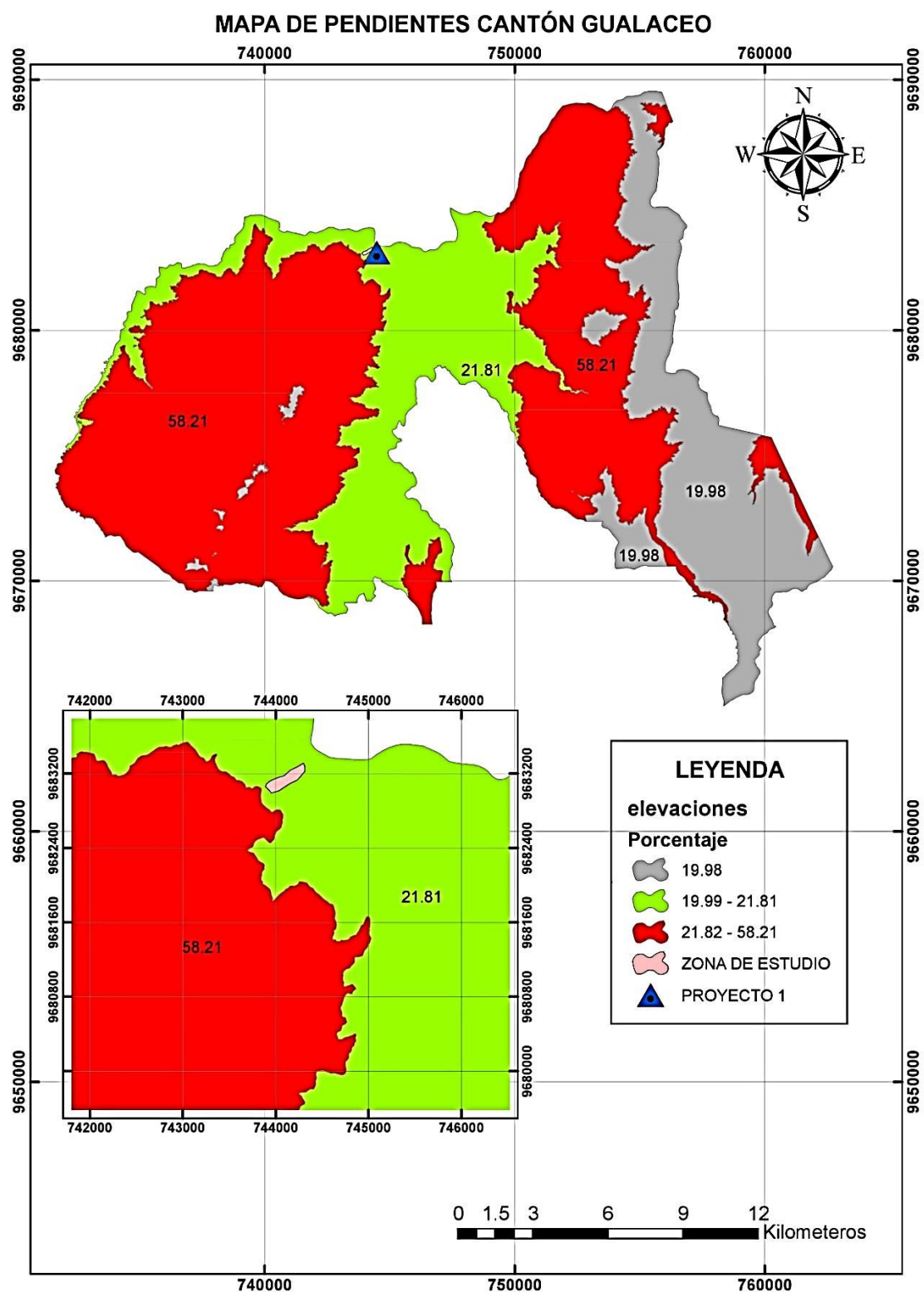
Tabla 18. Coeficiente de escorrentía (C) según Benítez. Fuente: Tablas del Manual de diseño Geométrico de Carreteras 2003.

VEGETACIÓN	PENDIENTE (%)	TEXTURA DEL SUELO		
		Arenosa	Arcillosa y limosa	Arcilla
Bosques	0-5	0,10	0,30	0,40
	5-10	0,25	0,35	0,50
	10-30	0,30	0,50	0,60
Pastizales	0-5	0,10	0,30	0,40
	5-10	0,16	0,36	0,55
	10-30	0,22	0,42	0,60
Terrenos de cultivo	0-5	0,30	0,50	0,60
	5-10	0,40	0,60	0,70
	10-30	0,52	0,72	0,82

Tabla 19. Coeficiente de escorrentía (C) según V. Molina. Fuente: Tablas del Manual de diseño Geométrico de Carreteras 2003.

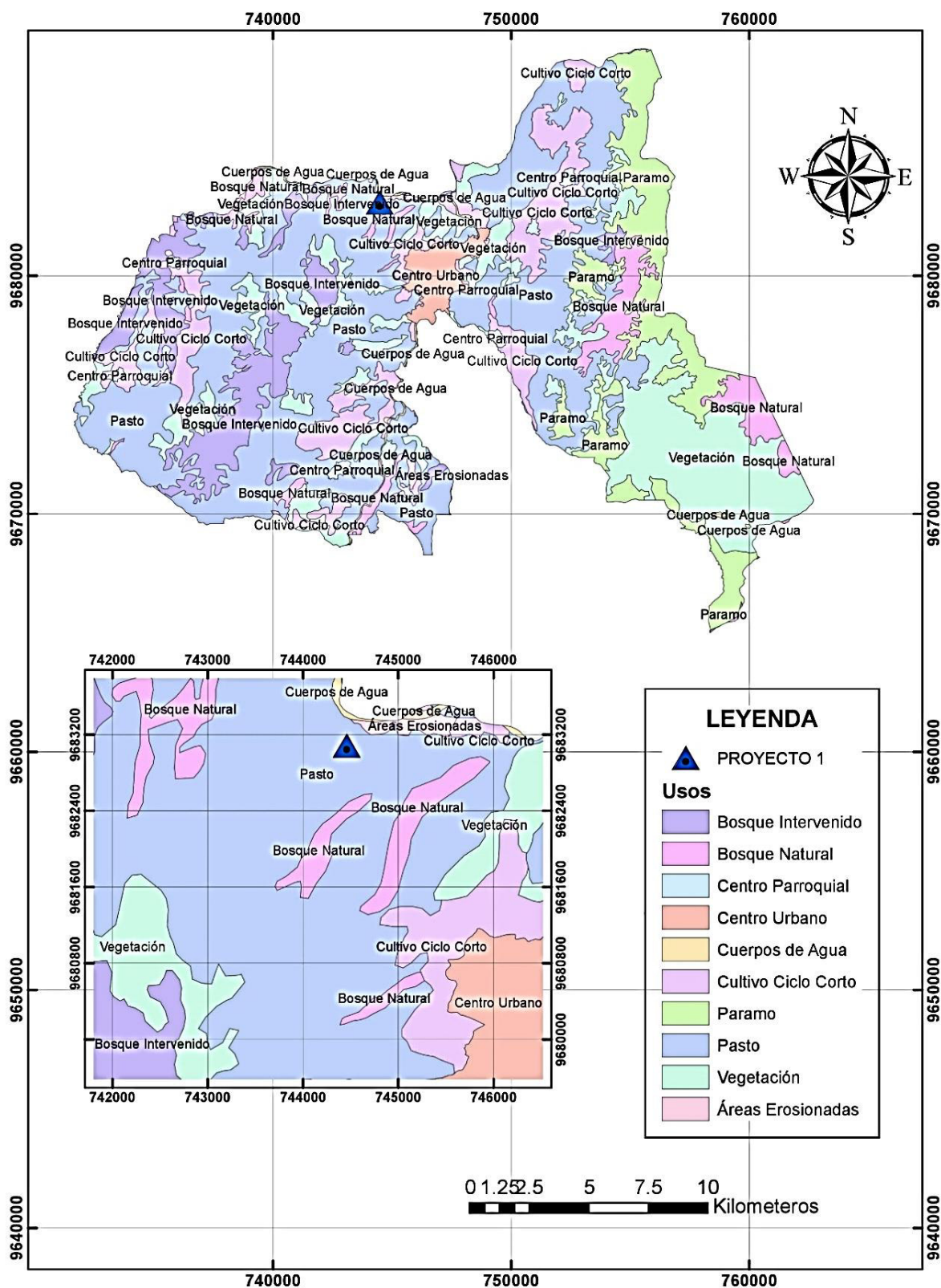
Los coeficientes se calcularán en base a la información obtenida a partir del programa ARCGIS versión 5.0, así como la pendiente existente en base a la cartografía disponible y al levantamiento topográfico realizado, y el uso de suelo en la zona de estudio.

A continuación, se muestra el mapa de pendientes y uso de suelo del cantón Gualaceo donde se indica la ubicación de la zona de estudio.



Gráfica 40. . MAPA TEMÁTICO DE PENDIENTES DEL CANTÓN GUALACEO. Fuente: Autor

MAPA USO DE SUELO CANTÓN GUALACEO



Gráfica 41. MAPA TEMÁTICO DE USO DE SUELO DEL CANTÓN GUALACEO Fuente: Autor

De acuerdo a la clasificación del material de la zona estudiada e indicada en el capítulo 2, procederemos a definir la permeabilidad del suelo, siendo esta una propiedad del suelo capaz de permitir el paso de un fluido (agua, aire entre otros), sin que dicho tránsito altere la estructura interna del suelo.

En la siguiente gráfica 49 se puede observar diferentes coeficientes de permeabilidad para distintos tipos de suelo.



Gráfica 42. Coeficientes de permeabilidad- Fuente: Recuperado:
http://www.fao.org/tempref/FI/CDrom/FAO_Training/FAO_Training/General/x6706s/x6706s09.htm

El terreno al tener una tipología de ser una arena limosa (SC), procedemos a decir que la permeabilidad del suelo se encuentra dentro del rango de 10^{-5} a 10^{-9} m/s. Siendo esto un indicativo de poder definir la clase de permeabilidad a la cual pertenece mediante la siguiente tabla.

Clases de permeabilidad de los suelos	Coeficiente de permeabilidad (K en m/s)	
	Límite inferior	Límite superior
Permeable	2×10^{-7}	2×10^{-1}
Semipermeable	2×10^{-7}	2×10^{-1}
Impermeable	2×10^{-7}	2×10^{-1}

Tabla 20. Clases de permeabilidad de los suelos para obras de ingeniería Civil. Fuente: Recuperado: http://www.fao.org/tempref/FI/CDrom/FAO_Training/FAO_Training/General/x6706s/x6706s09.htm

Una vez definidos los componentes requeridos para poder encontrar el coeficiente de escorrentía (C), se inicia con el criterio de Benítez, donde el tipo de suelo se considerará semipermeable de acuerdo al análisis de permeabilidad antes mencionado, en tanto que, para el criterio de Molina, la textura del suelo será definida por la clasificación a la que pertenece el suelo. En la tabla 21 se puede observar los coeficientes obtenidos por ambos criterios:

COEFICIENTES DE ESCORRENTÍA						
Descripción	Usos	Tipo de suelo	Textura	Pendiente	Coeficiente de Escorrentía, C	
				(%)	Benítez	V. Molina
Cerro San Pedro de los Olivos	Pastos, Vegetación Ligera	Semi permeable	Arena Arcillosa (SC)	20-50	0.5	0.22 - 0.42

Tabla 21. Coeficientes de Escorrentía. Fuente: Autor

Dado que la textura del terreno donde se encuentra ubicada la zona de estudio no se encuentra a detalle el criterio de V. Molina no será un valor de escorrentía aproximado al real, por lo que se escoge el coeficiente de escorrentía según Benítez, el cual será igual a **C= 0.5**.

La precipitación máxima de 24 hora se obtuvo de los registros pluviométricos encontrados en los Anuarios Meteorológicos, que analizan la información de cada región del Ecuador dispuestos por el INAMHI.

Dada la localización de la zona de estudio, que se encuentra en el cantón Gualaceo, la precipitación pluviométrica de diseño, será para el mes del año con mayor precipitación en este caso el mes de diciembre, con una precipitación de 61.7mm/h.

M0139		GUALACEO												INAMHI			
MES	HELIOFANIA	TEMPERATURA DEL AIRE A LA SOMBRA (°C)						HUMEDAD RELATIVA (%)				PUNTO DE ROCIO (°C)	TENSION DE VAPOR (hPa)	PRECIPITACION(mm)		Número de días con precipitación	
	(Horas)	ABSOLUTAS		M E D I A S										Mensual	Suma		Máxima en 24hrs
		Máxima	día	Mínima	día	Máxima	Mínima	Mensual	Máxima	día	Mínima	día	Media				día
ENERO						24.7	9.9	18.0					70	11.9	14.0	134.8	
FEBRERO				7.8	10	24.6	10.6	18.3					70	12.3	14.3	130.1	34.5 18 17
MARZO		27.5	2	4.6	3	24.9	9.9	17.9	95	12	30	13	68	11.0	13.3	90.7	34.6 20 16
ABRIL				8.4	10	23.3	11.1	17.4	96	10	38	30	73	12.2	14.2	154.3	22.7 5 24
MAYO				4.2	19	23.4	9.7	17.3	98	26	27	18	70	11.1	13.4	76.0	31.2 13 14
JUNIO		26.5	6	7.2	1	23.4	10.1	17.4	98	30	43	20	69	11.3	13.4	53.9	14.5 30 14
JULIO		25.5	31	5.0	21	21.6	9.7	16.1	96	13	49	15	75	11.3	13.4	103.8	29.3 29 22
AGOSTO		26.5	19	2.8	12	23.0	9.7	16.9	98	14	35	25	66	9.8	12.2	28.8	9.2 29 13
SEPTIEMBRE						21.6	9.6	16.3					72	10.7	12.9	50.9	11.1 1 15
OCTUBRE		28.5	22			25.3		18.0					63	9.9	12.5	66.4	15.3 6 13
NOVIEMBRE		28.8	21	4.2	21	25.4	10.4	18.1					69	11.5	13.7	201.2	36.2 23 16
DICIEMBRE						28.7	20.2	23.7	98	9	63	1	89	21.7	25.9	363.3	61.7 6 28
VALOR ANUAL						24.2		18.0					71	12.1	14.4	1454.2	

Gráfica 43. Cuadro de precipitación Anual del Cantón Gualaceo. Fuente: Anuario Meteorológico Nro.51-2011 (INAMHI, pág. 61)

Cálculo del Caudal de escorrentía.

Datos:

$$A = 3447.93 \text{ m}^2$$

$$C = 0.5 \text{ (tabla 13)}$$

$$i = 61.7 \text{ mm/h}$$

$$Q = \frac{CiA}{3600} = \frac{0.5 * 61.7 * 3447.93}{3600} = 29.55 \frac{\text{Litros}}{\text{Segundo}}$$

Calculo del diámetro de tubería a utilizar

$$Q = V * A = m^3$$

Dada que el valor de velocidad recomendado para tuberías de PVC es de 4 m/s entonces tenemos:

$$Q = V * A$$

Donde:

V= velocidad (m/s)

A=Área de la sección de la tubería (m²).

$$A = \frac{Q}{V} = \frac{29.55 \frac{\text{lit}}{\text{s}} * \frac{1\text{m}^3}{1000\text{lit.}}}{4\text{m/s}} = 7.39 \times 10^{-3} \text{m}^2$$

Por tanto:

$$A = \frac{\pi * d^2}{4}$$

$$Diametro = \sqrt{\frac{A * 4}{\pi}} = \sqrt{\frac{A * 4}{\pi}} = 0.097\text{m}$$

Diametro = 97mm = 110 mm Diametro comercial

“Una vez que se ha calculado el diámetro de tubería para los drenes franceses, se deberá colocar un colchón de piedra de 1.5 metros de ancho y un espesor de 20 cm, mismo que cubrirá toda la entrada hacia la quebrada, evitando así la erosión de la misma.

La piedra actuara como disipador de energía, y también al ser un recubrimiento protegerá de la erosión en las orillas de la quebrada, por lo que el detalle de esto se observara en los planos” (Suarez, 1998) anexados al final de este documento.

Respecto al modelamiento de estabilización se hace nuevamente hincapié que este es un diseño desarrollado de manera empírica, basándose en información de estudios existentes de la zona. Para efecto de construir este diseño de manera real y practica se deberán realizar estudios estructurales geológicos, para garantizar la estabilidad bajo hipótesis con información geológica y geofísica real del área de estudio, pudiendo así obtener de la geología estructural de la zona, por lo que en las recomendaciones de esta investigación se dejara constancia de las actividades necesarias para poderlo desarrollar en situ.

CAPITULO V. PRESUPUESTO.

