



**UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA**  
*La Universidad Católica de Loja*

**ÁREA TÉCNICA**

**TÍTULO DE MAGÍSTER EN INGENIERÍA VIAL**

**Análisis de la variación del factor de seguridad mediante el método de elementos finitos aplicados a laderas ubicadas en el sector norte de la ciudad de Loja en función de la surgencia de suelos cuaternarios**

**TRABAJO DE TITULACIÓN**

**AUTORA: Bermeo Castillo, Mireya Alexandra**

**DIRECTORA: Esparza Villalba, Carmen Antonieta, M.Sc.**

**LOJA - ECUADOR**

2017



*Esta versión digital, ha sido acreditada bajo la licencia Creative Commons 4.0, CC BY-NY-SA: Reconocimiento-No comercial-Compartir igual; la cual permite copiar, distribuir y comunicar públicamente la obra, mientras se reconozca la autoría original, no se utilice con fines comerciales y se permiten obras derivadas, siempre que mantenga la misma licencia al ser divulgada. <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/deed.es>*

2017

## **APROBACIÓN DE LA DIRECTORA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN**

Máster

Carmen Esparza Villalba.

### **DOCENTE DE LA TITULACIÓN**

De mi consideración:

El presente trabajo de titulación, denominado: Análisis de la variación del factor de seguridad mediante el método de elementos finitos aplicados a laderas ubicadas en el sector norte de la ciudad de Loja en función de la surgencia de suelos cuaternarios, realizado por Mireya Alexandra Bermeo Castillo, ha sido orientado y revisado durante su ejecución, por cuanto se aprueba la presentación del mismo.

Loja, octubre del 2017

f) .....

## DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS

“Yo Mireya Alexandra Bermeo Castillo, declaro ser autora del presente de titulación: Análisis de la variación del factor de seguridad mediante el método de elementos finitos aplicados a laderas ubicadas en el sector norte de la ciudad de Loja en función de la surgencia de suelos cuaternarios, de la Titulación magister en ingeniería vial, siendo Carmen Antonieta Esparza Villalba directora del presente trabajo; y eximo expresamente a la Universidad Técnica Particular de Loja y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales. Además certifico que las ideas, conceptos, procedimientos y resultados vertidos en el presente trabajo investigativo, son de mi exclusiva responsabilidad.

Adicionalmente declaro conocer y aceptar la disposición del Art. 88 del Estatuto Orgánico de la Universidad Técnica Particular de Loja que en su parte pertinente textualmente dice: “Forman parte del patrimonio de la Universidad la propiedad intelectual de investigaciones, trabajos científicos o técnicos y tesis de grado o trabajos de titulación que se realicen con apoyo financiero, académico o institucional (operativo) de la Universidad”

f.....  
Autor: Bermeo Castillo Mireya Alexandra  
Cédula: 1104727951

## **DEDICATORIA**

Dedico de manera especial a Dios, a mi querido esposo e hijo al ser mi inspiración de lucha día a día, a mis padres, hermanos y abuelitos por su apoyo y cariño. A todos y cada uno de ustedes mi amor y gratitud infinito.

Mireya Alexandra

## **AGRADECIMIENTO**

Mi especial agradecimiento por el apoyo brindado:

Primeramente a Dios, por regalarme el don de la inteligencia y la sabiduría para culminar una nueva meta en mi vida profesional.

A mi hijo, esposo, padres y hermanos por el cariño y confianza brindada en todo momento, pero sobre todo por estar cada uno a su manera, respaldándome para alcanzar mi objetivo.

A la Universidad Técnica Particular de Loja, Escuela de Ingeniería Civil, a sus dignas autoridades administrativas y académicas, quienes una vez más me han brindado la oportunidad de ampliar mis conocimientos para estar al servicio de la sociedad.

A la MSc. Carmen Esparza Villalba, por su apoyo para la exitosa culminación de este proyecto de máster.

Mireya Alexandra

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

CARATULA .....	i
APROBACIÓN DE LA DIRECTORA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN .....	ii
DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHO .....	iii
DEDICATORIA.....	iv
AGRADECIMIENTO .....	v
ÍNDICE .....	vi
RESUMEN .....	1
ABSTRACT.....	2
INTRODUCCIÓN .....	3
OBJETIVOS.....	4
DISEÑO METODOLÓGICO .....	4
CAPITULO I. CONCEPTOS INTRODUCTORIOS.....	6
1. MARCO TEÓRICO.....	7
1.1. MOVIMIENTOS DE LADERA.....	7
1.2. SUSCEPTIBILIDAD.....	7
1.3. REPTACIÓN .....	7
1.4. DESLIZAMIENTO .....	7
1.5. TIPOS DE DESLIZAMIENTO .....	8
1.5.1. DESLIZAMIENTOS ROTACIONALES .....	8
1.5.2. DESLIZAMIENTOS TRASLACIONALES .....	8
1.6. FACTORES CONDICIONANTES Y DESENCADENANTES .....	9
1.7. FACTOR DE SEGURIDAD.....	9
1.8. MÉTODO TENSO - DEFORMACIONAL .....	10
1.8.1. MÉTODO DE ELEMENTOS FINITOS .....	10
1.9. MÉTODO ELÉCTRICO .....	11
1.10. HIDROLOGÍA.....	12
1.11. HIDRÁULICA: DRENAJE Y SUBDRENAJE .....	12
1.11.1. DRENAJE SUPERFICIAL .....	13
1.11.2. CUNETAS DE CORONACIÓN .....	13
1.11.3. CANALES COLECTORES .....	14
1.11.4. CANALES CON RUGOSIDAD ARTIFICIAL (RÁPIDAS).....	15
1.11.5. SUBDRENAJE .....	16
1.12. ESTABILIZACIÓN DE TALUDES CON VEGETACIÓN.....	17
1.12.1. BIOINGENIERÍA .....	17
PARTE II. MARCO GENERAL DE LA ZONA DE ESTUDIO.....	20
2. MARCO GENERAL DE LA ZONA DE ESTUDIO .....	21
2.1. LOCALIZACIÓN .....	21
2.2. CLIMA .....	22
2.3. GEOMORFOLOGÍA .....	22
2.4. GEOLOGÍA.....	23
2.4.1. ESTRATIGRAFÍA .....	23