PRESUPUESTO					
Ítem	Descripción	Unidad	Cantidad	P. Unitario	P. Total
1	ANÁLISIS PRELIMINAR				48,988.01
1.001	Replanteo y nivelación	m2	52675	0.80	42,140.00
1.002	Desbroce y limpieza	m2	17559	0.39	6,848.01
2	EXCAVACIÓN				2,861.35
2.001	Excavación manual material sin clasificar 0-2 m	m3	116	11.57	1,341.75
2.002	Excavación a máquina material sin clasificar con retroexcavadora 0-5m	m3	290	1.60	464.00
2.004	Transporte de materiales, hasta 5km	m3	377	2.60	980.20
3	MOVIMIENTO DE TIERRA				2,413,780.20
3.001	Excavación a máquina material sin clasificar	m3	466882.1	1.60	747,011.28
3.002	Cargado de material con cargadora	m3	490226.2	0.80	392,180.92
3.003	Transporte de materiales, incluye pago en escombrera	m3	490226.2	2.6	1,274,588.00
4	CONFORMACIÓN DE SISTEMA DE DREN				40,497.79
4.001	Tubería PVC perforada para dren, d= 110 mm	ml	1858	5.8	10,776.40
4.002	Material filtrante para drenes, suministro y colocación	m3	633	22.28	14,103.24
4.003	Geotextil, suministro e instalación	m2	5104	1.8	9,187.20
4.004	Cama de arena base de tuberías	m3	279	23.05	6,430.95
5	ANÁLISIS DE SISTEMA DE EVACUACIÓN				5,856.00
5.001	Suministro e instalación de piedra de espesor 30 a 50cm	m2	400	14.64	5,856.00
6	REFORESTACIÓN				65,477.88
6.001	Recuperación y siembra de kikuyo	m2	2400	3.03	7,272.00

6.002	Reforestación con árboles de Eucalipto	u	1000	7	7,000.00
6.003	Tierra para sembrar	m3	5267.5	11.05	58,205.88
7	MITIGACIÓN DE ANÁLISIS DE IMPACTO AMBIENTAL				1,937.03
7.001	Valla de advertencia de obras	u	5	120	600.00
7.002	Señalización con cinta	ml	500	0.22	110.00
7.003	Parante con base de hormigón	u	30	6.06	181.80
7.004	Letrero de Información del Proyecto	u	3	348.41	1,045.23
8	CONSTRUCCIÓN DE ESTRUCTURA DE EVACUACIÓN HÍDRICA				14,364.30
8.001	Hormigón Simple f'c = 210 kg/cm2	m3	100	135.78	13,578.00
8.002	Relleno compactado con material de mejoramiento	m3	18	22	396.00
8.003	Replanto de piedra e = 15 cm	m2	35	8.5	297.50
8.004	Conformación de subrasante	m2	58	1.6	92.80
SUBTOTAL			2,593,762.55		
IVA				12.00%	311,251.51
TOTAL			2,905,014.06		

SON: DOS MILLONES NOVECIENTOS CINCO MIL CATORCE CON 06/100 DÓLARES.

CAPITULO VI: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES:

6.1 CONCLUSIONES

- Este proyecto se ha ejecutado en base a información recopilada y existente de la zona en estudio; la cual tiene fundamentación en cartas geológicas y ensayos de laboratorio que permitieron verificar que las características del material si corresponden a datos geológicos y geotécnicos del suelo existente en la zona.
- La afección principal que causa la inestabilidad y movimiento del terreno se debe a la infiltración de agua, debido a que el suelo existente en la zona contiene un alto porcentaje de material grueso, siendo esto constatado mediante el análisis granulométrico de las probetas tomadas para estudio.
- En la inspección de campo, se pudo constatar de manera visual que en el sector no existe un sistema de alcantarillado pluvial y sanitario. Los habitantes que viven en las zonas aledañas al deslizamiento poseen pozos sépticos, lo cual hace que esta agua descargada de las viviendas se infiltre en el subsuelo, siendo esto un factor más a la inestabilidad de la zona en estudio.
- La geología y estratificación tomada para el diseño del perfil geológico de la zona se encuentra basada de acuerdo al mapa geológico del cantón Gualaceo y al PRECUPA (1998), donde se puede encontrar información valiosa sobre la estructura y composición del suelo existente, además de tomar en cuenta información sobre ensayos realizados en situ en sectores aledaños al área de estudio.
- La estratificación de la zona de estudio está conformada por la Serie Paute, Formación Tarqui y Depósitos Coluviales.
- El tipo de material existente en la zona a una profundidad de 5 m, mediante la realización de los ensayos de laboratorio tanto granulométricos como de límites de

Atterberg, dan como resultado mediante el sistema de clasificación de suelos SUCS, una Arena Arcillosa (SC) para las tres primeras muestras y Arena Limosa (SM) para la cuarta muestra.

- Los ensayos de laboratorio fueron realizados acorde a las normativas ASTM, mismas que son normas técnicas que permiten conocer la tipología y clase de material, que presentan las muestras de suelo tomadas para ensayar.
- Las bermas tienen una dimensión de 6 metros, lo cual permite el ingreso, movilidad y salida de la maquinaria para el desarrollo de la estabilización en situ.
- El factor de seguridad del talud con la geometría seleccionada tendrá un $FS=1.734$, el cual se encuentra en un rango superior a 1, mismo que cumple con los requerimientos indicados en nuestra normativa vigente NEC-15.
- El diseño de los drenes franceses está basado en información de pendientes (relieve y topografía) e intensidad de lluvia de la zona en estudio, además del uso de suelo.
- El agua descargada al cauce de la quebrada deberá ser controlada mediante un colchón de amortiguamiento, compuesto de piedra con un espesor de 20 cm, el cual disipará la energía del agua.
- La tubería a utilizar para los drenes franceses será de PVC con un diámetro igual a 110mm y deberá contar con perforaciones de 10 mm de diámetro, con el propósito de permitir el paso del agua a través de él.
- Las medidas de revegetación o reforestación, consiste en cubrir toda la superficie de los taludes diseñados, con forraje de Kikuyo y Eucalipto; de manera que ayuden a evitar la erosión producto de esorrentía.

6.2 RECOMENDACIONES

- Para el desarrollo in situ, del diseño presentado como medida de estabilización, deberá contar con estudios geotécnicos y geológicos adicionales, para poder tener una mejor apreciación sobre el comportamiento, propiedades y características del suelo de la zona.
- Se deberá mantener un control y monitoreo constantemente del deslizamiento, mediante la colocación de inclinómetros e hilos de control topográfico.
- La construcción de las medidas estabilizadores, que se encuentran plasmadas en este documento se las deberá realizar en época de verano; ya que, la afección principal que produce el movimiento o desplazamiento del terreno es la fluctuación del nivel freático.
- Colocar el geotextil de manera adecuada para evitar la infiltración del agua de escorrentía, y exista un funcionamiento eficiente del sistema de drenaje.
- Colocar grava triturada o material aluvial grueso limpio de 2 pulgadas como mínimo, para permitir el paso del agua hacia la tubería de PVC.
- Respetar las pendientes dispuestas para el desarrollo de este proyecto, de manera constante en todo el transcurso de su construcción.
- Los drenes deben tener la metodología de construcción como se indica en los planos adjuntos, respetando cada uno de los elementos que lo conforman, como es el material fino, material grueso y geotextil.
- Para dar una mayor seguridad a las viviendas que se encuentran ubicadas al pie del talud, se debe realizar el diseño y construcción de un muro de gavión, para esto se deja como dato referencial la capacidad de carga del suelo, misma que se encuentra en el capítulo 2, sección 2.6.3.
- Cada terraza deberá contar con un drenaje capaz de evacuar el agua de escorrentía hacia el cauce de la quebrada; como se especifican en los planos anexados al final de este documento.

- El material removido producto del proceso de excavación deberá ser trasladado a una escombrera y utilizado a su vez para conformar las terrazas en las áreas donde se requiera o deba rellenar.
- La siembra de árboles se lo deberá realizar en época de invierno.

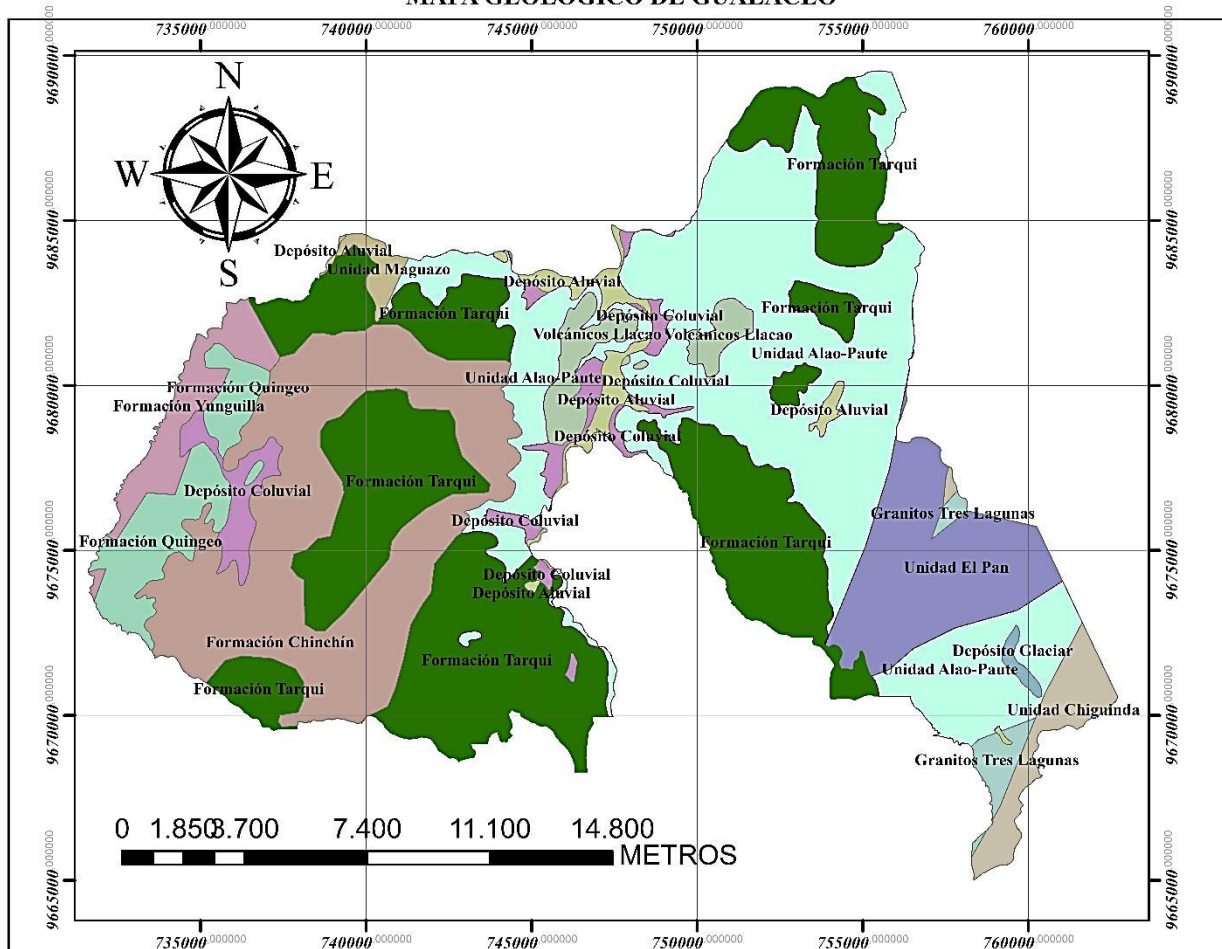
6.3 BIBLIOGRAFÍA.

- Aguilar & Zuñiga, O. A. (2015). ANÁLISIS COMPARATIVO DE ESTABILIDAD DE TALUDES MEDIANTE LOS METODOS DE EQUILIBRIO LÍMITE APLICADO A TALUDES O LADERAS ALEDAÑAS AL CERRO DE LA POPA, CASCO URBANO DE CARTAGENA. CARTAGENA: UNIVERSIDAD DE CARTAGENA.
- Borrero, V. A. (1989). EL PAISAJE RURAL EN EL AZUAY. CUENCA: BANCO CENTRAL DEL ECUADOR, CENTRO DE INVESTIGACION Y CULTURA.
- Carrera, I. C. (2011). “*FERTILIZACIÓN DEL KIKUYO *Pennisetum clandestinum* CON TRES FUENTES NITROGENADAS, DOS SÓLIDAS Y UNA LÍQUIDA EN TRES NIVELES Y DOS FRECUENCIAS*”. Sangoquí.
- Fernández, R. (1994). *Eucalipto: bendiciones de un árbol*. Nicaragua.
- Fonseca, R. C. (2015). *EFFECTO DE LA FRECUENCIA DE DEFOLIACIÓN EN LA RESPUESTA AGRONÓMICA Y CALIDAD NUTRITIVA DE *Pennisetum clandestinum* *Hochst.ex Chiov* . Valdivia.*
- GAD Gualaceo, G. A. (2014). *PLAN DE DESAROLLO Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL*. Gualaceo.
- GesPlan, S. (2008). *Terrestre Flora*. Canarias.
- Gómez & Sancho, T. W. (2010). *ESTUDIO DEMOGRÁFICO COMPARATIVO DE LOS CANTONES ORIENTALES: PAUTE, GUALACEO Y SÍGSIG CON LOS CANTONES OCCIDENTALES: SANTA ISABEL Y GIRÓN, SEGÚN LOS CENSOS DE 1982, 1990 Y 2001*. Azuay.
- Guzmán, J. E. (2012). *TOPOGRAFÍA*. Mexico DC: RED TERCER MILENIO S.C.
- Medina & Cartaya, Y. M. (2018). *Uso del software Slide para el análisis del comportamiento sísmico de taludes*. Cuba: Instituto Superior Minero Metalúrgico de Moa .

- NEC, N. E. (2015). *Geotécnia y Cimentación*. Quito: Cámara de la Industria de la Construcción, Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda.
- Orellana, D. J. (2012). *Prácticas para la gestión integral del agua de riego en la región Andina*. Cuenca.
- Ortiz, P. O. (2013). *Sismotectónica y peligrosidad sísmica en Ecuador*. Madrid.
- Ospina. Hernández & Gómez, C. R. (2005). *Guías Silviculturales*. Zonas andinas de Colombia: Cenicafe.
- PRECUPA. (1998). *Prevención de desastres naturales en la cuenca del Paute*.
- Suarez, D. J. (1998). *DESLIZAMIENTOS Y ESTABILIDAD DE TALUDES EN ZONAS TROPICALES*. Bucaramanga: Instituto de Investigaciones sobre Erosión y Deslizamientos.
- Toledo, E. d. (1984). *Apuntes de Introducción a la Geofísica*. México: Cd. Universitaria, UNAM.

ANEXO 1

MAPA GEOLÓGICO DE GUALACEO



SIMBOLOGÍA

— CN_ZONA_AFEC

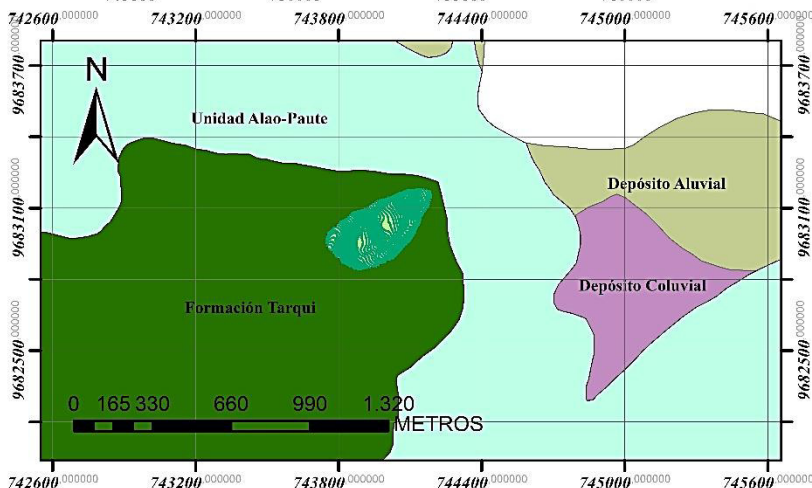
AFECION_ZONA

GEOLOGÍA_GUALACEO

<all other values>

DESCRIPTO

- Depósito Aluvial
- Depósito Coluvial
- Depósito Glaciar
- Formación Chinchín
- Formación Quingeo
- Formación Tarqui
- Formación Yunguilla
- Granitos Tres Lagunas
- Unidad Alao-Paute
- Unidad Chiguinda
- Unidad El Pan
- Unidad Maguazo
- Volcánicos Llacao



LEYENDA

— CN_ZONA_AFEC

AFECION_ZONA

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA	
Facultad de Ingeniería, Industrias y Construcción	
Diseño: Fajardo Edison, Loaiza Mario	
Escala: 1:180.000	
Contiene:	
-MAPA DE USO DE SUPL O	
-D.P DEL CANTÓN GUALACEO	
-SIMBOLOGÍA	
REVISIÓN: Ing. Msc. Luis Mario Almache Sánchez.	
LÁMINA 1/1	

ANEXO APUS

NOMBRE DEL OFERENTE: Fajardo Edison, Loaiza Mario																
PROYECTO: Diseño de estabilizacion para el macro deslizamiento del Sector San Pedro de los Olivos.																
ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS																
RUBRO:																
DETALLE:																
Replanteo y nivelación							UNIDAD: m2									
EQUIPOS																
Descripción				Cantidad	Tarifa	Costo	Rendimiento				Costo					
Herramientas varias				1	0.4	0.4	0.05882				0.02					
Equipo de topografía				1	2	2	0.05882				0.10					
SUBTOTAL											0.12					
MANO DE OBRA																
Descripción				Cantidad	Jornal/H	Costo	Rendimiento				Costo					
Peón				1	3.51	3.51	0.05882				0.10					
Topógrafo 2: título y experiencia				1	3.82	3.82	0.05882				0.08					
Cadenero				1	3.45	3.45	0.05882				0.09					
SUBTOTAL											0.27					
MATERIALES																
Descripción					Unidad	Cantidad	Precio Unit.				Costo					
Tiras de eucalipto 2 x 2 x 300 cm					u	0.2	0.49				0.1					
Clavos					kg	0.05	1.91				0.1					
SUBTOTAL											0.2					
TRANSPORTE																
Descripción					Unidad	Cantidad	Tarifa				Costo					
Camioneta					un	1	0.4				0.1					
SUBTOTAL											0.10					
ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA.					TOTAL COSTO DIRECTO							0.66				
					INDIRECTOS Y UTILIDADES:							0.13				
					OTROS INDIRECTOS: 0.00 %							0				
					COSTO TOTAL DEL RUBRO							0.80				
					VALOR OFERTADO							0.80				