2.5. TOPOGRAFÍA .....	27
2.6. PRECIPITACIÓN.....	30
<b>PARTE III. RESULTADOS.....</b>	<b>31</b>
<b>3. CARACTERIZACIÓN GEOTÉCNICA .....</b>	<b>32</b>
3.1. TIPOS DE INESTABILIDAD DETECTADOS .....	36
3.2. FACTOR DE SEGURIDAD MEDIANTE MODELACIÓN EN EL SOFTWARE PHASE 2.0.....	38
3.3. PROPUESTA DE MITIGACIÓN .....	51
<b>CONCLUSIONES .....</b>	<b>69</b>
<b>RECOMENDACIONES.....</b>	<b>71</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA .....</b>	<b>73</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>75</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1. COEFICIENTES Y VALORES LÍMITE PARA TIPOS DE RUGOSIDAD ARTIFICIAL.....	16
TABLA 2. COORDENADA DE LAS ZONAS DE ESTUDIO .....	21
TABLA 3. RANGO DE PENDIENTES .....	22
TABLA 4. ESTACIONES METEOROLÓGICAS .....	30
TABLA 5. COORDENADA DE LOS SEV .....	32
TABLA 6. RESULTADOS DEL SONDAJE ELÉCTRICO VERTICAL NO. 1 .....	32
TABLA 7. CARACTERÍSTICAS GEOTÉCNICAS DEL SUELO TALUD 1 KM 2+900 .....	33
TABLA 8. RESULTADOS DEL SONDAJE ELÉCTRICO VERTICAL NO. 2.....	34
TABLA 9. CARACTERÍSTICAS GEOTÉCNICAS DEL SUELO TALUD 2 KM 4+500 .....	35
TABLA 10. FACTOR DE SEGURIDAD TALUD 1 KM 2+900 .....	44
TABLA 11. FACTOR DE SEGURIDAD TALUD 2 KM 4+500 .....	44
TABLA 12. FACTOR DE SEGURIDAD MÍNIMOS PARA ESTABILIDAD .....	45
TABLA 13. PROPIEDADES GEOTECNICAS DE LA SUBBASE CLASE III, GEOTEXTIL Y DREN .....	46
TABLA 14. FACTOR DE SEGURIDAD TALUD 1 KM 2+900 .....	48
TABLA 15. PROPIEDADES GEOTECNICAS DE LA SUBBASE CLASE III, GEOTEXTIL Y DREN .....	51
TABLA 16. FACTOR DE SEGURIDAD TALUD 2 KM 4+500 .....	51
TABLA 17. ECUACIÓN IDF PARA LA ESTACIÓN LA ARGELIA - LOJA .....	53
TABLA 18. INTENSIDADES MÁXIMAS DE LA ARGELIA - LOJA .....	53
TABLA 19. DETERMINACIÓN DE CAUDALES ESPERADOS .....	57
TABLA 20. DIMENSIONAMIENTO DE CUNETAS Y CANALES COLECTORES DE ESCORRENTÍAS .....	58
TABLA 21. DIMENSIONAMIENTO ADOPTADAS PARA CUNETAS COLECTORAS DE ESCORRENTÍAS.....	58
TABLA 22. VERIFICACIÓN DE ESTABILIDAD DE CANALES COLECTORES DE ESCORRENTÍAS .....	60
TABLA 23. DISEÑO DE ELEMENTOS DE RUGOSIDAD ARTIFICIAL .....	60
TABLA 24. CÁLCULOS DE CAUDALES RECOLECTADOS POR LOS SUBDRENES.....	62
TABLA 25. CÁLCULO DE DIÁMETRO DE TUBERÍA PERFORADA.....	63
TABLA 26. DETALLE DE IMPLANTACIÓN DE ESPECIES VEGETALES .....	64
TABLA 27. DETERMINACIÓN DE CAUDALES ESPERADOS .....	65
TABLA 28. DIMENSIONAMIENTO DE CUNETAS Y CANALES COLECTORES DE ESCORRENTÍAS .....	65
TABLA 29. DIMENSIONAMIENTO ADOPTADAS PARA CUNETAS COLECTORAS DE ESCORRENTÍAS.....	66
TABLA 30. VERIFICACIÓN DE ESTABILIDAD DE CANALES COLECTORES DE ESCORRENTÍAS .....	66
TABLA 31. DISEÑO DE ELEMENTOS DE RUGOSIDAD ARTIFICIAL .....	66
TABLA 32. CÁLCULO DE CAUDALES RECOLECTADOS POR LOS SUBDRENES.....	67
TABLA 33. CÁLCULO DE DIÁMETRO DE TUBERÍA PERFORADA Y SUBDREN DE ZANJA.....	67
TABLA 34. DETALLE DE IMPLANTACIÓN DE ESPECIES VEGETALES .....	68

## ÍNDICE DE ECUACIONES

ECUACIÓN 1. FACTOR DE SEGURIDAD.....	10
ECUACIÓN 2.CAUDALES MÁXIMOS PROBABLES.....	12
ECUACIÓN 3.TIEMPO DE CONCENTRACIÓN.....	12
ECUACIÓN 4. ECUACIÓN DE MANNING .....	14
ECUACIÓN 5. VELOCIDAD MEDIANTE LA FÓRMULA DE CHEZY .....	15
ECUACIÓN 6. COEFICIENTE C .....	15
ECUACIÓN ÁREA HIDRÁULICA, PERÍMETRO MOJADO Y ANCHO SUPERFICIAL DEL CANAL.....	55
ECUACIÓN 8. BORDE LIBRE .....	56
ECUACIÓN 9.BORDE LIBRE EN CANAL .....	56
ECUACIÓN 10. ESFUERZO CORTANTE PROMEDIO .....	59
ECUACIÓN 11. ESFUERZO CORTANTE EN EL CANAL A LA MÁXIMA PROFUNDIDAD .....	59
ECUACIÓN 12. VELOCIDAD PERMISIBLE DE FLUJO.....	59
ECUACIÓN 13. CAUDAL DEL SUBDREN.....	61
ECUACIÓN 14. CAUDAL DEL INFILTRACIÓN.....	61
ECUACIÓN 15. CAUDAL DE ABATIMIENTO .....	61
ECUACIÓN 16. DIÁMETRO DE LA TUBERÍA PERFORADA PARA EL SUBDREN, .....	62

## ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1. DESLIZAMIENTO EN SUELOS BLANDOS .....	7
FIGURA 2. DESLIZAMIENTO ROTACIONAL.....	8
FIGURA 3. DESLIZAMIENTO TRASLACIONAL.....	8
FIGURA 4. ESQUEMA DE FACTORES CONDICIONANTES Y DESENCADENANTES .....	9
FIGURA 5. ESQUEMA DE LA FÓRMULA DE RESISTIVIDAD ELÉCTRICA.....	11
FIGURA 6. LOCALIZACIÓN DE LAS ZONAS DE ESTUDIO RESPECTO A LOJA.....	21
FIGURA 7. MAPA GEOLÓGICO ESQUEMÁTICO DE LA PROVINCIA DE LOJA.....	25
FIGURA 8. COLUMNA ESTRATIGRÁFICA DE LA CUENCA DE LOJA .....	26
FIGURA 9. GEOLOGÍA LOCAL KM 2+900 Y KM 4+500 .....	27
FIGURA 10. LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO TALUD 1 KM 2+900.....	28
FIGURA 11. TOPOGRAFÍA TALUD 1 KM 2+900 – POLÍGONO 1 APC.....	28
FIGURA 12. LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO TALUD 2 KM 4+500.....	29
FIGURA 13. TOPOGRAFÍA TALUD 2 KM 4+500 – POLÍGONO 2 URNA .....	29
FIGURA 14. PRECIPITACIÓN MEDIA MENSUAL QUE SE REGISTRA EN LA ZONA DE ESTUDIO .....	30
FIGURA 15. SONDAJE ELÉCTRICO VERTICAL NO. 1 KM 2+900 .....	33
FIGURA 16. PERFIL DEL NIVEL FREÁTICO KM 2+900 .....	34
FIGURA 17. SONDAJE ELÉCTRICO VERTICAL NO.2 KM 4+500 .....	35
FIGURA 18. PERFIL DEL NIVEL FREÁTICO KM 4+500 .....	36
FIGURA 19. ÁREA DE ESTUDIO TALUD 1 KM 2+900.....	37
FIGURA 20. ÁREA DE ESTUDIO TALUD 2 KM 4+500.....	38
FIGURA 21. ALCANTARILLA COLAPSADA Y COLMATADA CON SEDIMENTOS .....	38
FIGURA 22. MODELIZACIÓN DEL TALUD KM 2+900 POR EL MÉTODO DE ELEMENTOS FINITOS .....	39
FIGURA 23. MODELIZACIÓN DEL TALUD KM 4+500 POR EL MÉTODO DE ELEMENTOS FINITOS .....	40
FIGURA 24. TALUD KM 2+900 DISTRIBUCIÓN DE ESFUERZOS PRINCIPALES .....	40
FIGURA 25. TALUD KM 4+500 DISTRIBUCIÓN DE ESFUERZOS PRINCIPALES. ....	41
FIGURA 26. TALUD KM 2+900 MÁXIMO ESFUERZO POR CORTANTE .....	41