NOMBRE DEL OFERENTE: Fajardo Edison, Loaiza Mario					
PROYECTO: Diseño de estabilizacion para el macro deslizamiento del Sector San Pedro de los Olivos.					
ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
RUBRO:					
DETALLE:					
Desbroce y limpieza			UNIDAD: m2		
EQUIPOS					
Descripción	Cantidad	Tarifa	Costo Hora	Rendimiento	Costo
Herramientas varias	4.00	0.40	1.60	0.04	0.09
SUBTOTAL					0.09
MANO DE OBRA					
Descripción	Cantidad	Jornal/HR	Costo Hora	Rendimiento	Costo
Peón	1.00	2.50	2.50	0.04	0.12
Técnico obras civiles	1.00	3.74	3.74	0.02	0.12
SUBTOTAL					0.24
MATERIALES					
Descripción		Unidad	Cantidad	Precio Unit.	Costo
SUBTOTAL					0.00
TRANSPORTE					
Descripción		Unidad	Cantidad	Tarifa	Costo
SUBTOTAL					0.00
	TOTAL COSTO DIRECTO				0.33
	INDIRECTOS Y UTILIDADES: 20.00 %				0.07
	OTROS INDIRECTOS: 0.00 %				0.00
	COSTO TOTAL DEL RUBRO				0.39
ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA.		VALOR OFERTADO			0.39

NOMBRE DEL OFERENTE: Fajardo Edison, Loaiza Mario					
PROYECTO: Diseño de estabilizacion para el macro deslizamiento del Sector San Pedro de los Olivos.					
ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
RUBRO:					
DETALLE:					
Excavacion manual material sin clasificar 0-2 m				UNIDAD: m3	
EQUIPOS					
Descripción	Cantidad	Tarifa	Costo Hora	Rendimiento	Costo
Herramientas	1	0.4	0.4	2.25	0.9
SUBTOTAL					0.9
MANO DE OBRA					
Descripción	Cantidad	Jornal/HR	Costo Hora	Rendimiento	Costo
Peón	1	3.51	3.51	2.25	7.90
Técnico obras	1	3.74	3.74	0.225	0.84
SUBTOTAL					8.74
MATERIALES					
Descripción		Unidad	Cantidad	Precio Unit.	Costo
SUBTOTAL					0
TRANSPORTE					
Descripción		Unidad	Cantidad	Tarifa	Costo
SUBTOTAL P					0
		TOTAL COSTO DIRECTO			9.64
		INDIRECTOS Y UTILIDADES: 20.00 %			1.93
		OTROS INDIRECTOS: 0.00 %			0
		COSTO TOTAL DEL RUBRO			11.57
ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN		VALOR OFERTADO			11.57

NOMBRE DEL OFERENTE: Fajardo Edison, Loaiza Mario					
PROYECTO: Diseño de estabilizacion para el macro deslizamiento del Sector San Pedro de los Olivos.					
ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
RUBRO:					
DETALLE:					
Excavación a máquina material sin clasificar con retroexcavadora 0-5m				UNIDAD: m3	
EQUIPOS					
Descripción	Cantidad	Tarifa	Costo Hora	Rendimiento	Costo
Retroexcavadora	1	20	20	0.0385	0.77
SUBTOTAL					0.77
MANO DE OBRA					
Descripción	Cantidad	Jornal/HR	Costo Hora	Rendimiento	Costo
Peón	3	3.51	10.53	0.0385	0.42
Operador de	1	3.82	3.82	0.0385	0.15
SUBTOTAL					0.56
MATERIALES					
Descripción		Unidad	Cantidad	Precio Unit.	Costo
SUBTOTAL					0
TRANSPORTE					
Descripción		Unidad	Cantidad	Tarifa	Costo
SUBTOTAL					0
	TOTAL COSTO DIRECTO				1.33
	INDIRECTOS Y UTILIDADES: 20.00 %				0.27
	OTROS INDIRECTOS: 0.00 %				0
	COSTO TOTAL DEL RUBRO				1.60
ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN		VALOR OFERTADO			1.60

NOMBRE DEL OFERENTE: Fajardo Edison, Loaiza Mario					
PROYECTO: Diseño de estabilizacion para el macro deslizamiento del Sector San Pedro de los Olivos.					
ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
RUBRO:					
DETALLE:					
Transporte de material, incluye escombrera			UNIDAD: m3		
EQUIPOS					
Descripción	Cantidad	Tarifa	Costo Hora	Rendimiento	Costo
Volqueta 8 m3	1	25	25	0.055	1.375
SUBTOTAL					1.375
MANO DE OBRA					
Descripción	Cantidad	Jornal/HR	Costo Hora	Rendimiento	Costo
Chofer volquetas	1	6	6	0.028	0.17
SUBTOTAL					0.17
MATERIALES					
Descripción		Unidad	Cantidad	Precio Unit.	Costo
Pago por concepto de disposición de		m3	1	0.62	0.62
SUBTOTAL					0.62
TRANSPORTE					
Descripción		Unidad	Cantidad	Tarifa	Costo
SUBTOTAL					0
	TOTAL COSTO DIRECTO				2.16
	INDIRECTOS Y UTILIDADES: 20.00 %				0.43
	OTROS INDIRECTOS: 0.00 %				0.00
	COSTO TOTAL DEL RUBRO				2.60
ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN		VALOR OFERTADO			2.60

NOMBRE DEL OFERENTE: Fajardo Edison, Loaiza Mario					
PROYECTO: Diseño de estabilizacion para el macro deslizamiento del Sector San Pedro de los Olivos.					
ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
RUBRO:					
DETALLE:					
Cargado de material con cargadora			UNIDAD: m3		
EQUIPOS					
Descripción	Cantidad	Tarifa	Costo Hora	Rendimiento	Costo
Cargadora	1	25	25	0.0225	0.5625
SUBTOTAL					0.5625
MANO DE OBRA					
Descripción	Cantidad	Jornal/HR	Costo Hora	Rendimiento	Costo
Peón	0	0	0	0.03	0.00
Operador de cargadora frontal	1	3.5	3.5	0.03	0.11
					0.00
SUBTOTAL					0.11
MATERIALES					
Descripción		Unidad	Cantidad	Precio Unit.	Costo
SUBTOTAL					0
TRANSPORTE					
Descripción		Unidad	Cantidad	Tarifa	Costo
SUBTOTAL					0
		TOTAL COSTO DIRECTO			0.67
		INDIRECTOS Y UTILIDADES: 20.00 %			0.13
		OTROS INDIRECTOS: 0.00 %			0
		COSTO TOTAL DEL RUBRO			0.80
ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN		VALOR OFERTADO			0.80

NOMBRE DEL OFERENTE: Fajardo Edison, Loaiza Mario					
PROYECTO: Diseño de estabilizacion para el macro deslizamiento del Sector San Pedro de los Olivos.					
ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
RUBRO:					
DETALLE:					
Tubería PVC perforada para dren, d= 160 mm				UNIDAD: ml	
EQUIPOS					
Descripción	Cantidad	Tarifa	Costo Hora	Rendimiento	Costo
Herramientas	1	0.4	0.4	0.03	0.012
SUBTOTAL M					0.012
MANO DE OBRA					
Descripción	Cantidad	Jornal/HR	Costo Hora	Rendimiento	Costo
Peón	1	3.51	3.51	0.035	0.12
Plomero	1	3.45	3.45	0.035	0.12
Técnico obras	1	3.74	3.74	0.007	0.069
SUBTOTAL N					0.309
MATERIALES					
Descripción		Unidad	Cantidad	Precio Unit.	Costo
Tubería PVC d = 160mm para dren		u	1	4	4
SUBTOTAL O					4
TRANSPORTE					
Descripción		Unidad	Cantidad	Tarifa	Costo
SUBTOTAL P					0
		TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)			4.321
		INDIRECTOS Y UTILIDADES: 20.00 %			1.48
		OTROS INDIRECTOS: 0.00 %			0
		COSTO TOTAL DEL RUBRO			5.80
ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN		VALOR OFERTADO			5.80

NOMBRE DEL OFERENTE: Fajardo Edison, Loaiza Mario					
PROYECTO: Diseño de estabilizacion para el macro deslizamiento del Sector San Pedro de los Olivos.					
ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
RUBRO:					
DETALLE:					
Material filtrante para drenes, suministro y colocación				UNIDAD: m3	
EQUIPOS					
Descripción	Cantidad	Tarifa	Costo Hora	Rendimiento	Costo
Herramientas	2	0.4	0.8	0.08	0.06
SUBTOTAL M					0.06
MANO DE OBRA					
Descripción	Cantidad	Jornal/HR	Costo Hora	Rendimiento	Costo
Peón	2	3.51	7.02	0.015	0.11
Técnico obras	1	3.74	3.74	0.134	0.4
SUBTOTAL N					0.51
MATERIALES					
Descripción		Unidad	Cantidad	Precio Unit.	Costo
Grava puesta en obra		m3	1	18	18
SUBTOTAL O					18
TRANSPORTE					
Descripción		Unidad	Cantidad	Tarifa	Costo
SUBTOTAL P					0
		TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)			18.57
		INDIRECTOS Y UTILIDADES: 20.00 %			3.714
		OTROS INDIRECTOS: 0.00 %			0
		COSTO TOTAL DEL RUBRO			22.28
ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN		VALOR OFERTADO			22.28

NOMBRE DEL OFERENTE: Fajardo Edison, Loaiza Mario					
PROYECTO: Diseño de estabilización para el macro deslizamiento del Sector San Pedro de los Olivos.					
ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
RUBRO:					
DETALLE:					
Geotextil NT 1600, suministro e instalación				UNIDAD: m2	
EQUIPOS					
Descripción	Cantidad	Tarifa	Costo Hora	Rendimiento	Costo
Herramientas	1	0.4	0.4	0.001	0
SUBTOTAL M					0
MANO DE OBRA					
Descripción	Cantidad	Jornal/HR	Costo Hora	Rendimiento	Costo
Peón	2	3.51	7.02	0.01	0.08
Técnico obras	1	3.74	3.74	0.002	0.02
SUBTOTAL N					0.1
MATERIALES					
Descripción		Unidad	Cantidad	Precio Unit.	Costo
Varios		Global	0.05	1.6	0.08
Geotextil NT 1600		m2	1	1.35	1.35
SUBTOTAL O					1.43
TRANSPORTE					
Descripción		Unidad	Cantidad	Tarifa	Costo
SUBTOTAL P					0
ESTOS PRECIOS NO		TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)			1.5
		INDIRECTOS Y UTILIDADES: 20.00 %			0.3
		OTROS INDIRECTOS: 0.00 %			0
		COSTO TOTAL DEL RUBRO			1.8
		VALOR OFERTADO			1.8

NOMBRE DEL OFERENTE: Fajardo Edison, Loaiza Mario					
PROYECTO: Diseño de estabilizacion para el macro deslizamiento del Sector San Pedro de los Olivos.					
ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
RUBRO:					
DETALLE:					
Cama de arena base de tuberías			UNIDAD: m3		
EQUIPOS					
Descripción	Cantidad	Tarifa	Costo Hora	Rendimiento	Costo
Herramientas	1	0.4	0.4	0.15	0.6
SUBTOTAL M					0.6
MANO DE OBRA					
Descripción	Cantidad	Jornal/HR	Costo Hora	Rendimiento	Costo
Peón	1	3.51	3.51	0.02	0.0702
SUBTOTAL N					0.0702
MATERIALES					
Descripción		Unidad	Cantidad	Precio Unit.	Costo
Arena puesta en obra		m3	1	18.5	18.5
SUBTOTAL O					18.5
TRANSPORTE					
Descripción		Unidad	Cantidad	Tarifa	Costo
SUBTOTAL P					0
		TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)			19.1702
		INDIRECTOS Y UTILIDADES: 20.00 %			3.83404
		OTROS INDIRECTOS: 0.00 %			0
		COSTO TOTAL DEL RUBRO			23.05
ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN		VALOR OFERTADO			23.05

NOMBRE DEL OFERENTE: Fajardo Edison, Loaiza Mario					
PROYECTO: Diseño de estabilizacion para el macro deslizamiento del Sector San Pedro de los Olivos.					
ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
RUBRO:					
DETALLE:					
Suministro e instalacion de piedra de espesor 30 a 50cm				UNIDAD: m2	
EQUIPOS					
Descripción	Cantidad	Tarifa	Costo Hora	Rendimiento	Costo
Herramientas	1	0.4	0.4	0.015	0.01
SUBTOTAL M					0.01
MANO DE OBRA					
Descripción	Cantidad	Jornal/HR	Costo Hora	Rendimiento	Costo
Peón	1	3.51	3.51	0.015	0.05
Albañil	2	3.55	7.1	0.02	0.14
SUBTOTAL N					0.19
MATERIALES					
Descripción		Unidad	Cantidad	Precio Unit.	Costo
Piedra e = 15cm		m2	1	12	12
SUBTOTAL O					12
TRANSPORTE					
Descripción		Unidad	Cantidad	Tarifa	Costo
SUBTOTAL P					0
		TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)			12.2
		INDIRECTOS Y UTILIDADES: 20.00 %			2.44
		OTROS INDIRECTOS: 0.00 %			0
		COSTO TOTAL DEL RUBRO			14.64
ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN		VALOR OFERTADO			14.64

NOMBRE DEL OFERENTE: Fajardo Edison, Loaiza Mario					
PROYECTO: Diseño de estabilizacion para el macro deslizamiento del Sector San Pedro de los Olivos.					
ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
RUBRO:					
DETALLE:					
Recuperación y siembra de kikuyo			UNIDAD: m2		
EQUIPOS					
Descripción	Cantidad	Tarifa	Costo Hora	Rendimiento	Costo
Herramientas	3	0.4	1.2	0.33	0.4
SUBTOTAL M					0.4
MANO DE OBRA					
Descripción	Cantidad	Jornal/HR	Costo Hora	Rendimiento	Costo
Peón	1	2.5	2.5	0.29	0.725
Albañil	1	3.55	3.55	0.22	0.781
Técnico obras	1	3.74	3.74	0.165	0.6171
SUBTOTAL N					2.1231
MATERIALES					
Descripción		Unidad	Cantidad	Precio Unit.	Costo
SUBTOTAL O					0
TRANSPORTE					
Descripción		Unidad	Cantidad	Tarifa	Costo
SUBTOTAL P					0
		TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)			2.5231
		INDIRECTOS Y UTILIDADES: 20.00 %			0.50462
		OTROS INDIRECTOS: 0.00 %			0
		COSTO TOTAL DEL RUBRO			3.03
ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN		VALOR OFERTADO			3.03

NOMBRE DEL OFERENTE: Fajardo Edison, Loaiza Mario					
PROYECTO: Diseño de estabilizacion para el macro deslizamiento del Sector San Pedro de los Olivos.					
ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
RUBRO:					
DETALLE:					
Arbolización de 1.20 metro de altura				UNIDAD: Unidad	
EQUIPOS					
Descripción	Cantidad	Tarifa	Costo Hora	Rendimiento	Costo
Herramientas	1	0.4	0.4	0.05	0.02
SUBTOTAL M					0.02
MANO DE OBRA					
Descripción	Cantidad	Jornal/HR	Costo Hora	Rendimiento	Costo
Peón	1	3.51	3.51	0.015	0.05
Albañil	1	3.55	3.55	0.015	0.05
SUBTOTAL N					0.1
MATERIALES					
Descripción		Unidad	Cantidad	Precio Unit.	Costo
Arboles pequeños		u	1	1.7	1.7
Abono		saco	1	4	4
SUBTOTAL O					5.7
TRANSPORTE					
Descripción		Unidad	Cantidad	Tarifa	Costo
SUBTOTAL P					0
		TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)			5.82
		INDIRECTOS Y UTILIDADES: 20.00 %			1.164
		OTROS INDIRECTOS: 0.00 %			0
		COSTO TOTAL DEL RUBRO			7.0
ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN		VALOR OFERTADO			7.0

NOMBRE DEL OFERENTE: Fajardo Edison, Loaiza Mario					
PROYECTO: Diseño de estabilizacion para el macro deslizamiento del Sector San Pedro de los Olivos.					
ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
RUBRO:					
DETALLE:					
Señalización con cinta		UNIDAD: ml			
EQUIPOS					
Descripción	Cantidad	Tarifa	Costo Hora	Rendimiento	Costo
Herramientas	1	0.4	0.4	0.02	0.01
SUBTOTAL M					0.01
MANO DE OBRA					
Descripción	Cantidad	Jornal/HR	Costo Hora	Rendimiento	Costo
Peón	1	3.51	3.51	0.02	0.07
SUBTOTAL N					0.07
MATERIALES					
Descripción		Unidad	Cantidad	Precio Unit.	Costo
Cinta plastica		m	1	0.1	0.1
SUBTOTAL O					0.1
TRANSPORTE					
Descripción		Unidad	Cantidad	Tarifa	Costo
SUBTOTAL P					0
		TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)			0.18
		INDIRECTOS Y UTILIDADES: 20.00 %			0.04
		OTROS INDIRECTOS: 0.00 %			0
		COSTO TOTAL DEL RUBRO			0.22
ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN		VALOR OFERTADO			0.22

NOMBRE DEL OFERENTE: Fajardo Edison, Loaiza Mario					
PROYECTO: Diseño de estabilizacion para el macro deslizamiento del Sector San Pedro de los Olivos.					
ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
RUBRO:					
DETALLE:					
parante con base de hormigon			UNIDAD: Unidad		
EQUIPOS					
Descripción	Cantidad	Tarifa	Costo Hora	Rendimiento	Costo
Herramientas	1	0.4	0.4	0.5	0.2
SUBTOTAL M					0.2
MANO DE OBRA					
Descripción	Cantidad	Jornal/HR	Costo Hora	Rendimiento	Costo
Peón	1	3.51	3.51	0.5	1.76
Albañil	1	3.55	3.55	0.5	1.78
Técnico obras	1	3.74	3.74	0.1	0.37
SUBTOTAL N					3.91
MATERIALES					
Descripción		Unidad	Cantidad	Precio Unit.	Costo
Varilla de 10 mm x 12 m		u	0.00125	8.22	0.01
Pingos de eucalipto		m	0.075	0.8	0.06
Tabla de encofrado 24 x 3 cm x 300		u	0.0185	1.9	0.04
Pintura esmalte		gl	0.01	16.93	0.17
Hormigón Simple f´c = 180 kg/cm2		m3	0.006	107.83	0.65
Clavos		kg	0.0075	1.91	0.01
SUBTOTAL O					0.94
TRANSPORTE					
Descripción		Unidad	Cantidad	Tarifa	Costo
SUBTOTAL P					0
		TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)			5.05
		INDIRECTOS Y UTILIDADES: 20.00 %			1.01
		OTROS INDIRECTOS: 0.00 %			0
		COSTO TOTAL DEL RUBRO			6.06
ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN		VALOR OFERTADO			6.06