FIGURA 27. TALUD KM 4+500 MÁXIMO ESFUERZO POR CORTANTE .....	42
FIGURA 28. TALUD KM 2+900 DESPLAZAMIENTO HORIZONTAL .....	42
FIGURA 29. TALUD KM 4+500 DESPLAZAMIENTO HORIZONTAL .....	42
FIGURA 30. TALUD KM 2+900 DESPLAZAMIENTO ABSOLUTO .....	43
FIGURA 31. TALUD KM 4+500 DESPLAZAMIENTO ABSOLUTO .....	43
FIGURA 32. TALUD KM 2+900 MODELACIÓN DEL CONTORNO INICIAL Y EL CONTORNO FINAL .....	43
FIGURA 33. TALUD KM 4+500 MODELACIÓN DEL CONTORNO INICIAL Y EL CONTORNO FINAL . .....	44
FIGURA 34. TALUD KM 2+900 PERFIL 1 MODELACIÓN IMPLEMENTADA.....	47
FIGURA 35. TALUD KM 2+900 PERFIL 1 GRÁFICA DE FACTOR DE SEGURIDAD VS. DESPLAZAMIENTO ...	47
FIGURA 36. TALUD KM 2+900 PERFIL 2 MODELACIÓN IMPLEMENTADA.....	47
FIGURA 37. TALUD KM 2+900 PERFIL 2 GRÁFICA DE FACTOR DE SEGURIDAD VS. DESPLAZAMIENTO ...	48
FIGURA 38. TALUD KM 2+900 PERFIL 2 MODELACIÓN IMPLEMENTADA.....	48
FIGURA 39. TALUD KM 4+500 PERFIL 1 MODELACIÓN IMPLEMENTADA.....	50
FIGURA 40. TALUD KM 4+500 PERFIL 1 GRÁFICA DE FACTOR DE SEGURIDAD VS. DESPLAZAMIENTO ...	50
FIGURA 41. TALUD KM 4+500 PERFIL 1 MODELACIÓN IMPLEMENTADA.....	51
FIGURA 42. SECCIÓN TÍPICA DE CUNETAS TRAPEZOIDAL Y SUS ELEMENTOS .....	55

## RESUMEN

La cuenca de Loja presenta varios problemas relacionados con taludes inestables que afectan su normal funcionamiento y representan un riesgo para la población existente a su alrededor y a la infraestructura vial.

El presente trabajo analiza la estabilidad de las laderas Km 2+900 y Km 4+500 de la vía Loja – Catamayo en el que diferentes factores desencadenaron un movimiento de masa.

Se realizó una modelación por medio de software phase, analizando como factor primordial desencadenante el agua. Aplicando el método de elementos finitos **MEF**, se realiza el análisis de las capas actuantes de los deslizamientos y las zonas de falla presentes aplicando el método de reducción del esfuerzo cortante. Se modeló en función de las propiedades físico – mecánicas originales del talud y el nivel freático, para proponer la medida de mitigación a cada ladera y evaluar los factores de seguridad y valores de desplazamientos obtenidos.

**Palabras Clave:** movimientos de ladera, modelación, agua, desplazamiento.

## ABSTRACT

The watershed of Loja presents several problems related to unstable slopes that affect its normal functioning and represent a risk for the existing population around it and the road infrastructure.

The present work analyzes the stability of the slopes Km 2 + 900 and Km 4 + 500 of the Loja - Catamayo road in which different factors triggered a mass movement.

A modeling was done by means of software phase, analyzing as the primary triggering factor the water. Applying the finite element method **MEF**, the analysis of the layers of the slides and the fault zones are performed, applying the shear reduction method. It is modeled according to the original physical and mechanical properties of the slope and the water table, to propose the mitigation measure to each slope and to evaluate the safety factors and values of displacements obtained.

Key words: slope movements, modeling, water, displacement.

## INTRODUCCIÓN

En los últimos años uno de los problemas que se ha observado en nuestra ciudad y en nuestro país en relación al movimiento de laderas, es la falta de medidas de mitigación en los sectores donde existen amenazas de movimientos de masa. La cuenca de Loja no es la excepción ante éste tipo de amenazas, debido al incremento acelerado del crecimiento demográfico, asentamiento en zonas de riesgo, a su topografía irregular, precipitaciones elevadas y materiales geológicos de baja resistencia, se han producido afectaciones de viviendas con múltiples daños materiales, así como afectaciones en la infraestructura vial.

En la ciudad de Loja encontramos elevaciones desde 800 a 3759 msnm, con una precipitación media anual de 750 a 2000 milímetros, a lo que se incrementa el debilitamiento de la protección vegetal en laderas y pendientes; esto provoca que el periodo de invierno aumente el riesgo de deslizamientos y derrumbes en las poblaciones. Los factores predominantes para la presencia de movimientos en masa en la hoya de Loja y para puntualizar en el sector Noroeste en la vía Loja – Catamayo km 2+900 y km 4+500, es la topografía del terreno, por lo que se ha generado un mapa de pendientes y litología, que al existir numerosos cuerpos arcillosos y limos arcillosos intercalados con areniscas, seguido de las precipitaciones se genera una degradación de suelos, e inestabilidad de los taludes.

Un deslizamiento se define como un movimiento de masa formado por diferentes clases de materiales como suelo, roca, rellenos artificiales y combinaciones de los mismos bajo la acción de la gravedad o algún factor geológico, geomorfológico, físico y humano (Ayala et al., 1986). La precipitación, movimientos sísmicos o socavamiento basal, están considerados como agentes detonantes y su presencia en determinadas zonas genera un aumento de la presión vertical o reducción de la cohesión de los materiales, acelerando su colapso.

Aplicando el método de elementos finitos se obtendrá el factor de seguridad de las laderas en estudio basándose en la relación tensión deformación que se produce en un determinado material durante el proceso de deformación hasta llegar al punto de rotura, en este proceso se producen varios estados tensionales en las distintas zonas del talud, permitiendo modelizar este cambio a partir de un modelo geométrico representativo, considerando las características litológicas, freáticas que tenga el talud, obteniéndose valores de los desplazamientos, deformaciones y tensiones que se van generando. Por lo tanto el presente tema de investigación tiene como finalidad dar una alternativa de solución a él o los factores que generan este movimiento.

## **Objetivos**

### **Objetivo general.**

Análisis de la variación del Factor de seguridad mediante el método de elementos finitos aplicados en los taludes vía Loja – Catamayo en el km 2+900 y km 4+500 ubicadas en el sector Norte de la ciudad de Loja en función de la surgencia de suelos cuaternarios.

### **Objetivo específico.**

- ✓ Recopilar la información bibliográfica sobre el tema de estudio.
- ✓ Recolección de datos de campo y laboratorio de los taludes km 2+900 y 4+500
- ✓ Análisis de factores desencadenantes el movimiento de masas.
- ✓ Determinar el factor de seguridad mediante la utilización del software phase del talud en el km 2+900 y talud del km 4+500 de la vía Loja – Catamayo.
- ✓ Recomendar la medida estabilizadora posterior al análisis de resultados en base al factor desencadenante asumido como la mayor incidencia para el deslizamiento.

## **Diseño metodológico**

La investigación posee una metodología cuantitativa, esta metodología a seguir es mediante fundamentación teórica en base al proyecto, de las diferentes visitas efectuadas en las laderas, adicional a identificar en campo los posibles factores desencadenantes, se realizó una recopilación de información que existe sobre las dos laderas de estudio planteadas: resultados de ensayos de campo, información hidrológica, piezómetros y sísmica de refracción.

Con la información obtenida, ensayos realizados de clasificación de suelos y triaxial de la ladera del km 2+900 y km 4+500, se identificó el tipo de deslizamiento en función del movimiento, para establecer un método de estabilización en base a los movimientos que tienen estas laderas.