NOMBRE DEL OFERENTE: Fajardo Edison, Loaiza Mario					
PROYECTO: Diseño de estabilizacion para el macro deslizamiento del Sector San Pedro de los Olivos.					
ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
RUBRO:					
DETALLE:					
letrero de informacion del proyecto			UNIDAD: Unidad		
EQUIPOS					
Descripción	Cantidad	Tarifa	Costo Hora	Rendimiento	Costo
Herramientas	1	0.4	0.4	6	2.4
Equipo de suelda	1	0.75	0.75	6	4.5
Compresor 2 HP	1	1	1	6	6
SUBTOTAL M					12.9
MANO DE OBRA					
Descripción	Cantidad	Jornal/HR	Costo Hora	Rendimiento	Costo
Peón	1	3.51	3.51	6	21.06
Albañil	1	3.55	3.55	6	21.3
Maestro	1	3.82	3.82	6	22.92
SUBTOTAL N					65.28
MATERIALES					
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unit.	Costo	
Suelda	kg	3	2.46	7.38	
Varios	Global	2	1.6	3.2	
Tool 1/32" (1,2 x 2,4 m)	pla	1	18.48	18.48	
Tubo cuadrado estructural 2x2"	u	1.2	22.58	27.1	
Adhesivo Reflectivo para letreros de	u	1	110.25	110.25	
Tubo cuadrado de 75mm e=3mm x	u	0.85	52.02	44.22	
Pintura anticorrosiva	gl	0.08	19.13	1.53	
SUBTOTAL O					212.16
TRANSPORTE					
Descripción	Unidad	Cantidad	Tarifa	Costo	
SUBTOTAL P					0
	TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)				290.34
	INDIRECTOS Y UTILIDADES: 20.00 %				58.07
	OTROS INDIRECTOS: 0.00 %				0
	COSTO TOTAL DEL RUBRO				348.41
ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN	VALOR OFERTADO				348.41

NOMBRE DEL OFERENTE: Fajardo Edison, Loaiza Mario					
PROYECTO: Diseño de estabilizacion para el macro deslizamiento del Sector San Pedro de los Olivos.					
ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
RUBRO:					
DETALLE:					
Hormigon simple f'c=210kg/cm2			UNIDAD: m3		
EQUIPOS					
Descripción	Cantidad	Tarifa	Costo Hora	Rendimiento	Costo
Concretera un	1	3.15	3.15	0.76	2.39
Herramientas	5	0.4	2	0.76	1.52
SUBTOTAL M					3.91
MANO DE OBRA					
Descripción	Cantidad	Jornal/HR	Costo Hora	Rendimiento	Costo
Peón	5	3.51	17.55	0.76	13.34
Técnico obras	1	3.74	3.74	0.38	1.42
SUBTOTAL N					14.76
MATERIALES					
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unit.	Costo	
Cemento puesto en obra	saco	7.5	8.45	63.38	
Arena puesta en obra	m3	0.6	18	10.8	
Grava puesta en obra	m3	1	18.5	18.5	
Agua	lt	180	0.01	1.8	
SUBTOTAL O					94.48
TRANSPORTE					
Descripción	Unidad	Cantidad	Tarifa	Costo	
SUBTOTAL P					0
	TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)				113.15
	INDIRECTOS Y UTILIDADES: 20.00 %				22.63
	OTROS INDIRECTOS: 0.00 %				0
	COSTO TOTAL DEL RUBRO				135.78
ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN	VALOR OFERTADO				135.78

NOMBRE DEL OFERENTE: Fajardo Edison, Loaiza Mario					
PROYECTO: Diseño de estabilizacion para el macro deslizamiento del Sector San Pedro de los Olivos.					
ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
RUBRO:					
DETALLE:					
Relleno compactado con material de mejoramiento				UNIDAD: m3	
EQUIPOS					
Descripción	Cantidad	Tarifa	Costo Hora	Rendimiento	Costo
Herramientas	1	0.4	0.4	0.5	0.2
Plancha vibratoria	1	4.5	4.5	0.5	2.2
SUBTOTAL M					2.4
MANO DE OBRA					
Descripción	Cantidad	Jornal/HR	Costo Hora	Rendimiento	Costo
Peón	2	3.51	7.02	0.5	3.51
Técnico obras	1	3.74	3.74	0.1	0.37
SUBTOTAL N					3.88
MATERIALES					
Descripción		Unidad	Cantidad	Precio Unit.	Costo
Material de mejoramiento puesto en		m3	1	12	12
Agua		lt	4	0.01	0.02
SUBTOTAL O					12.02
TRANSPORTE					
Descripción		Unidad	Cantidad	Tarifa	Costo
SUBTOTAL P					0
		TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)			18.3
		INDIRECTOS Y UTILIDADES: 20.00 %			3.66
		OTROS INDIRECTOS: 0.00 %			0
		COSTO TOTAL DEL RUBRO			22.0
ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN		VALOR OFERTADO			22.0

NOMBRE DEL OFERENTE: Fajardo Edison, Loaiza Mario					
PROYECTO: Diseño de estabilizacion para el macro deslizamiento del Sector San Pedro de los Olivos.					
ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
RUBRO:					
DETALLE:					
Replantillo de piedra		UNIDAD: m2			
EQUIPOS					
Descripción	Cantidad	Tarifa	Costo Hora	Rendimiento	Costo
Herramientas	1	0.4	0.4	0.35	0.14
SUBTOTAL M					0.14
MANO DE OBRA					
Descripción	Cantidad	Jornal/HR	Costo Hora	Rendimiento	Costo
Peón	1	3.51	3.51	0.35	1.25
Albañil	1	3.55	3.55	0.35	1.24
Técnico obras	1	3.74	3.74	0.07	0.5
SUBTOTAL N					2.99
MATERIALES					
Descripción		Unidad	Cantidad	Precio Unit.	Costo
Grava puesta en obra		m2	0.02	18.5	0.6
Piedra puesta en obra		m2	0.2	16.8	3.36
SUBTOTAL O					3.96
TRANSPORTE					
Descripción		Unidad	Cantidad	Tarifa	Costo
SUBTOTAL P					0
		TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)			7.09
		INDIRECTOS Y UTILIDADES: 20.00 %			1.418
		OTROS INDIRECTOS: 0.00 %			0
		COSTO TOTAL DEL RUBRO			8.5
ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN		VALOR OFERTADO			8.5

NOMBRE DEL OFERENTE: Fajardo Edison, Loaiza Mario					
PROYECTO: Diseño de estabilizacion para el macro deslizamiento del Sector San Pedro de los Olivos.					
ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
RUBRO:					
DETALLE:					
Conformacion de subrazante			UNIDAD: m2		
EQUIPOS					
Descripción	Cantidad	Tarifa	Costo Hora	Rendimiento	Costo
Herramientas	1	0.4	0.4	0.1	0.04
Minicargadora	1	20	20	0.03	0.6
SUBTOTAL M					0.64
MANO DE OBRA					
Descripción	Cantidad	Jornal/HR	Costo Hora	Rendimiento	Costo
Peón	1	3.51	3.51	0.1	0.35
Operador de	1	3.82	3.82	0.1	0.38
SUBTOTAL N					0.73
MATERIALES					
Descripción		Unidad	Cantidad	Precio Unit.	Costo
SUBTOTAL O					0
TRANSPORTE					
Descripción		Unidad	Cantidad	Tarifa	Costo
SUBTOTAL P					0
		TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)			1.37
		INDIRECTOS Y UTILIDADES: 20.00 %			0.274
		OTROS INDIRECTOS: 0.00 %			0
		COSTO TOTAL DEL RUBRO			1.6
ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN		VALOR OFERTADO			1.6

ANEXO A

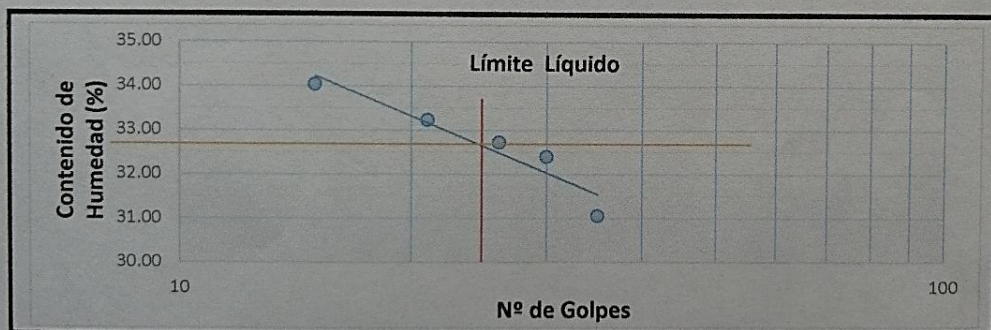


UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA
FACULTAD DE INGENIERÍA
LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN

PROYECTO SAN PEDRO DE LOS OLIVOS
MUESTRA Numero 1
SOLICITADO POR _____
FECHA 07-nov-18

LÍMITES DE ATTERBERG

	LÍMITE LÍQUIDO					LÍMITE PLÁSTICO				HUMEDAD NATURAL	
TARRO N°	19	43	B16	B2	B18	56	9	7	B1	36	A7
N. DE GOLPES	15	21	26	35	30						
M. HUMEDA + TARRO	47.73	93.01	104.97	106.57	106.36	17.71	13.93	13.40	13.90	198.56	187.64
M. SECA + TARRO	42.93	87.49	100.28	101.42	101.35	17.57	13.74	13.27	13.75	178.82	170.63
PESO DEL AGUA	4.80	5.52	4.69	5.15	5.01	0.14	0.19	0.13	0.15	19.74	17.01
PESO DEL TARRO	28.83	70.88	85.95	84.84	85.89	16.35	12.11	12.15	12.42	43.26	53.05
PESO MUESTRA SECA	14.10	16.61	14.33	16.58	15.46	1.22	1.63	1.12	1.33	135.56	117.58
% DE HUMEDAD	34.04	33.23	32.73	31.06	32.41	11.48	11.66	11.61	11.28	14.56	14.47



LP (%)= 11.5
LL(%)= 32.69
IP(%)= 21.19

PESO HÚMEDO ANTES DEL LAVADO _____ gm.
PESO SECO ANTES DEL LAVADO _____ gm.
PESO SECO DESPUES EL LAVADO _____ gm.
PESO SECO DESPUÉS DEL TAMIZADO _____ gm.
HUMEDAD % _____
% DE ERROR _____

TAMIZ	PESO RETENIDO		PESO RETENIDO ACUMULADO		% RETENIDO		% QUE PASA	
Nº 4								
Nº 10								
Nº 40								
Nº 200								
FONDO								

Ing. Luis Mario Almache
Jefe del Laboratorio

Ing. Marco González
Laboratista

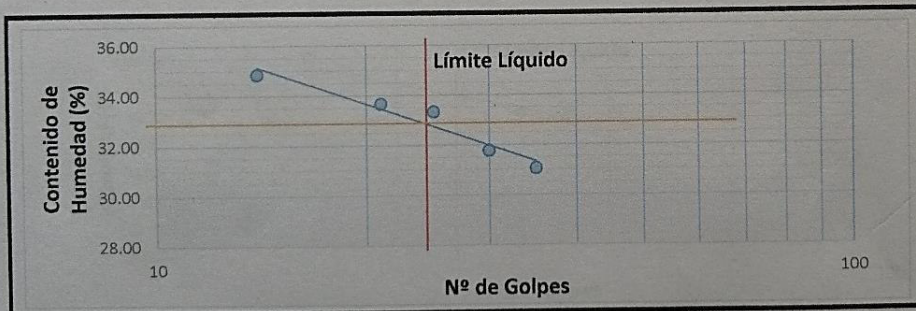


UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA
FACULTAD DE INGENIERÍA
LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN

PROYECTO SAN PEDRO DE LOS OLIVOS
MUESTRA Numero 2
SOLICITADO POR _____
FECHA 07-nov-18

LÍMITES DE ATTERBERG

	LÍMITE LÍQUIDO					LÍMITE PLÁSTICO				HUMEDAD NATURAL	
TARRO N°	1	J66	A6	M	A1	60	8	4	202	36	A7
N. DE GOLPES	14	21	25	30	35						
M. HUMEDA + TARRO	63.07	65.43	90.02	88.69	76.4	14.46	15.73	14.79	14.04	198.56	187.64
M. SECA + TARRO	58.19	59.98	84.95	83.23	71.17	14.05	15.11	14.35	13.58	178.82	170.63
PESO DEL AGUA	4.88	5.45	5.07	5.46	5.23	0.41	0.62	0.44	0.46	19.74	17.01
PESO DEL TARRO	44.19	43.79	69.74	66.05	54.33	12.24	12.32	12.35	11.56	43.26	53.05
PESO MUESTRA SECA	14.00	16.19	15.21	17.18	16.84	1.81	2.79	2.00	2.02	135.56	117.58
% DE HUMEDAD	34.86	33.66	33.33	31.78	31.06	22.65	22.22	22.00	22.77	14.56	14.47



LP (%)= 22.41
LL(%)= 32.94
IP(%)= 10.53

PESO HÚMEDO ANTES DEL LAVADO _____ gm.
PESO SECO ANTES DEL LAVADO _____ gm.
PESO SECO DESPUES EL LAVADO _____ gm.
PESO SECO DESPUÉS DEL TAMIZADO _____ gm.
HUMEDAD % _____
% DE ERROR _____

TAMIZ	PESO RETENIDO			PESO RETENIDO ACUMULADO		% RETENIDO		% QUE PASA	
Nº 4									
Nº 10									
Nº 40									
Nº 200									
FONDO									

Ing. Luis Mario Almache
Jefe del Laboratorio

Ing. Marco González
Laboratista

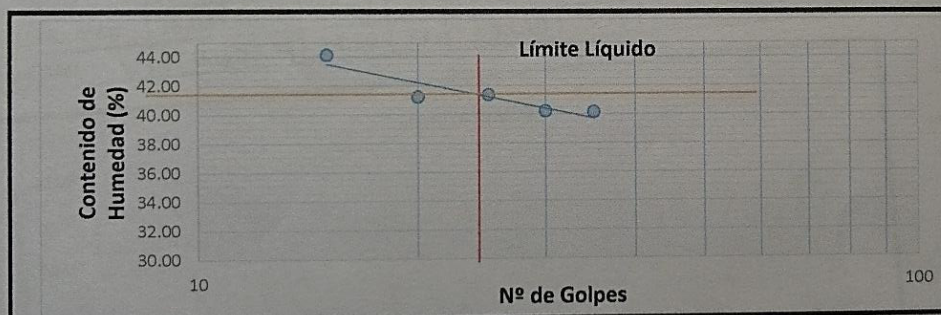


UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA
FACULTAD DE INGENIERÍA
LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN

PROYECTO SAN PEDRO DE LOS OLIVOS
MUESTRA Numero 3
SOLICITADO POR
FECHA 07-nov-18

LÍMITES DE ATTERBERG

	LÍMITE LÍQUIDO					LÍMITE PLÁSTICO				HUMEDAD NATURAL	
TARRO NO	T5	A9	A8	A2	A4	62	66	209	19	36	A7
N. DE GOLPES	15	20	25	30	35						
M. HUMEDA + TARRO	90.16	87.86	89.69	88.09	88.63	14.02	15.35	12.46	13.98	198.56	187.64
M. SECA + TARRO	83.99	82.11	83.84	82.24	82.22	13.7	14.74	12.31	13.64	178.82	170.63
PESO DEL AGUA	6.17	5.75	5.85	5.85	6.41	0.32	0.61	0.15	0.34	19.74	17.01
PESO DEL TARRO	70.01	68.16	69.69	67.69	66.24	12.42	12.3	11.69	12.3	43.26	53.05
PESO MUESTRA SECA	13.98	13.95	14.15	14.55	15.98	1.28	2.44	0.62	1.34	135.56	117.58
% DE HUMEDAD	44.13	41.22	41.34	40.21	40.11	25.00	25.00	24.19	25.37	14.56	14.47



LP (%)= 24.89
LL(%)= 41.4
IP(%)= 16.51

PESO HÚMEDO ANTES DEL LAVADO _____ gm.
PESO SECO ANTES DEL LAVADO _____ gm.
PESO SECO DESPUES EL LAVADO _____ gm.
PESO SECO DESPUÉS DEL TAMIZADO _____ gm.
HUMEDAD %
% DE ERROR

TAMIZ	PESO RETENIDO		PESO RETENIDO ACUMULADO		% RETENIDO		% QUE PASA	
Nº 4								
Nº 10								
Nº 40								
Nº 200								
FONDO								