La topografía levantada en la ladera 2+900 y 4+500 son la base para el trazado de los diferentes perfiles, los mismos que poseen las características litológicas para evaluarlos en el software mediante el método de elementos finitos, este método efectúa el análisis de las capas actuantes de los deslizamientos y las zonas de falla presentes aplicando el método de reducción del esfuerzo cortante.

Con los resultados obtenidos del Factor de Seguridad de cada uno de los perfiles en la ladera del Km 2+900 y km 4+500 se plantea una alternativa de solución al deslizamiento, recomendaciones y conclusiones del estudio.

## **CAPITULO I. CONCEPTOS INTRODUCTORIOS**

## 1. Marco Teórico

Al llevar a cabo la evaluación de los componentes de riesgo por movimiento de ladera, se debe destacar los principales conceptos para unificar la terminología a usarse. De esta manera se definen algunos conceptos en los siguientes apartados de acuerdo a su importancia, así se tiene:

### 1.1. Movimientos de ladera

Varnes, (1978). Los movimiento de una masa de suelo, roca o derrubios, hacia abajo y/o hacia fuera que forman la ladera o talud, por causa de la gravedad a partir de un factor detonante o factor natural desencadenante como son, los sísmicos, presión de gases y exceso de humedad.

### 1.2. Susceptibilidad

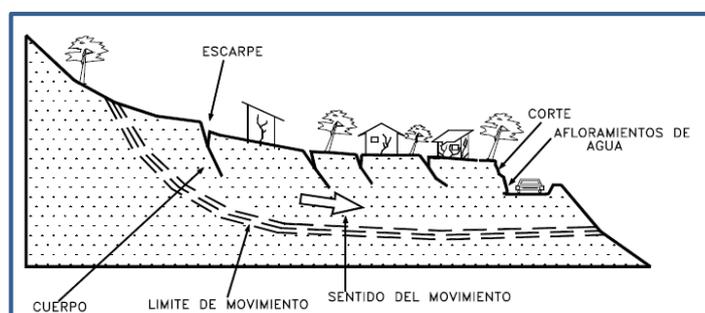
Suarez, (2001) Manifiesta que la susceptibilidad, indica la facilidad con la que un fenómeno suele ocurrir sobre la base en las condiciones locales del terreno. La susceptibilidad es una propiedad del terreno que indica lo favorable o desfavorable que son las condiciones de éste, para que puedan suceder deslizamientos.

### 1.3. Reptación

Se describe al movimiento de suelo subsuperficial y se presenta de lento a extremadamente lento, es progresivo excepto para largos periodos de tiempo. No existen superficies de cizalla definida, la inclinación de árboles, cercas y arbusto describe la evidencia de este movimiento.

### 1.4. Deslizamiento

Es un desplazamiento de corte a lo largo de la superficie, que suele detectarse fácilmente (Figura 1.). Estos deslizamientos pueden estar comprendidos por una o varias masas que se mueven y surgen de los procesos naturales o a la desestabilización de masas de tierra por los cortes, rellenos, deforestación causado por el ser humano. (Suarez Diaz 1998)



**Figura 1.** Deslizamiento en suelos blandos

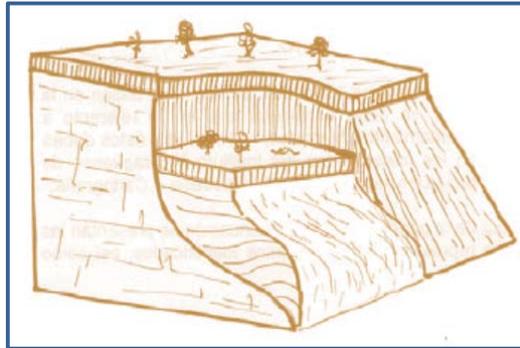
**Fuente:** Suarez 1998

**Elaborado por:** El autor

## 1.5. Tipos de deslizamiento

### 1.5.1. Deslizamientos rotacionales

El movimiento tiene un deslizamiento de circular a cóncavo, alrededor de un eje dispuesto paralelamente al talud (Figura 2.). Castro (2000) menciona: Este tipo de deslizamiento ocurre en suelos cohesivos homogéneo, en materiales arcillosos y sobre todo al existir la presencia de agua, la parte baja deslizante puede evolucionar hacia un deslizamiento de tierras.



**Figura 2.** Deslizamiento rotacional

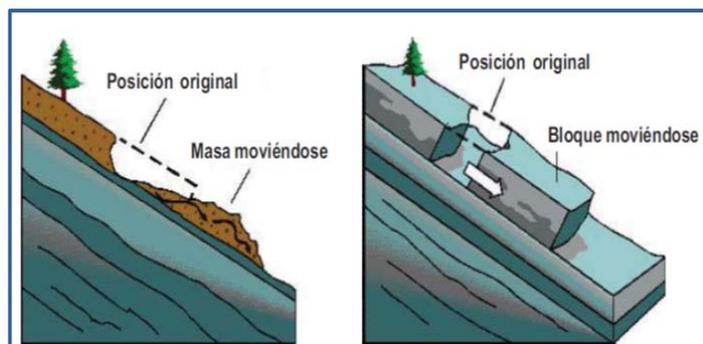
**Fuente:** Inestabilidad de laderas (2005). Disponible en [www.usgs.gov](http://www.usgs.gov).

**Elaborado por:** El autor

La velocidad de este deslizamiento va de lenta a moderada, dependiendo de la inclinación de la superficie de rotura al pie del deslizamiento.

### 1.5.2. Deslizamientos traslacionales

Este tipo de deslizamiento tiende a moverse a lo largo de la superficie de falla plana u ondulada. Castro (2000), indica que: en estos desplazamientos de traslación, la masa se mueve inicialmente con la misma velocidad y trayectoria paralela, logrando fragmentar, lo que puede convertirse en un flujo, especialmente en laderas de elevada pendiente (Figura 3.).



**Figura 3.** Deslizamiento traslacional

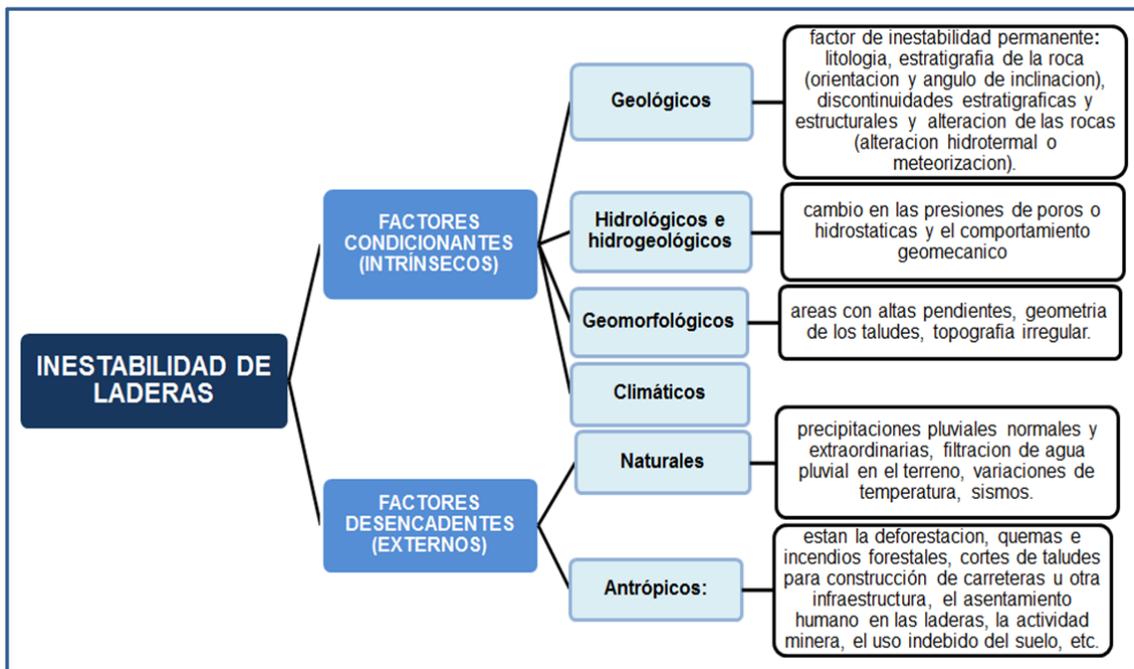
**Fuente:** Inestabilidad de laderas (2005). Disponible en [www.usgs.gov](http://www.usgs.gov).