Ing. Luis Mario Almache
efe del Laboratorio

Ing. Marco González
Laboratista

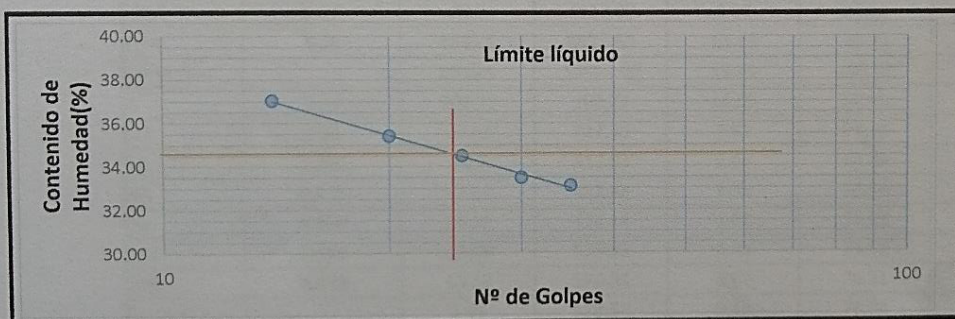


UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA
FACULTAD DE INGENIERÍA
LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN

PROYECTO SAN PEDRO DE LOS OLIVOS
MUESTRA Numero 4
SOLICITADO POR
FECHA 07-nov-18

LÍMITES DE ATTERBERG

	LÍMITE LÍQUIDO					LÍMITE PLÁSTICO				HUMEDAD NATURAL	
TARRO NO	M69	A7	K2	A10	K7	206	119	203	A	36	A7
N. DE GOLPES	14	20	25	30	35						
M. HUMEDA + TARRO	84.55	91.23	80.51	94.82	87.98	13.56	16.69	13.48	16.77	198.56	187.64
M. SECA + TARRO	78.61	84.52	73.40	87.58	79.31	13.15	16.27	13.06	16.29	178.82	170.63
PESO DEL AGUA	5.94	6.71	7.11	7.24	8.67	0.41	0.42	0.42	0.48	19.74	17.01
PESO DEL TARRO	62.57	65.57	52.79	65.95	53.12	11.56	14.60	11.42	14.42	43.26	53.05
PESO MUESTRA SECA	16.04	18.95	20.61	21.63	26.19	1.59	1.67	1.64	1.87	135.56	117.58
% DE HUMEDAD	37.03	35.41	34.50	33.47	33.10	25.79	25.15	25.61	25.67	14.56	14.47



LP (%) = 25.55
LL (%) = 34.7
IP (%) = 9.15

PESO HÚMEDO ANTES DEL LAVADO _____ gm.
PESO SECO ANTES DEL LAVADO _____ gm.
PESO SECO DESPUES EL LAVADO _____ gm.
PESO SECO DESPUÉS DEL TAMIZADO _____ gm.
HUMEDAD %
% DE ERROR

TAMIZ	PESO RETENIDO		PESO RETENIDO ACUMULADO		% RETENIDO		% QUE PASA	
Nº 4								
Nº 10								
Nº 40								
Nº 200								
FONDO								

Ing. Luis Mario Almache
Jefe del Laboratorio

Ing. Marco González
Laboratista



UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN

ANALISIS GRANULOMÉTRICO DEL SUELO

PROYECTO

SAN PEDRO DE LOS OLIVOS

MUESTRA

Numero 1

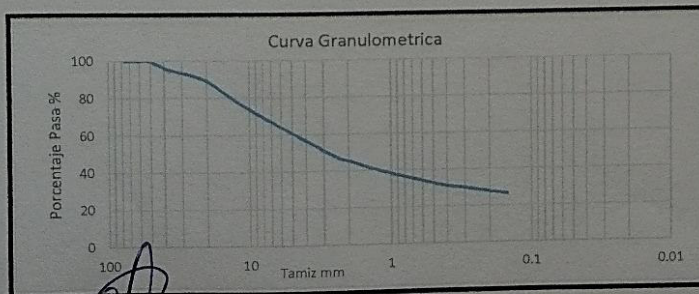
OLICITADO POR :

FECHA

12-nov-18

	ABERTURA	PESO RET.	RET. ACUM.	%	%	%
TAMIZ Nº	MM.	GM.	GM.	RETENIDO	RET.ACUM.	PASA
3"	76.2	0	0	0	0	100
2 1/2"	63.5	0	0.00	0.00	0.00	100.00
2"	50.8	0	0.00	0.00	0.00	100.00
1 1/2"	38.1	637	637.00	4.26	4.26	95.74
1"	25.4	521.5	1158.50	3.49	7.74	92.26
3/4"	19.1	581.5	1740.00	3.89	11.63	88.37
1/2"	12.7	1439	3179.00	9.62	21.25	78.75
3/8"	9.52	878	4057.00	5.87	27.12	72.88
Nº4	4.76	1965.5	6022.50	13.14	40.25	59.75
PASA Nº4		8939.5	14962.00	59.75	100.00	
8	2.36	202.72	202.72	12.65	52.90	47.10
10	2.00	24.51	227.23	1.53	54.43	45.57
16	1.180	90.7	317.93	5.66	60.09	39.91
40	0.425	133.9	451.83	8.35	68.44	31.56
50	0.300	26.31	478.14	1.64	70.09	29.91
100	0.150	55.08	533.22	3.44	73.52	26.48
200	0.075	43.12	576.34	2.69	76.21	23.79
FONDO		1.98	578.32	0.12	76.34	23.66
TOTAL						

PESO ANTES DEL ENSAYO = 15000 PESO HUMEDO ANTES DEL LAVADO = 1000
PESO DESPUES DEL ENSAYO = 14962 PESO SECO ANTES DEL LAVADO = 957.6
% DE HUMEDD = 4.43 PESO SECO DESPUES DEL LAVADO = 579.5



% Grava=	40.25
% Arena=	36.08
% Fino=	23.66
Clasificación SUCS	
SC	

Ing. Luis Mario Almache
Jefe de Laboratorio

Ing. Marco González
Laboratorista



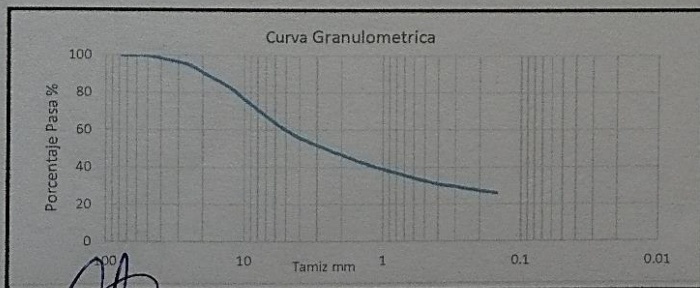
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN

ANALISIS GRANULOMÉTRICO DEL SUELO

PROYECTO SAN PEDRO DE LOS OLIVOS
MUESTRA Numero 2
SOLICITADO POR : _____
FECHA 12-nov-18

	ABERTURA	PESO RET.	RET. ACUM.	%	%	%
TAMIZ Nº	MM.	GM.	GM.	RETENIDO	RET.ACUM.	PASA
3"	76.2	0	0	0	0	100
2 1/2"	63.5	0	0.00	0.00	0.00	100.00
2"	50.8	0	0.00	0.00	0.00	100.00
1 1/2"	38.1	259.5	259.50	1.73	1.73	98.27
1"	25.4	452.5	712.00	3.02	4.76	95.24
3/4"	19.1	742.5	1454.50	4.96	9.72	90.28
1/2"	12.7	1097.5	2552.00	7.33	17.05	82.95
3/8"	9.52	1130.5	3682.50	7.55	24.60	75.40
Nº4	4.76	2449.5	6132.00	16.37	40.97	59.03
PASA Nº4		8835	14967.00	59.03	100.00	
8	2.36	168.54	168.54	10.27	51.24	48.76
10	2.00	30.91	199.45	1.88	53.12	46.88
16	1.180	102.39	301.84	6.24	59.36	40.64
40	0.425	150.86	452.7	9.19	68.55	31.45
50	0.300	30.38	483.08	1.85	70.41	29.59
100	0.150	57.91	540.99	3.53	73.93	26.07
200	0.075	40.72	581.71	2.48	76.41	23.59
FONDO		2.15	583.86	0.13	76.55	23.45
TOTAL						

PESO ANTES DEL ENSAYO = 15000 PESO HUMEDO ANTES DEL LAVADO = 1000
PESO DESPUES DEL ENSAYO = 14967 PESO SECO ANTES DEL LAVADO = 968.8
% DE HUMEDD = 3.22 PESO SECO DESPUES DEL LAVADO = 579.5



% Grava=	40.97
% Arena=	35.58
% Fino=	23.45
Clasificación SUCS	
SC	

Ing. Luis Mario Almache
Jefe de Laboratorio

Ing. Marco González
Laboratorista



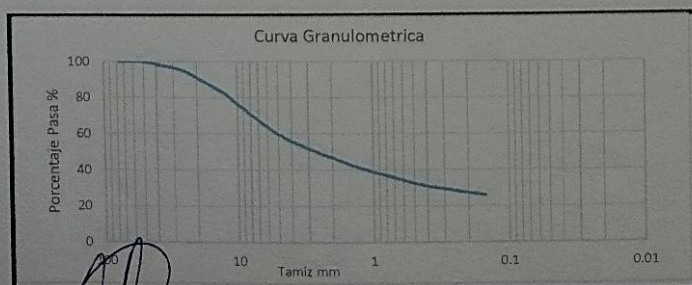
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN

ANALISIS GRANULOMÉTRICO DEL SUELO

PROYECTO SAN PEDRO DE LOS OLIVOS
MUESTRA Numero 3
SOLICITADO POR : _____
FECHA 12-nov-18

	ABERTURA	PESO RET.	RET. ACUM.	%	%	%
TAMIZ Nº	MM.	GM.	GM.	RETENIDO	RET.ACUM.	PASA
3"	76.2	0	0	0	0	100
2 1/2"	63.5	0	0.00	0.00	0.00	100.00
2"	50.8	0	0.00	0.00	0.00	100.00
1 1/2"	38.1	608.5	608.50	6.10	6.10	93.90
1"	25.4	523.5	1132.00	5.25	11.34	88.66
3/4"	19.1	441.5	1573.50	4.42	15.77	84.23
1/2"	12.7	627.5	2201.00	6.29	22.06	77.94
3/8"	9.52	518.5	2719.50	5.20	27.25	72.75
Nº4	4.76	1482	4201.50	14.85	42.10	57.90
PASA Nº4		5778	9979.50	57.90	100.00	
8	2.36	194.43	194.43	11.64	53.74	46.26
10	2.00	30.79	225.22	1.84	55.59	44.41
16	1.180	97.73	322.95	5.85	61.44	38.56
40	0.425	131.2	454.15	7.86	69.30	30.70
50	0.300	24.45	478.6	1.46	70.76	29.24
100	0.150	46.54	525.14	2.79	73.55	26.45
200	0.075	38.05	563.19	2.28	75.83	24.17
FONDO		1.16	564.35	0.07	75.90	24.10
TOTAL						

PESO ANTES DEL ENSAYO = 10000 PESO HUMEDO ANTES DEL LAVADO = 1000
PESO DESPUES DEL ENSAYO = 9979.5 PESO SECO ANTES DEL LAVADO = 966.9
% DE HUMEDD = 3.42 PESO SECO DESPUES DEL LAVADO = 569.5



% Grava=	42.10
% Arena=	33.79
% Fino=	24.10
Clasificación SUCS	
SC	

Ing. Luis Mario Almache
Jefe de Laboratorio

Ing. Marco González
Laborantista



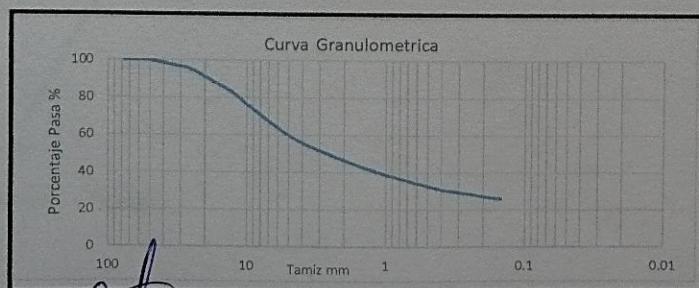
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DEL SUELO

PROYECTO SAN PEDRO DE LOS OLIVOS
MUESTRA Numero 4
SOLICITADO POR : _____
FECHA 12-nov-18

	ABERTURA	PESO RET.	RET. ACUM.	%	%	%
TAMIZ Nº	MM.	GM.	GM.	RETENIDO	RET.ACUM.	PASA
3"	76.2	0	0	0	0	100
2 1/2"	63.5	0	0.00	0.00	0.00	100.00
2"	50.8	0	0.00	0.00	0.00	100.00
1 1/2"	38.1	0	0.00	0.00	0.00	100.00
1"	25.4	117.5	117.50	1.18	1.18	98.82
3/4"	19.1	101.5	219.00	1.02	2.20	97.80
1/2"	12.7	304.5	523.50	3.06	5.25	94.75
3/8"	9.52	483.5	1007.00	4.85	10.11	89.89
Nº4	4.76	1791.5	2798.50	17.98	28.09	71.91
PASA Nº4		7163.5	9962.00	71.91	100.00	
8	2.36	138.02	138.02	11.14	39.24	60.76
10	2.00	15.59	153.61	1.26	40.50	59.50
16	1.180	49.44	203.05	3.99	44.49	55.51
40	0.425	59.5	262.55	4.80	49.29	50.71
50	0.300	10.16	272.71	0.82	50.11	49.89
100	0.150	20.46	293.17	1.65	51.76	48.24
200	0.075	19.45	312.62	1.57	53.33	46.67
FONDO		0.64	313.26	0.05	53.39	46.61
TOTAL						

PESO ANTES DEL ENSAYO = 10000 PESO HUMEDO ANTES DEL LAVADO = 1000
PESO DESPUES DEL ENSAYO = 9962 PESO SECO ANTES DEL LAVADO = 890.5
% DE HUMEDAD = 12.29 PESO SECO DESPUES DEL LAVADO = 314.5



% Grava=	28.09
% Arena=	25.29
% Fino=	46.61
Clasificación SUCS	
SM	

Ing. Luis Mario Almache
Jefe de laboratorio

Ing. Marco Gonzalez
Laboratorista



UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN

ENSAYO DE CORTE DIRECTO - ANILLO RECTÁNGULAR

FECHA DE IMPRESIÓN	2019-03-15	No. ENSAYO	MATERIAL
FECHA DE ENSAYO	2018-11-22	24	

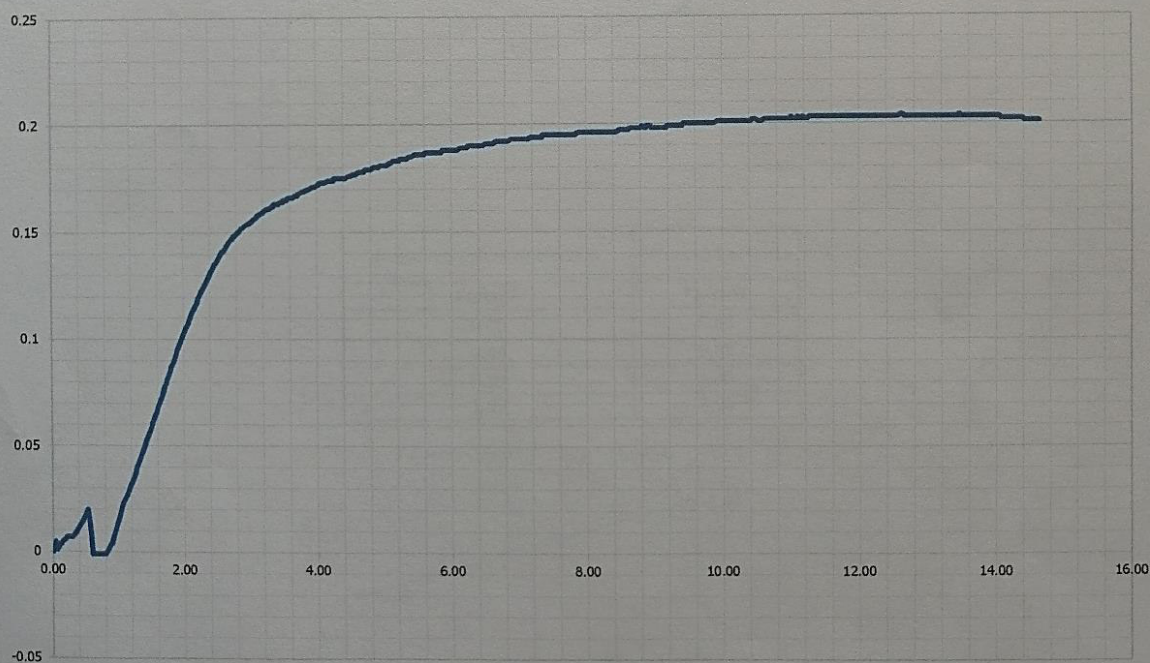
INFORMACIÓN GENERAL

ID. MUESTRA	MUESTRA N°3
CLIENTE	
PROYECTO	SAN PEDRO DE LOS OLIVOS

ASPECTOS DIMENSIONALES DEL ENSAYO

Lado (mm)	Desplazamiento horizontal (mm)	Deformación unitaria (mm)	Deformación vertical (mm)
63.65	9.31	14.627	-39.811
Área (mm ²)	Fuerza máxima (N)	Esfuerzo máximo (MPa)	
4051.322	824.8	0.204	

GRÁFICA ESFUERZO (MPa) vs. DEFORMACIÓN (mm)



OBSERVACIONES:

LABORATORISTA

Ing. Marco Gonzalez

DIRECTOR LABORATORIO

Ing. Luis Mario Almache



UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN

ENSAYO DE CORTE DIRECTO - ANILLO RECTÁNGULAR

FECHA DE IMPRESIÓN	2019-03-15	No. ENSAYO	MATERIAL
FECHA DE ENSAYO	2018-11-22	23	

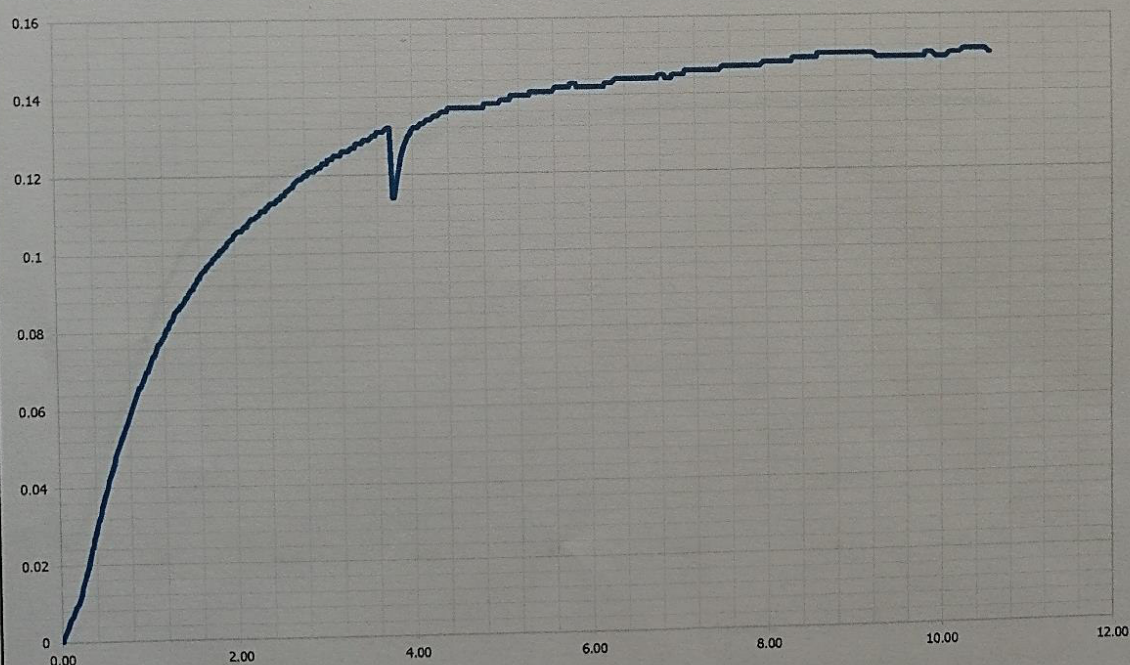
INFORMACIÓN GENERAL

ID. MUESTRA	MUESTRA N°2
CLIENTE	
PROYECTO	SAN PEDRO DE LOS OLIVOS

ASPECTOS DIMENSIONALES DEL ENSAYO

Lado (mm)	Desplazamiento horizontal (mm)	Deformación unitaria (mm)	Deformación vertical (mm)
63.65	6.73	10.573	-39.811
Área (mm ²)	Fuerza máxima (N)	Esfuerzo máximo (MPa)	
4051.322	612	0.151	

GRÁFICA ESFUERZO (MPa) vs. DEFORMACIÓN (mm)



OBSERVACIONES:

LABORATORISTA

Ing. Marco González

DIRECTOR LABORATORIO

Ing. Luis Mario Almache



UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN

ENSAYO DE CORTE DIRECTO - ANILLO RECTÁNGULAR

FECHA DE IMPRESIÓN	2019-03-15	No. ENSAYO	MATERIAL
FECHA DE ENSAYO	2018-11-22	22	

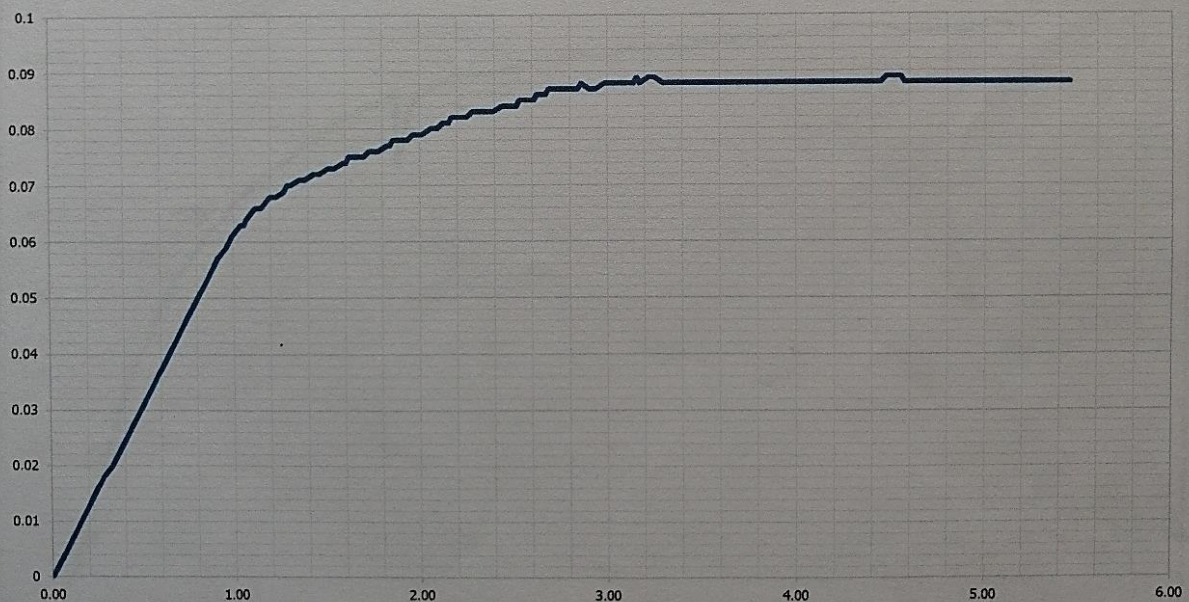
INFORMACIÓN GENERAL

ID. MUESTRA	MUESTRA N°1
CLIENTE	
PROYECTO	SAN PEDRO DE LOS OLIVOS

ASPECTOS DIMENSIONALES DEL ENSAYO

Lado (mm)	Desplazamiento horizontal (mm)	Deformación unitaria (mm)	Deformación vertical (mm)
63.65	3.47	5.452	-39.811
Área (mm ²)	Fuerza máxima (N)	Esfuerzo máximo (MPa)	
4051.322	359.8	0.089	

GRÁFICA ESFUERZO (MPa) vs. DEFORMACIÓN (mm)



OBSERVACIONES:

LABORATORISTA

Ing. Marco González

DIRECTOR LABORATORIO

Ing. Luis Mario Almache



UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA

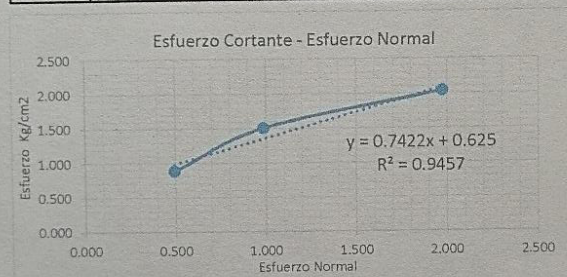
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN

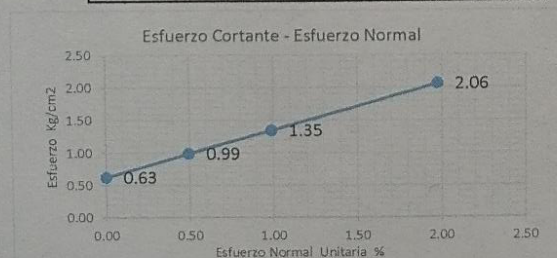
RESULTADOS DEL ENSAYO DE CORTE DIRECTO

PROYECTO	SAN PEDRO DE LOS OLIVOS	LOCALIZACIÓN	CANTÓN GUALACEO
SECTOR	SAN PEDRO DE LOS OLIVOS	MUESTRA °	
SOLICITADO POR:		PROFUNDIDAD	5 m
FECHA	22-nov-18		

ESFUERZOS CORTANTE MÁXIMOS - NORMALES			
CARGA	ESFUERZO CORTANTE	ESFUERZO NORMAL	PROPORCIÓN DE ESFUERZOS
Kg	Kg/cm2	Kg/cm2	τ/σ
20	0.890	0.494	1.803
40	1.510	0.987	1.529
80	2.040	1.975	1.033



Presión o Esfuerzo Normal	Esfuerzo Cortante
Kg/cm2	Kg/cm2
0.00	0.63
0.49	0.99
0.99	1.35
1.97	2.06

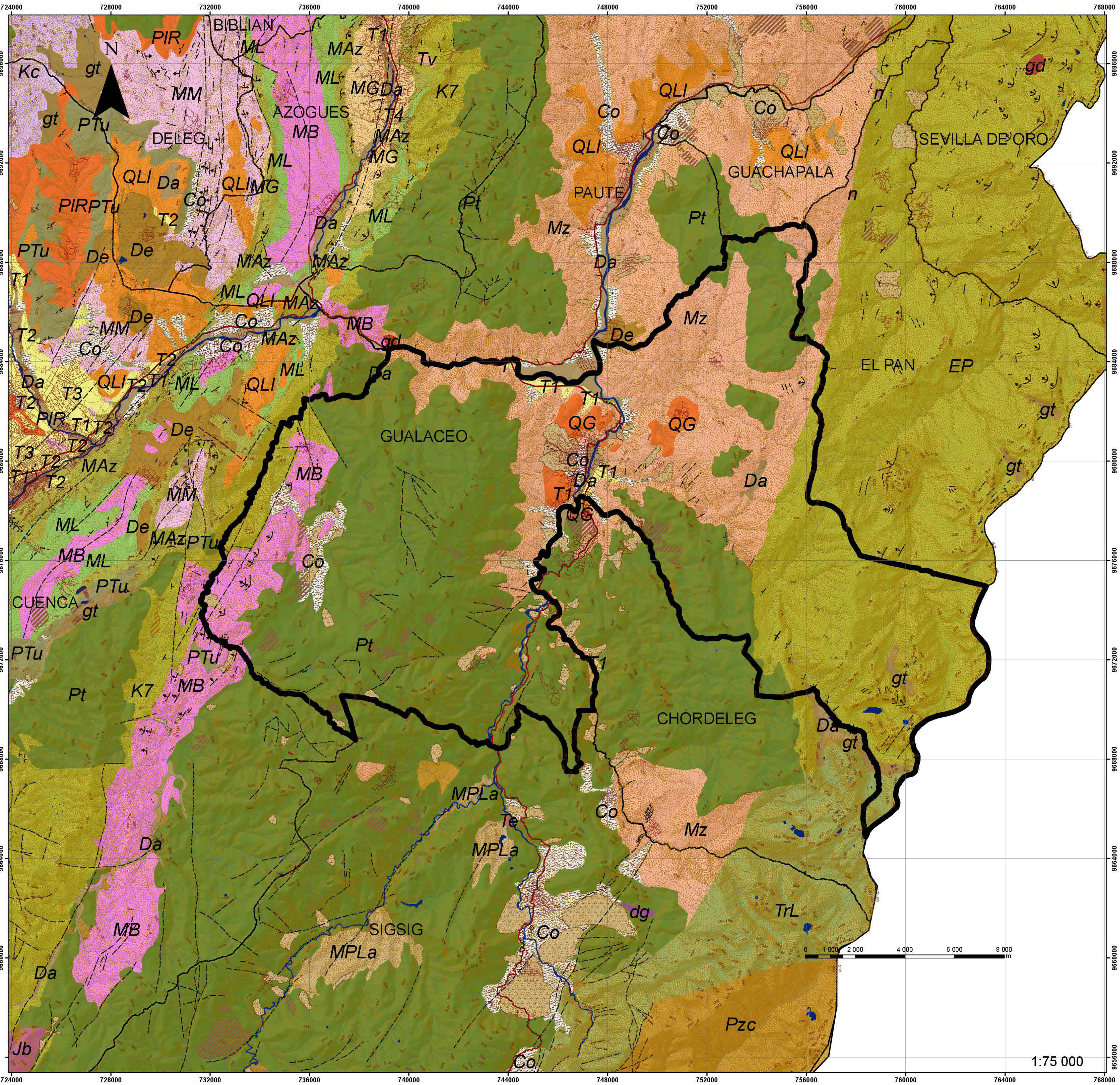


Cohesion (C)	0.63	Kg/cm2
A. Friccion (°)	35.83	--

Ing. Luis Mario Almache
Jefe del Laboratorio

Ing. Marco Gonzalez
Laboratista

ANEXO PLANOS



LEYENDA TEMATICA

COLUMNA ESTRATIGRAFICA

CUATERNARIO

Flujo de Escombros

Reptación

Depositos Coluviales

Depositos Aluvial

Formación Tarquí

Terraza Fluvio Glacial 1

Mezclas heterogéneas de bloques y fragmentos angulares y subangulares en matriz limo arcillosa

Bloques, gravas y arenas limosas en diferentes porcentajes y composición

Piroclastos, pr: aglomerados, ag: brechas, br: lavas, lv: tobas, h: andesita piroxenica, av

Bloques y boleos subangulares a redondeados y subesféricos en matriz grava areno arcillosa

TERCIARIO

Formación Biblian

Tillitas

Tobas de Gualaceo

Alternancia de argilitas, limolitas rojizas interestratificadas con areniscas tobáceas de grano fino y conglomerados con cantos mal sorteados, presencia de yeso secundario en grietas

Tillitas

Flujos piroclásticos riolíticos tipo "ash flow", localmente se presentan lapillis de pómez en estratos

MESOZOICO

Unidad Maguazo

Filitas, micaesquistos, pizarras y cuarcitas intensamente plegadas. Meta-andesitas masivas

Deslizamientos observados

Deslizamientos Prioritarios

Fallas

Curvas de Nivel

Rios

Lagunas

UBICACIÓN EN EL ECUADOR CONTINENTAL

PROYECTO:

ESTUDIO E INVESTIGACION DE AMENAZAS, VULNERABILIDAD Y RIESGOS EN LA PROVINCIA DEL AZUAY

APROBADO POR:

XYZ

DIRECTOR DEL PROYECTO:

XYZ

TEMA:

MAPA GEOLOGICO DEL CANTON GUALACEO

FISCALIZACION:

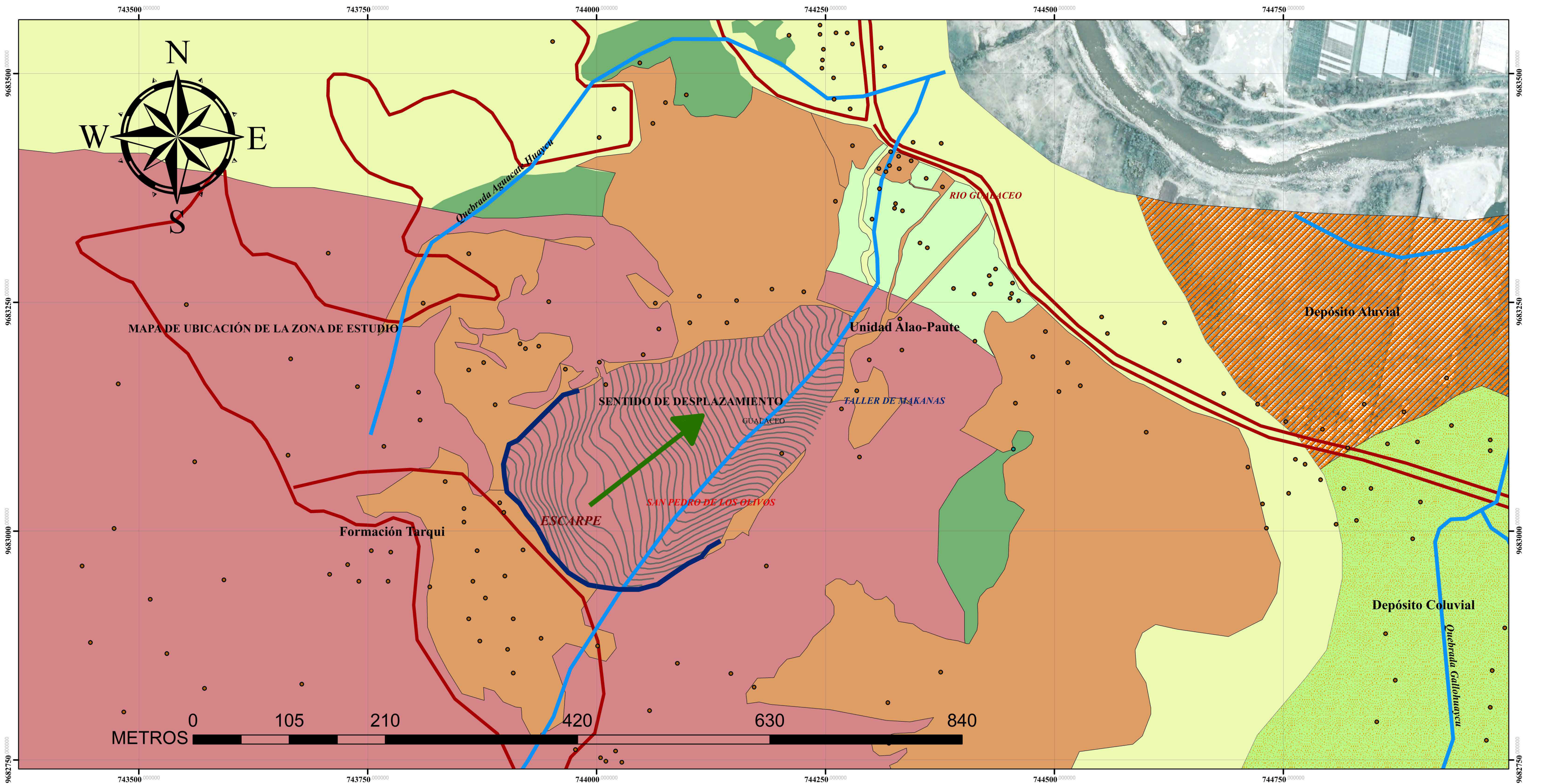
Gobierno Provincial del Azuay

ELABORADO POR:

Ing. Luis Matute D.