**Elaborado por:** El autor

## 1.6. Factores condicionantes y desencadenantes

El reconocer los factores que **condicionan** la estabilidad de los taludes y aquellos otros que actúan como **desencadenantes** de los movimientos son de importancia para el análisis del movimiento de laderas.

La susceptibilidad de que se originen movimientos en laderas está restringida por las características de la litología, su estructura geológica, condiciones hidrogeológicas y la morfología que posea el área determinada. A continuación se indican algunos de los factores que influyen en la estabilidad de los taludes (Figura 4.).



**Figura 4. Esquema de factores condicionantes y desencadenantes**

**Fuente:** Metodologías para el análisis y manejo de los riesgos naturales (MET-ALARN), (2005). Inestabilidad de laderas, p. 13. Disponible en: [www.prevac.org.ni/files/doc/1161727607\\_DESLIZAMIENTO.pdf](http://www.prevac.org.ni/files/doc/1161727607_DESLIZAMIENTO.pdf)

**Elaborado por:** MET-ALARN 2005

## 1.7. Factor de seguridad

El factor de seguridad se define como el factor de amenaza para que falle el talud en las peores condiciones de diseño. Fellenius (1922) indica la relación directamente proporcional a la resistencia al cortante disponible e inversamente proporcional al esfuerzo al cortante actuante que tratan de generar la falla.

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

Ecuación 1.

## 1.8. Método tenso - deformacional

Es un método radicado en la relación de tensión – deformación que en un determinado material se produce durante el proceso de deformación hasta llegar al punto de rotura.

Es importante destacar que en el talud se presentan varios estados tensionales pero en distintas zonas, el generar un modelo geométrico para su análisis a través de un software incluyendo sus características litológicas, niveles freáticos y otros parámetros requeridos; se obtiene valores correspondientes a desplazamientos, deformaciones y tensiones generados a partir del análisis plástico mediante el método de elementos finitos.

### 1.8.1 Método de elementos finitos

Este método divide la masa de suelo en pequeñas unidades llamadas elementos finitos, estos elementos cumplen la función de interconectarse en sus nodos y bordes predefinidos. El desplazamiento de masas da como resultados esfuerzos y desplazamientos en los puntos nodales (Suarez, 1998).

Las características que deben presentarse para el análisis por elementos finitos son:

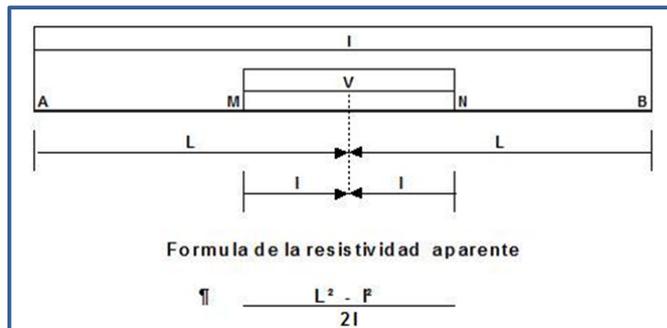
- Mantener en cada punto el equilibrio de esfuerzos, la cual se realiza mediante la teoría elástica para indicar los esfuerzos y deformaciones.
- Debe satisfacerse las condiciones de esfuerzos de frontera.
- Asumir una malla de elementos con sus respectivos nodos y sus propiedades elastoplásticas de los materiales.

La evaluación del factor de seguridad utilizando elementos finitos es mediante el criterio de Mohr- Coulomb el cual se evalúa realizando una reducción de los parámetros de resistencia al cortante (SSRFEM)  $c'$  y  $\phi'$  del suelo y provocando a una falla del análisis.

### 1.9. Método eléctrico

La resistividad eléctrica es un método geofísico que genera un campo eléctrico artificial mediante la emisión de corriente continua en dos electrodos de emisión conocidos como A y B. Al mismo tiempo se mide la diferencia de potencial en dos electrodos conocidos como M y N, los cuales están dispuestos en el terreno según un dispositivo espacial que diferencia el método utilizado. En el presente caso se realizan los SEV, para lo cual, se utilizó el dispositivo de Schlumberger, en un mismo perfil longitudinal los electrodos MN se localizan en forma simétrica a una distancia  $\pm 1/3$  de AB.

Los resultados de resistividad aparente obtenidos en el campo son graficados en una base bilogarítmica, para comprobar la bondad del método y posteriormente es comparada con curvas patrón las cuales permiten la interpretación manual. Esta interpretación da como resultado en el punto del SEV, la variación de la resistividad verdadera y las fronteras que diferencian a las capas geológicas. Esta definición puede ser correlacionada con la litología, estado de humedad, porosidad, salinidad del agua, etc.



**Figura 5.** Esquema de la fórmula de resistividad eléctrica  
**Fuente:** MTOP, Loja  
**Elaborado por:** La autora

#### SIMBOLOGIA

A y B            Electrodo de corriente  
M y N           Electrodo de potencial  
L/2 y l/2       Distancia media entre electrodos

Para ejecutar los Sondajes eléctricos verticales, se utilizó la configuración Schlumberger, para espaciamientos de electrodos de emisión-corriente que fluctuó los 100 a 200m de AB.

## 1.10. Hidrología

- Caudales máximos probables

El caudal de diseño para la obras de drenaje se determina mediante el Método Racional, el cual es recomendado para cuencas de drenaje menores a 400 ha (4km<sup>2</sup>), el MTOP recomienda este método para cuencas montañosas menores a 160 ha (1.6 km<sup>2</sup>). La expresión general de este método se expresa como:

$$Q: C.I.A/360$$

Ecuación 2.

Donde:

Q = Caudal máximo probable m<sup>3</sup>/s

C = Coeficiente de Escorrentía

I = Intensidad media de precipitación de duración igual al tiempo de concentración (mm/h)

A = Área de drenaje de las estructuras hidráulicas (ha)

- Tiempo de concentración

El tiempo de concentración se determina mediante la expresión de Rowe and Thomas (1942), usado para pequeñas cuencas montañosas:

$$T_c: 0,0195 \left( L^3 / H \right)^{0,385}$$

Ecuación 3.

Donde:

T<sub>c</sub> = Tiempo de concentración (min)

H = Desnivel entre el extremo del área de aporte y el punto de descarga (m)

L = Longitud del cauce principal (m)

## 1.11. Hidráulica: drenaje y subdrenaje

Existen varios métodos de drenaje superficial y profundo, entre los sistemas más comunes se pueden citar los siguientes:

- Cunetas de coronación o canales colectores (drenaje superficial).
- Subdrenes de Zanja o subdrenes interceptores.
- Subdrenes horizontales o de penetración.

- Cortinas subterráneas.
- Galerías y túneles de drenaje.
- Drenes verticales.
- Trincheras estabilizadoras.
- Pantallas de drenaje.
- Pozos de drenaje.

### **1.11.1. Drenaje Superficial**

El objetivo principal del drenaje superficial es mejorar la estabilidad del talud reduciendo la infiltración y evitando la erosión, los sistemas de recolección de aguas superficiales deben captar la escorrentía del talud, así como de la cuenca de drenaje arriba del sitio afectado y conducir el agua a lugares seguros lejos del sitio que se pretende estabilizar.