ARCHIVO DIGITAL:

12.GUALACEO.mxd



SIMBOLOGÍA

- CASAS
- ESCARPE
- rio_l
- ACCEO_VIAL
- Zona_Arida
- BOSQUE
- CULTIVOS
- CENTRO_POBLADO

SIMBOLOGÍA

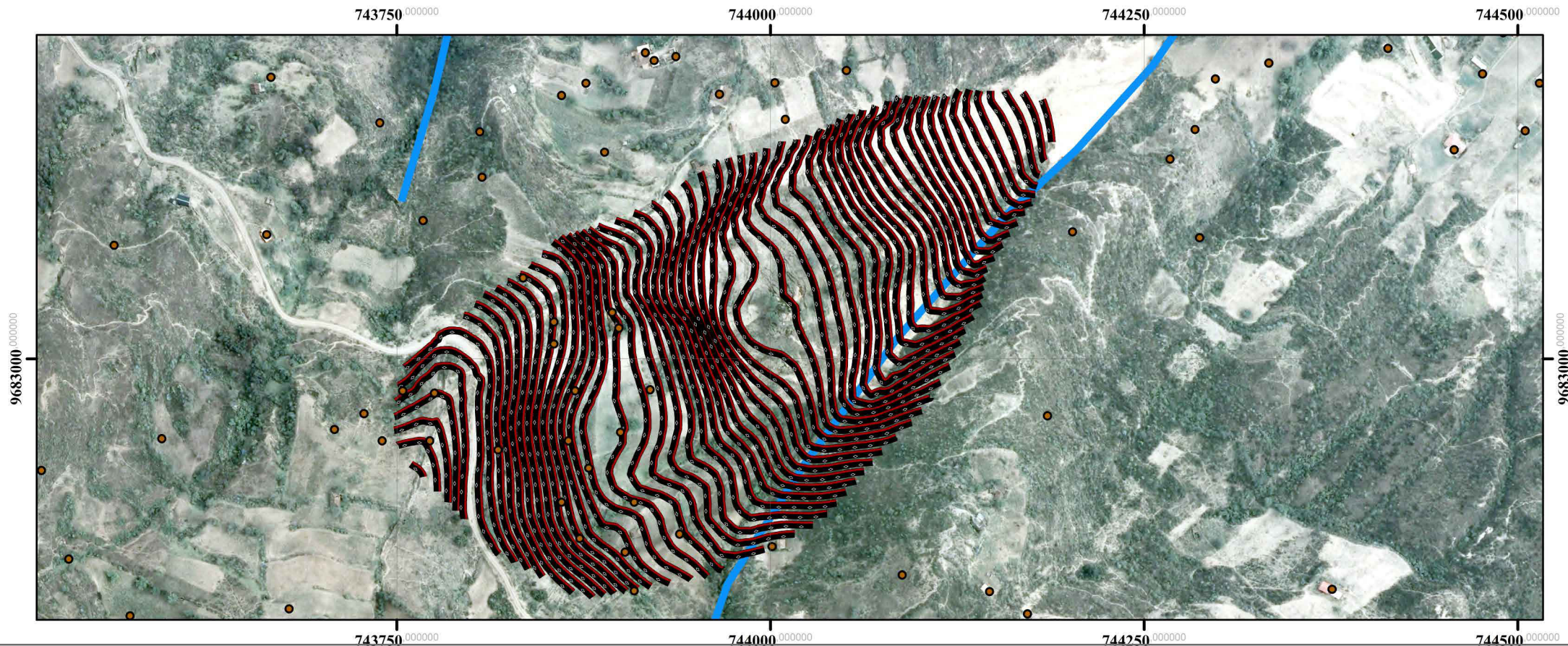
ESCARPE

GEOLOGÍA

<all other values>

DESCRIPTO

- Depósito Aluvial
- Depósito Coluvial
- Formación Chinchín
- Formación Tarqui
- Unidad Alao-Paute
- Volcánicos Llaeo
- FORMACIÓN TARQUI



UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA

Facultad de Ingeniería, Industrias y Construcción

Diseño: Fajardo Edison, Loaiza Mario

Escala: 1:8.000

Contiene:

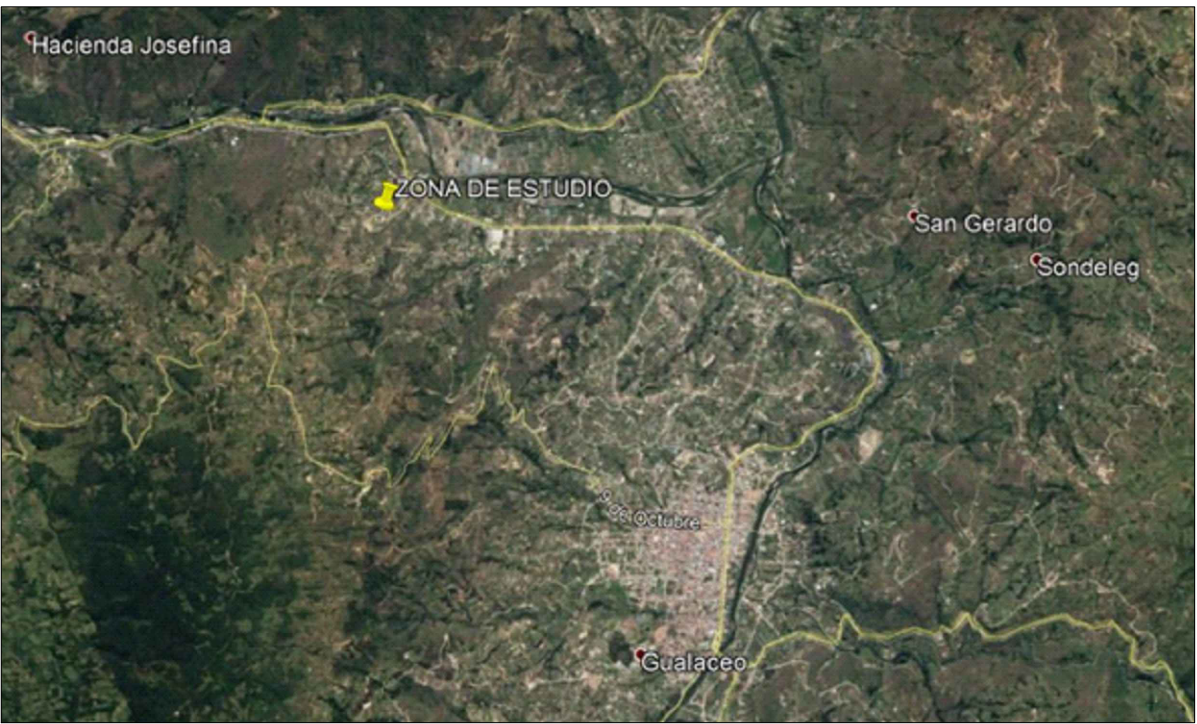
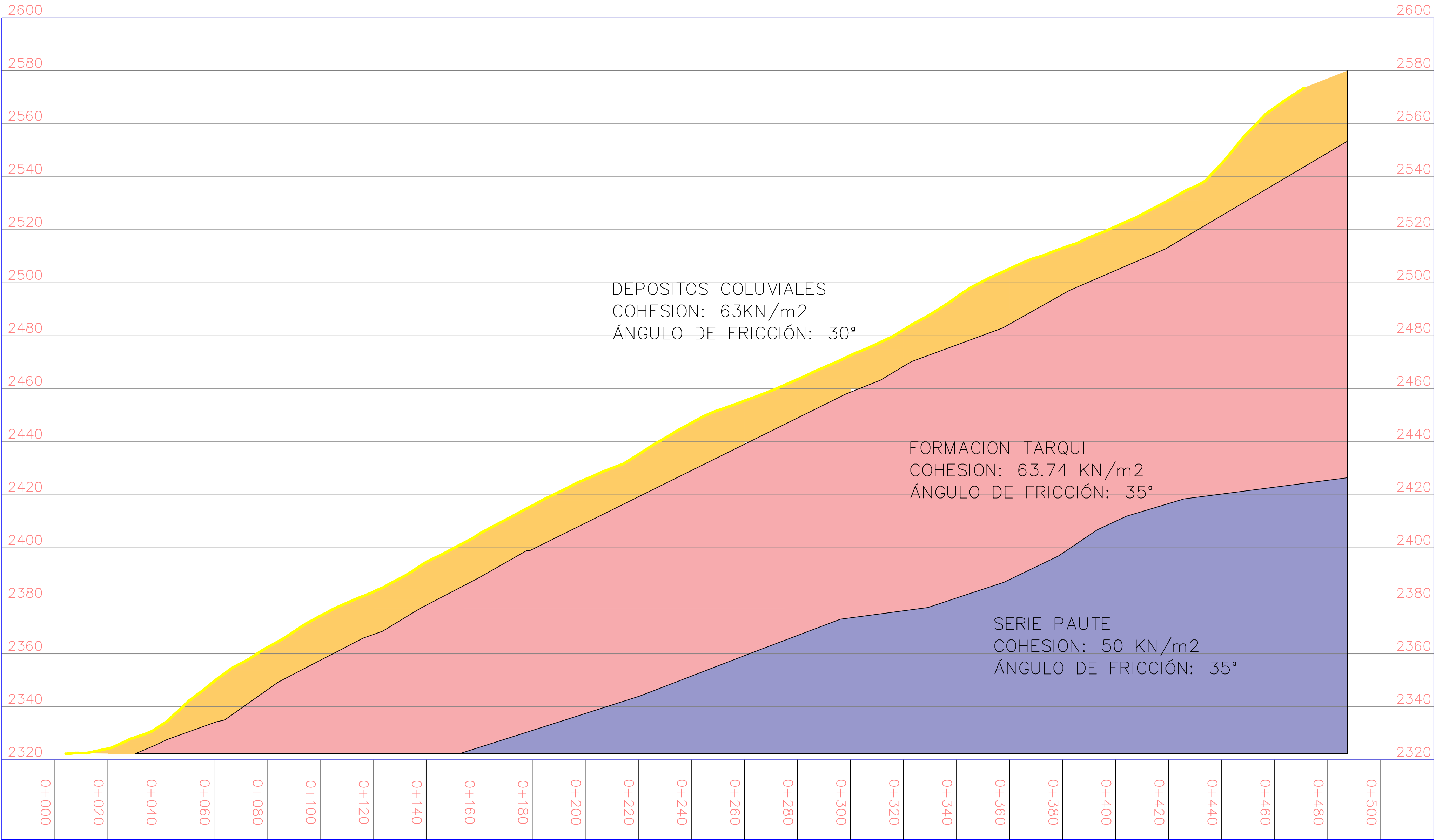
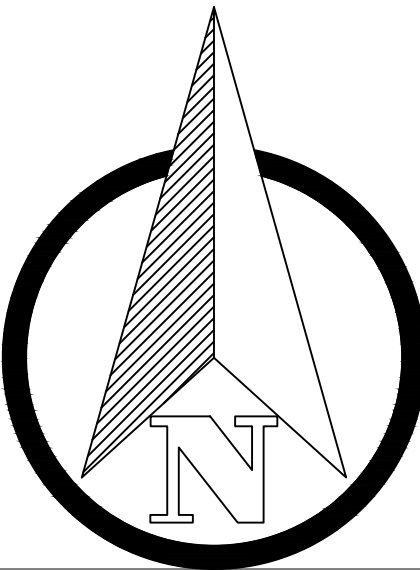
- MAPA DE USO DE SUELO
- CAUCES- ZONA DE ESTUDIO
- GEOLOGÍA

REVISIÓN:

Ing. Msc. Luis Mario Almache Sánchez.

LÁMINA 1/1

PERFIL ESTATIGRÁFICO 1





UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA
Unidad Académica de Ingeniería Industria y Construcción
Facultad de Ingeniería Civil

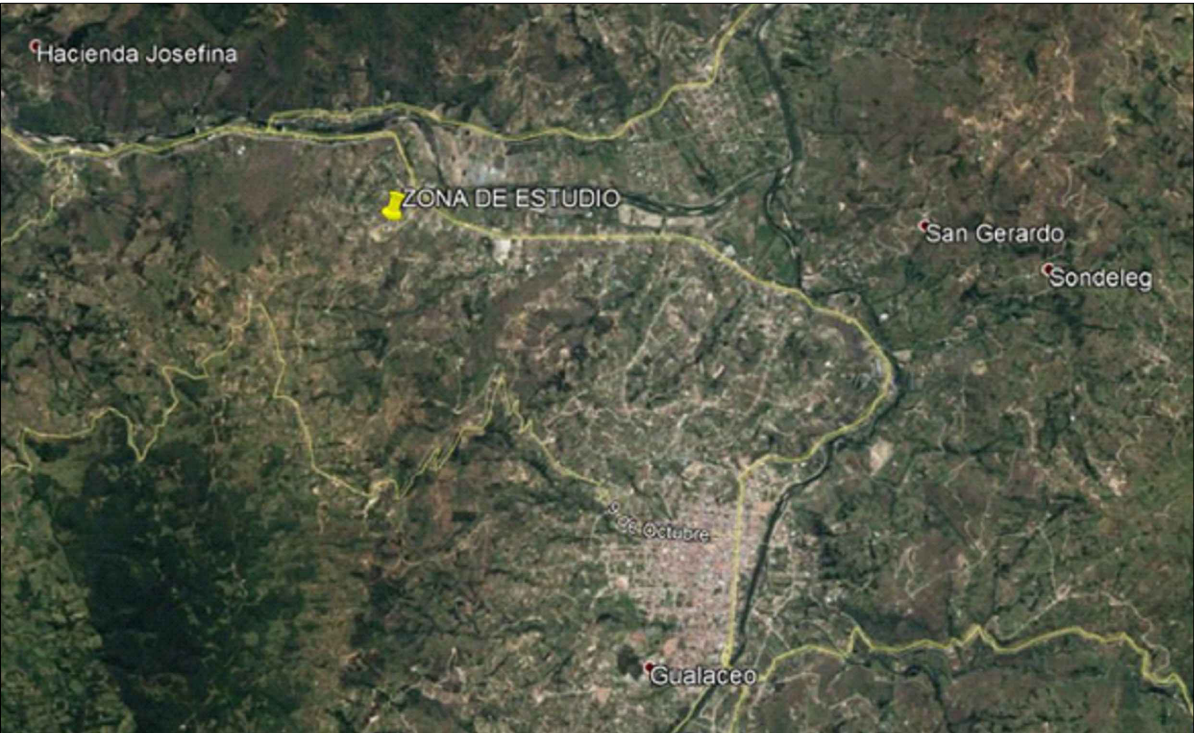
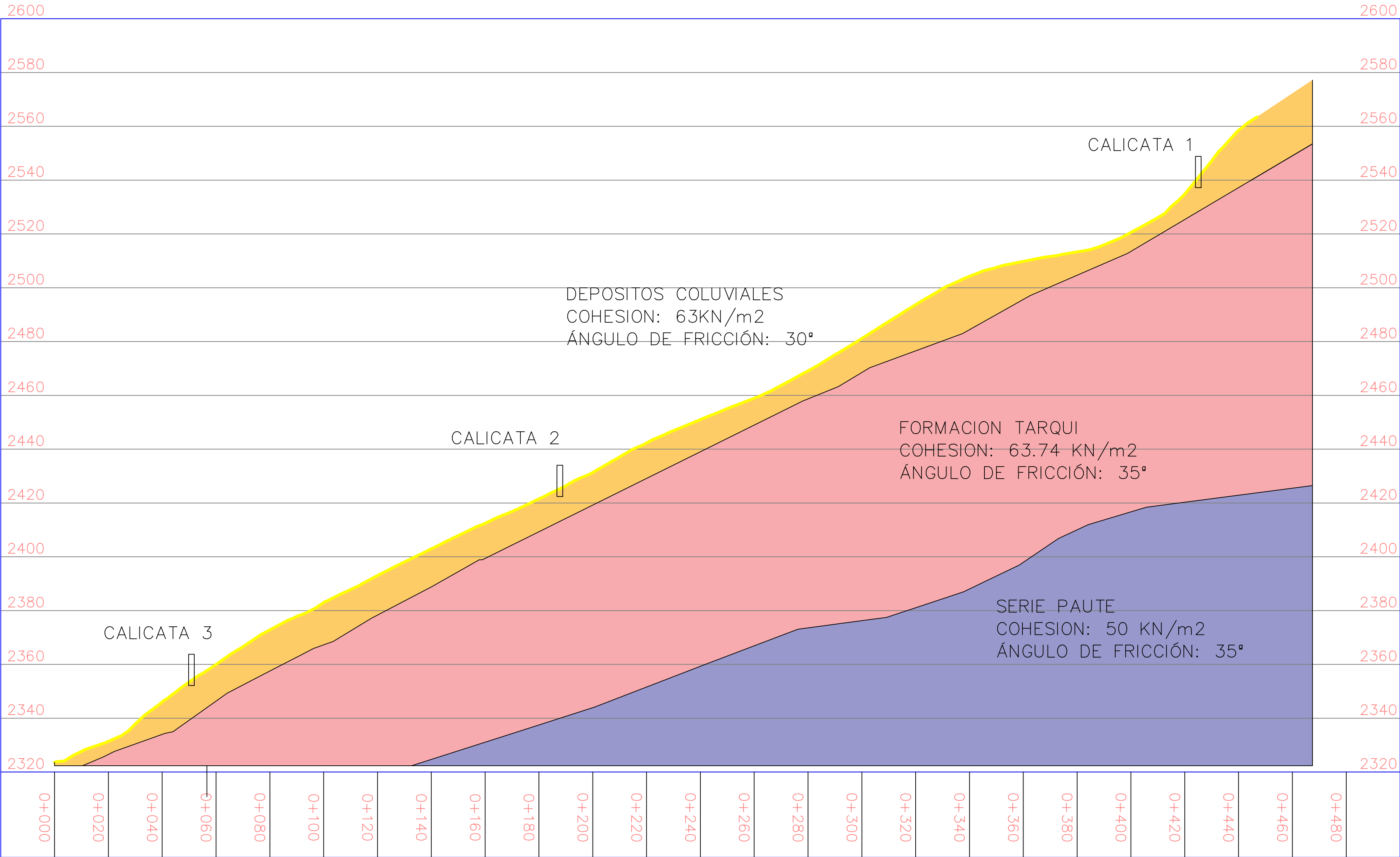
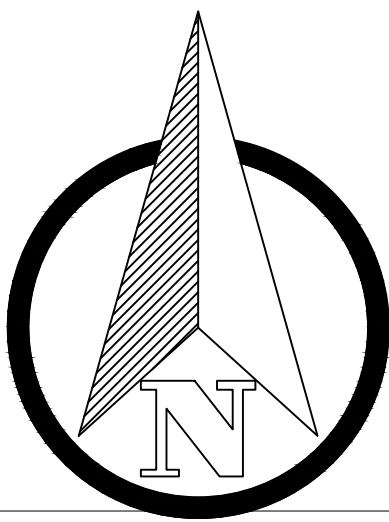
PROYECTO: "DISEÑO DE ESTABILIZACIÓN PARA EL MACRO DESLIZAMIENTO SOBRE QUEBRADA SAN PEDRO DE LOS OLIVOS, SECTOR SAN PEDRO DE LOS OLIVOS, PARROQUIA GUALACEO"