En lo posible, el agua de escorrentía debe ser desviada antes de que alcance el área del deslizamiento, lo cual puede conseguirse mediante la construcción de cunetas o zanjas interceptoras en la parte alta del talud.

En lo que respecta al agua de lluvia que sobre la superficie del talud, esta debe ser evacuada lo más rápidamente posible, para evitar daños al talud, por erosión, almacenamiento o infiltración; lo cual puede ser evitado, implementando en el talud medidas que favorezcan el drenaje, como por ejemplo: sellado de grietas con arcilla, empradización (plantación de pasto sobre los taludes), imprimación del talud con asfalto, recubrimiento con plásticos, recubrimiento con enrocado, reconfiguración del talud y alcantarillas superficiales.

Entre las alternativas de captación y evacuación de aguas superficiales se pueden mencionar: cunetas de coronación, canales colectores, canales con rugosidad artificial (canales de gran pendiente), las cuales se describen a continuación.

### **1.11.2. Cunetas de Coronación**

Las zanjas de coronación son implantadas en la parte alta de un talud, con la finalidad interceptar y evacuar las escorrentías, para evitar su paso por el talud. La cuneta de coronación no debe construirse cerca del borde superior del talud, para evitar que se convierta en agente activador de deslizamientos o de falla de la corona del talud. Es

recomendable que las zanjas de coronación sean impermeabilizadas y que tengan una pendiente suficiente para garantizar el rápido drenaje del agua captada, lo cual debe ser complementando con un correcto mantenimiento (al menos dos veces al año) para garantizar su vida útil y funcionalidad.

Las dimensiones y la ubicación de la cuneta pueden variar de acuerdo con la topografía, así como del cálculo de los caudales esperados. Para pequeñas áreas de drenaje se recomienda una zanja rectangular mínimo de 0,60 m de ancho y 0,60 m de profundidad. Es conveniente que sean implantadas a lo largo de una curva de nivel y que queden lo suficientemente atrás de las grietas de tensión en la corona (Coello, 2012), a fin de garantizar un correcto drenaje.

Para determinar el caudal de diseño y el dimensionamiento de cunetas o canales se utiliza la ecuación de Manning (Chow, 1994):

$$Q = \frac{1}{n} AR^{2/3} S^{1/2}$$

Ecuación 4.

Donde:

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

N = Rugosidad

A = Área (m<sup>2</sup>)

R = Radio hidráulico: Área de la sección húmeda / Perímetro húmedo

S = Pendiente del canal

### 1.11.3. Canales Colectores

Cuando se implementan arreglos para estabilizar taludes, como bermas, terrazas u obras que modifiquen la morfología del terreno natural, es necesario diseñar canales que recolecten el escurrimiento superficial dentro de la zona estabilizada, estos canales deberán conducir los flujos recolectados hacia zonas seguras fuera de la zona de deslizamiento, como por ejemplo zanjas de drenaje o cauces naturales cercanos (Coello, 2012).

En los sitios donde se implementan bermas de estabilización, el flujo esperado debe ser recolectado y transportado por canales colectores hacia zonas seguras; estos canales deberán estar ubicados en la base del talud y en el punto más bajo de la berma, su forma se definirá por las necesidades existentes.

#### 1.11.4. Canales con Rugosidad Artificial (Rápidas)

Los canales rápidos se construye con pendiente igual a la del talud, generalmente con forma de canal, a lo largo del cauce se recomienda ubicar elementos que produzcan alta rugosidad, para generar un flujo amortiguado, minimizar la velocidad del agua y disipar la energía (Suarez, 2009), este tipo de sistemas es muy empleado por ser el más económico. En lo posible debe evitarse que el canal tenga demasiadas variaciones de pendiente, lo recomendable es asumir una pendiente constante; sin embargo, las características del terreno hará necesario modificar la pendiente, para asegurar la correcta evacuación de las aguas captadas.

La rugosidad artificial se genera a partir de elementos que producen un aumento de la rugosidad y disminuyen la velocidad del agua. La velocidad producida en las rápidas se determina mediante la fórmula de Chezy (Chow, 1994).

$$V = C\sqrt{RSen(\theta)}$$

Ecuación 5.

Donde:

V = Velocidad (m/s).

C = Coeficiente C, depende del tipo de rugosidad.

R = Radio hidráulico (m).

$\Theta$  = Ángulo de la pendiente longitudinal

El valor del coeficiente C se calcula mediante fórmulas empíricas en función de relaciones  $h/\sigma$  y  $b/h$  siendo:

$$\frac{100}{C} = k_1 + k_2 \frac{h}{\sigma} + k_3 \frac{b}{h}$$

Ecuación 6.

Donde:

h = Altura del agua sobre la rugosidad (m).

$\sigma$  = Altura de la rugosidad (m).

b = Ancho del canal, por general de forma rectangular.

k1, k2, k3 = Coeficientes relacionados con el tipo de rugosidad (Tabla 1)

**Tabla 1.** Coeficientes y valores límite para tipos de rugosidad artificial

TIPO DE RUGOSIDAD		COEFICIENTE			VALORES LÍMITE DE C	
	Forma	k1	k2	k3	Min.	Máy.
1	Tipo W	116.1	-6.1	-1.2	11.85	35.09
2	Tipo V	85.8	-3.9	-0.8	13.9	19.96
3	Barras Cortadas	54.2	-2.1	0.33	19.27	26.46
4	Dados	52	-5.1	0.8	26.04	49.75
5	Barras Continuas	47.5	-1.2	0.1	21.88	25.38

**Fuente:** Sotelo, Gilberto (1974). Hidráulica general: fundamentos.

**Elaborado por:** La autora

La distancia recomendada entre los elementos de rugosidad es de  $8\sigma$ ; debido a la disipación de energía conseguida con la rugosidad artificial, el flujo no es acelerado como en canales de gran pendiente, sino que la velocidad adquiere un valor constante después de un recorrido relativamente corto. Los experimentos han demostrado que la fórmula es valedera para valores de:  $h/\sigma > 3$  pues de no cumplirse esta condición, el flujo se deforma y pierde su estabilidad.

#### 1.11.5. Subdrenaje

Las técnicas de subdrenaje son uno de los métodos más efectivos para la estabilización de deslizamientos, su aplicación tiene por objeto reducir la presión de poros o impedir que esta aumente; si la presión de poros disminuye, la resistencia del suelo se incrementa. El diseño de sistemas de subdrenaje es algo complejo, debido a que la mayoría de los taludes no son homogéneos y que el movimiento del agua en los taludes es irregular y complejo, lo cual hace difícil aplicar principios sencillos en el diseño de obras de subdrenaje. Los subdrenes de zanja constituyen un sistema de tratamiento muy bueno y de costo moderado para deslizamientos poco profundos y con niveles freáticos superficiales.

Los subdrenes deben ser ubicados de tal forma, que intercepten la mayor cantidad de agua. En el caso de bermas, se incluye Subdrenajes bajo los canales colectores y las cunetas de coronación; es decir, las líneas de flujo de agua a través de la masa del suelo deben ser captadas en el subdrenaje, con la finalidad de abatir el nivel freático y absorber las aguas producto de la infiltración (Mexichem, 2012).

## **1.12. ESTABILIZACIÓN DE TALUDES CON VEGETACIÓN**

La experiencia adquirida, ha demostrado que la vegetación tiene un efecto positivo en la estabilidad de taludes, la presencia de vegetación nativa, así como de vegetación sembrada de forma adecuada, contribuyen a evitar problemas de erosión, reptación y fallas subsuperficiales. El tipo de vegetación ubicada sobre el talud y en la parte superior del mismo, es un elemento importante para su estabilidad, ya que cumple dos funciones principales.

- a) Tiende a determinar el contenido de agua en la superficie y aportar consistencia con el entramado mecánico de sus raíces.
- b) Actúa controlador de infiltraciones, ya que tiene un efecto directo sobre el régimen de aguas subterráneas y actúa posteriormente como secador del suelo al tomar agua para su subsistencia.

La revegetación de un talud ayuda a controlar la erosión y aumentar el factor de seguridad. El efecto de la vegetación es una interacción compleja entre factores hidrológicos y mecánicos de difícil cuantificación. El establecimiento de vegetación no es fácil y deben tenerse consideraciones especiales para su diseño, tradicionalmente el proceso de revegetación de taludes se ha concentrado en el uso de pastos olvidándose de los arbustos, hierbas y árboles. Como regla general, nunca debe plantarse una sola especie, sino una sucesión de variedades en tal forma que se recupere el sistema vegetativo original. Se debe considerar además el manejo apropiado de las técnicas de vegetación para ayudar en el proceso natural de sucesión (Suárez, 2009).

### **1.12.1. Bioingeniería**

La estabilización de taludes por el uso combinado de vegetación y elementos estructurales adicionales trabajando de una manera conjunta e integrada, se le conoce como estabilización Biotecnológica de taludes (Suarez, 2009). Las técnicas de bioingeniería utilizan plantas vivas como elemento constructivo en procesos de estabilización de taludes, estos elementos pueden estar integrados con materiales inertes, como por ejemplo: material leñoso, piedras, mallas metálicas, geotextiles o productos sintéticos. Las técnicas de bioingeniería se pueden dividir en tres grandes grupos.

- **Técnicas de recubrimiento**

Son utilizadas para evitar la erosión superficial, se distinguen las siguientes:

- a) Siembras de diversos tipos, con o sin acolchados.
- b) Hidrosiembras tanto de especies herbáceas como especies leñosas.
- c) Mantas y redes orgánicas.

- **Técnicas de estabilización**

Permiten estabilizar el terreno hasta dos metros de profundidad, se basan en la utilización de plantas leñosas obtenidas por reproducción vegetativa, que se colocan en filas horizontales. Las plantas tienen que tener la capacidad de emitir raíces adventicias de manera que formen un entramado que permita la sujeción del terreno. Dentro de estas técnicas se pueden citar:

- a) Fajinas vivas.
- b) Paquetes de matorral.
- c) Estaquillados de sauces.
- d) Lechos de ramaje.
- e) Esteras de ramas.
- f) Empalizada.

- **Técnicas mixtas**

Estas combinan la utilización de elementos vegetales con materiales inerte como: madera, acero galvanizado, piedra, hormigón, etc. El material inerte actúa como estabilizador hasta que las plantas sean capaces de realizar esta función. Dentro de estas técnicas se encuentran:

- a) Fajinas mixtas.
- b) Gaviones revegetados.

- **Selección de especies vegetales**

La selección de especies vegetales que se utilizaran en un proyecto de estabilización de taludes, debe ser realizada con la ayuda de expertos forestales, lo cual permitirá determinar seleccionar de manera adecuada la especie de pasto, hierba, arbusto o árbol que se debe

utilizar en cada caso, además se debe considerar la experiencia local, así como las diferencias de tolerancias y hábitos de las especies vegetales disponibles.

El tipo de vegetación que cubre un talud tiene efecto sobre la estabilidad, por ejemplo, los deslizamientos de suelo son de 3 a 5 veces más frecuentes en aquellos taludes cubiertos por pastos que en aquellos cubiertos por maleza y arbustos. Los deslizamientos en taludes cubiertos por pasto son más cortos y más anchos y ocurren a ángulos de inclinación menores, que en aquellos cubiertos por maleza (Suárez, 2009).

La especie vegetal debe seleccionarse para que sea compatible con las condiciones del suelo y del sitio (disponibilidad de agua, nutrientes, PH, clima, regulaciones gubernamentales, etc.). La vegetación maderable posee raíces más profundas y más resistentes que las plantas herbáceas y pastos, y provee un mejor refuerzo y efecto de arco (Suárez, 2009).

## **PARTE II. MARCO GENERAL DE LA ZONA DE ESTUDIO**

## 2. Marco general de la zona de estudio

### 2.1. Localización

La vía Loja – Catamayo es una de la vías de primer orden en nuestra ciudad, el área de estudio se encuentra ubicada en el sector occidental de la hoya de Loja al estar conformada por una secuencia sedimentaria muy variada.

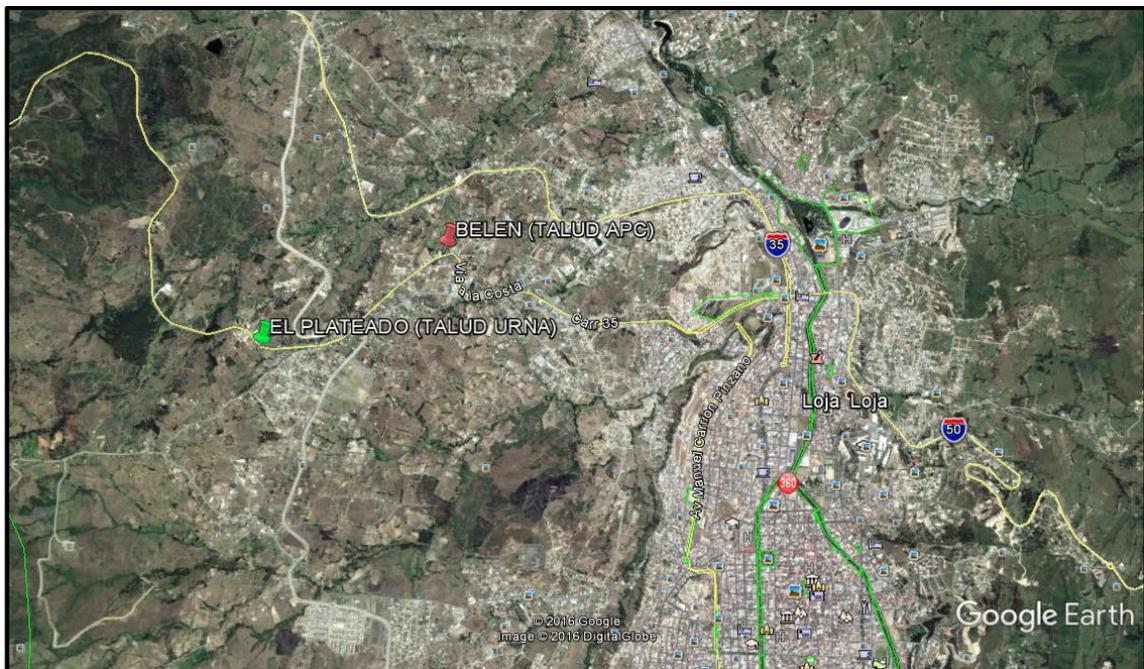
Las áreas de estudio se encuentran ubicada en la vía Loja – Catamayo KM 2+900 (Talud APC) y en el Km 4+500 (Talud URNA), la cual se encuentran enmarcados en las siguientes coordenadas (Tabla 2.):

**Tabla 2.** Coordenada de las zonas de estudio

Talud	Sector	E	N
1 - APC	Belén	696719	9560320
2 - URNA	El Plateado	695414	9559495

Fuente: El autor

Elaborado por: La autora



**Figura 6.** Localización de las zonas de estudio respecto a Loja

Fuente: Google Maps 2013

Elaborado por: La autora

## 2.2. Clima

El clima de Loja es templado andino, influenciado por el clima típico de la amazonia y los vientos alisios, factores que dan origen al clima, se halla sobre los 2000msnm, su temperatura fluctúa entre 14 a 21°, datos tomados de la estación meteorológica de la Argelia Loja, la precipitación mensual es de 87,22mm y se da un máximo en los meses de enero hasta abril. (Plan de desarrollo y ordenamiento territorial del Municipio de Loja, 2014)

## 2.3. Geomorfología

El área de Loja se encuentra en la Sierra Austral del Ecuador. El terreno es montañoso, con altitudes que varían de 1.200 a 3.800 msnm. El rio principal es el Zamora, cuyo drenaje se dirige al este hacia el Océano Atlántico. Lluvias y temperaturas moderadas a través del año sustentan una ligera vegetación con pocos árboles, excepto la selva tropical en los declives orientales de la Sierra.