CONTIENE:

PERFIL ESTATIGRÁFICO 1
EN EL ÁREA DE ESTUDIO

REVISION	INGTEGRANTES
Ing. Luis Mario Almache.	Edison Fajardo – Mario Looiza
FECHA	ESCALA
ABRIL 2019	Indicadas
OBSERVACIONES:	HOJA: 1/3

PERFIL ESTATIGRÁFICO



UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA
Unidad Académica de Ingeniería Industria y Construcción
Facultad de Ingeniería Civil

PROYECTO: "DISEÑO DE ESTABILIZACIÓN PARA EL MACRO DESLIZAMIENTO SOBRE QUEBRADA SAN PEDRO DE LOS OLIVOS, SECTOR SAN PEDRO DE LOS OLIVOS, PARROQUIA GUALACEO"

CONTIENE:

PERFIL ESTATIGRÁFICO Y CALICATAS EXTRAIDAS
EN EL ÁREA DE ESTUDIO

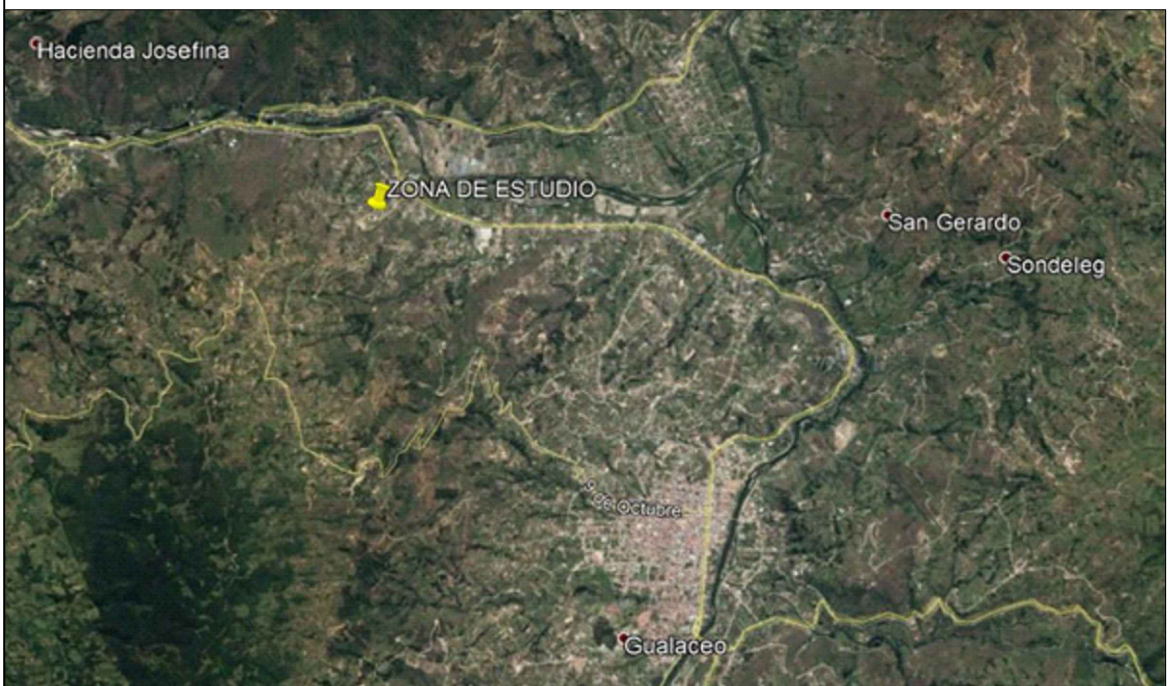
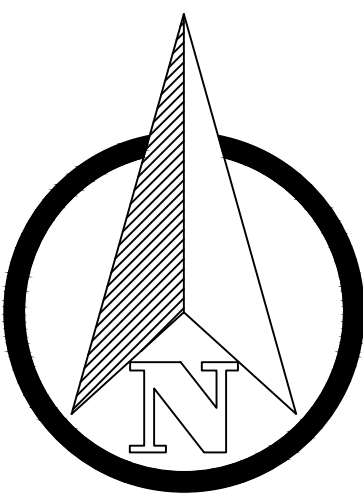
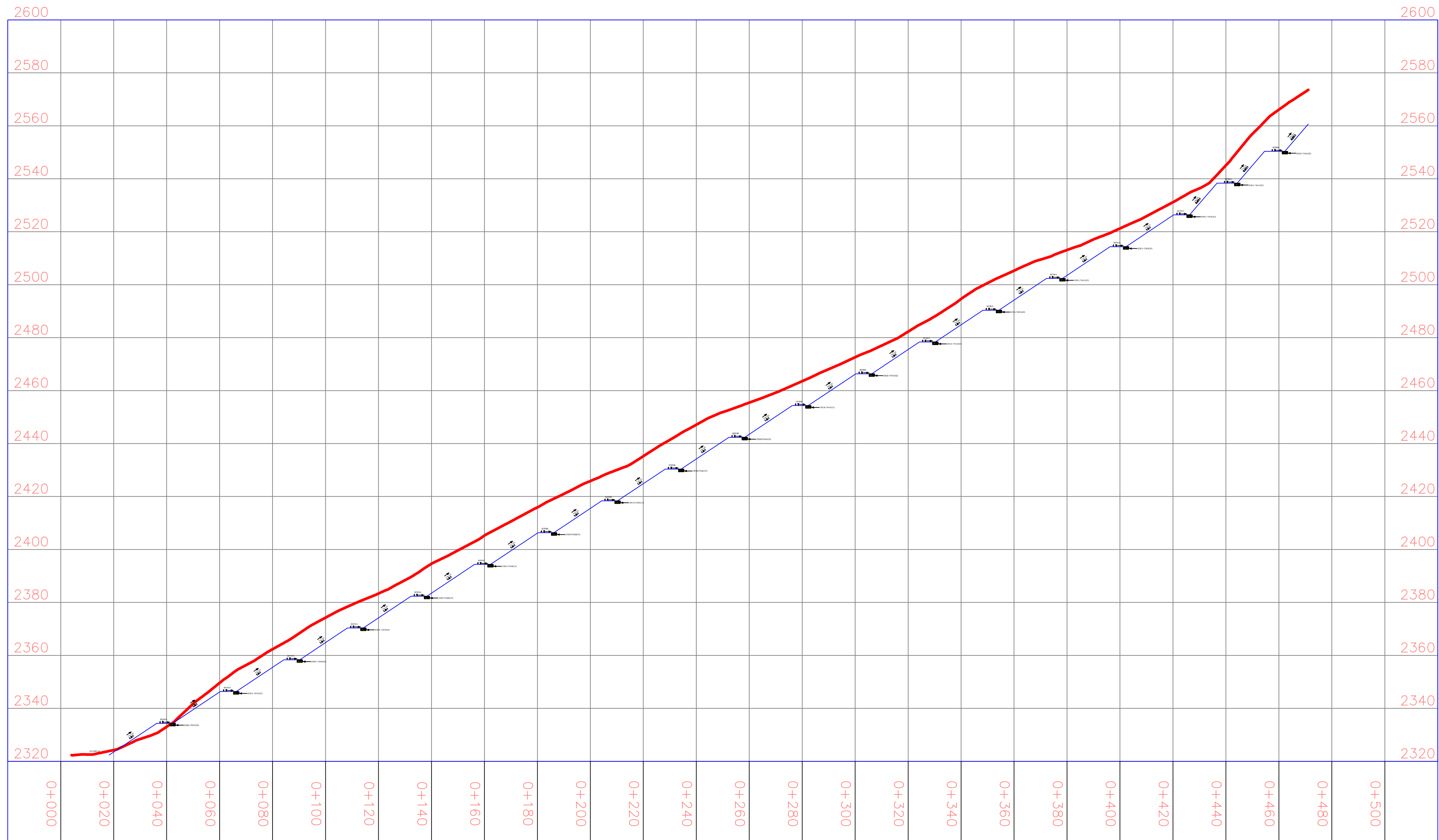
REVISION Ing. Luis Mario Almache.	INTEGRANTES Edison Fajardo - Mario Looiza
--------------------------------------	--

FECHA ABRIL 2019	ESCALA Indicadas
---------------------	---------------------

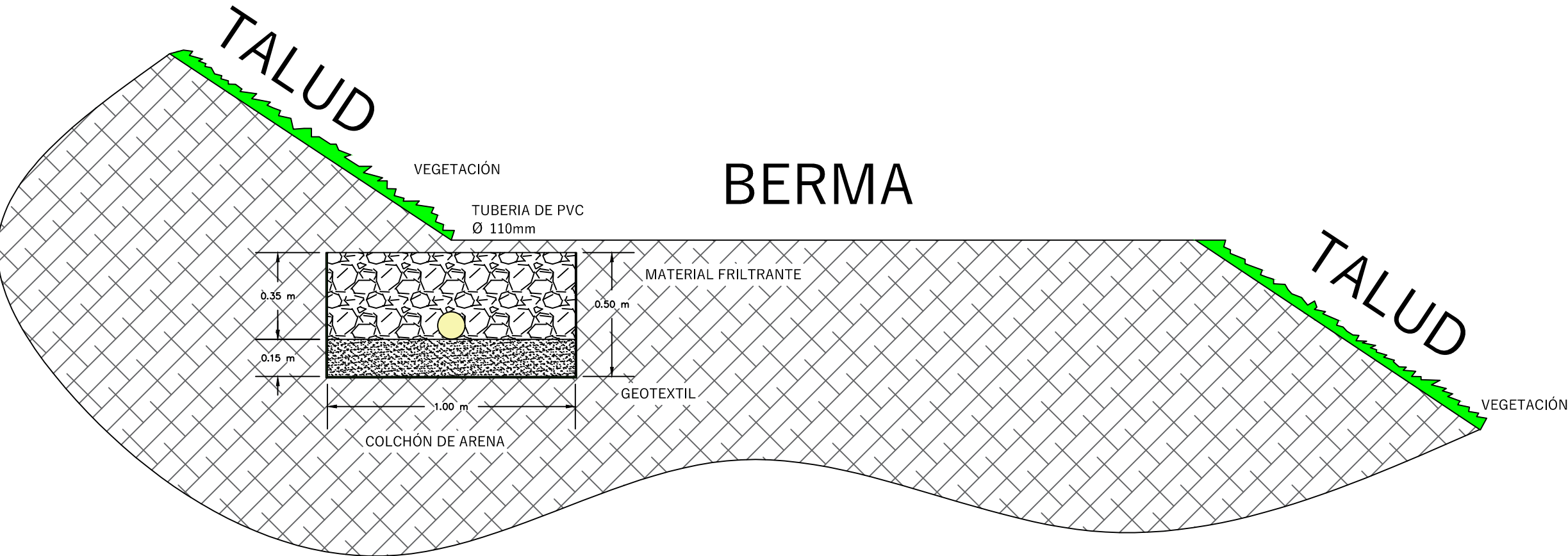
OBSERVACIONES:	HOJA: 2/3
----------------	-----------

CONFORMACION DE BERMAS Y TALUDES

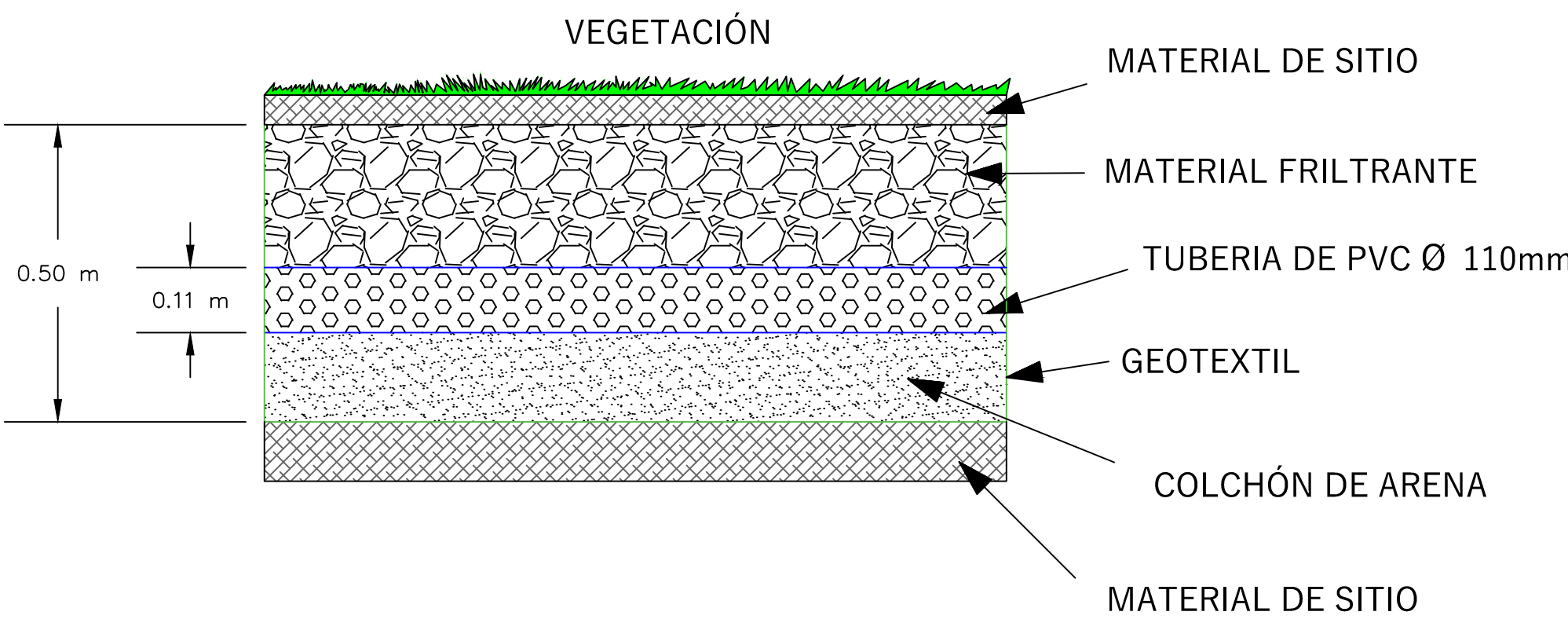
ESCALA 1:1000



DESTALLE CONSTRUCTIVO DREN FRANCÉS SIN ESCALA



DESTALLE CONSTRUCTIVO DREN FRANCÉS SIN ESCALA



UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA
Unidad Académica de Ingeniería Industria y Construcción
Facultad de Ingeniería Civil

PROYECTO: "DISEÑO DE ESTABILIZACIÓN PARA EL MACRO DESLIZAMIENTO SOBRE QUEBRADA SAN PEDRO DE LOS OLIVOS, SECTOR SAN PEDRO DE LOS OLIVOS, PARROQUIA GUALACEO"

CONTIENE:
PERFIL TERRENO NATURAL
PERFIL DE CONFORMACION
TALUDES Y BERMAS

REVISION
Ing. Luis Mario Almache.
FECHA
ABRIL 2019

INTEGRANTES
Edison Fajardo - Mario Loaiza
ESCALA
Indicadas

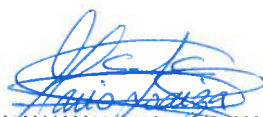
OBSERVACIONES:



PERMISO DEL AUTOR DE TESIS PARA SUBIR AL REPOSITORIO INSTITUCIONAL

Nosotros, **Edison Patricio Fajardo Vásquez** con C.I. 0107103913 y **Mario Vicente Loaiza Medina** con C.I. 1104289069. En calidad de autores y titulares de los derechos patrimoniales del trabajo de titulación “DISEÑO DE ESTABILIZACIÓN PARA EL MACRO DESLIZAMIENTO SOBRE QUEBRADA SAN PEDRO DE LOS OLIVOS, SECTOR SAN PEDRO DE LOS OLIVOS, PARROQUIA GUALACEO” de conformidad a lo establecido en el artículo 114 Código Orgánico de la Economía Social de los Conocimientos, Creatividad e Innovación, reconocemos a favor de la Universidad Católica de Cuenca una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva para el uso no comercial de la obra, con fines estrictamente académicos, Así mismo; autorizo a la Universidad para que realice la publicación de éste trabajo de titulación en el Repositorio Institucional de conformidad a lo dispuesto en el artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

Cuenca, 22 de abril del 2019

F: 
Mario Vicente Loaiza Medina

C.I. 1104289069

F: 
Edison Patricio Fajardo Vasquez

C.I. 0107103913