El sector en estudio para el Talud en el km 2+900 corresponde a un terreno de pendiente que varía de 9 a 56 grados de inclinación y para el talud del km 4+500 posee una pendiente de 8 a 60 grados (Tabla 3.), como consecuencia de la presencia de niveles freáticos ha modificado la forma del relieve originando un deslizamiento tipo flujo de arcillas, la falta de vegetación arbórea en este sector es evidente, mayormente se encuentran pastizales y zonas de cultivo. Las topografías de las áreas de estudio forman diversas ramificaciones montañosas, que oscilan entre los 2100 m.s.n.m., hasta los 2250 m.s.n.m. (Anexo I).

**Tabla 3.** Rango de pendientes

RANGOS	Talud 1 km 2+900	Talud 2 km 4+500
BAJA	0° - 9°	0° - 8°
MEDIANA	10° - 16°	9° - 16°
ALTA	17° - 27°	17° - 27°
MUY ALTA	28° - 56°	28° - 60°

**Fuente:** La autora

**Elaborado por:** La autora

## 2.4. Geología

- **Geología Regional**

La cuenca de Loja, está conformada por una secuencia sedimentaria muy variada, el esquema estratigráfico de depositación se ha desarrollado en dos áreas diferentes con edades similares Cenozoico (Oligoceno – Mioceno). La serie sedimentaria en Loja es de tipo tectónico donde la secuencia deposicional está dividida tanto al oriente como al occidente por una falla inversa, yuxtaponiendo los sedimentos en sucesiones diferentes. Las cuencas de sedimentos terciarios de la hoya de Loja, están conformando las depresiones falladas del basamento metamórfico. (Hungerbuhler, 1997)

La formación geológica de la hoya de Loja comienza por el basamento y luego por la secuencia sedimentaria, de acuerdo a esto, donde se encuentra ubicado el lugar de estudio está constituido por varias formaciones geológicas, entre las cuales se puede destacar las siguientes:

### 2.4.1. Estratigrafía

La cuenca de Loja en su totalidad está conformado por rocas sedimentarias de tipo lacustre ya que en tiempos geológicos fue una laguna y está al transcurrir los años geológicos se secó depositando los sedimentos y formando los diferentes estratos o formaciones que a continuación describiremos. (Hungerbuhler, 1997):

Formación Chiguinda (Paleozoico): Está constituida fundamentalmente por rocas metamórficas como filitas, pizarras, esquistos, gneiss y cuarcitas que afloran una gran extensión que incluye las provincias de Loja y Zamora Chinchipe. Algunos estudios han determinado que la Formación Chiguinda tiene una edad paleozoica porque un granito semejante situado dentro de esta formación metamórfica ha proporcionado una edad radiométrica de 168 millones de años.

Formación Trigal (Mioceno Media): se caracteriza por areniscas de grano grueso que presentan estratificación horizontal además de planos de estratificación cruzada. Existen finas capas de limolitas y láminas finas de conglomerados.

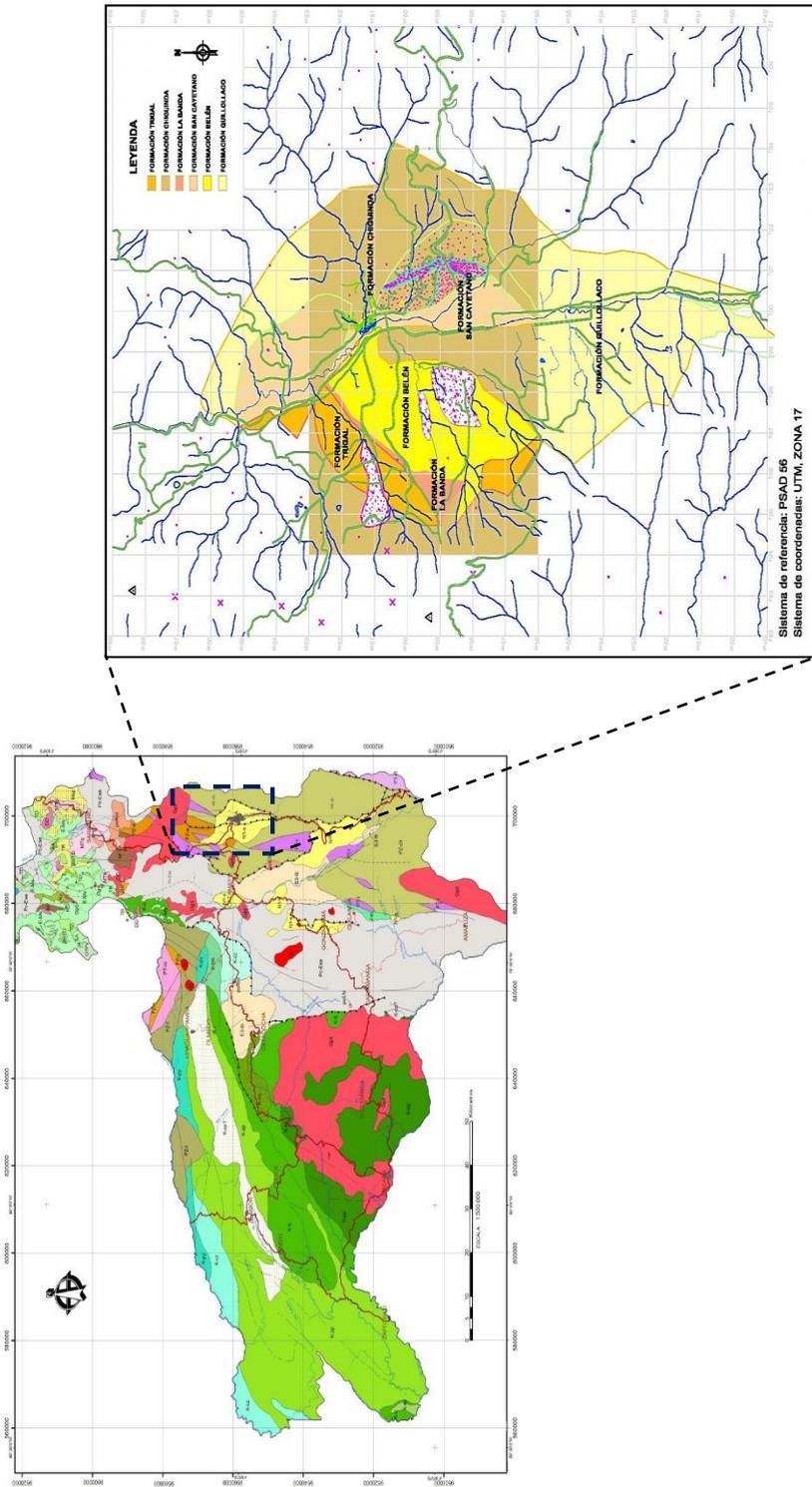
Formación La Banda (Mioceno Medio Tardío): con una potencia aproximada de 10 a 20 m. está conformada por calizas blancas, lutitas margosas, pizarras y areniscas finas de color amarillo

La Formación Belén (MB) (Mioceno Inferior): Caracterizada por gruesas capas de areniscas marrón de grano granuloso, muestran estratificación cruzada en escalas métricas, además contiene lentes de conglomerado horizontalmente estratificados. Su máximo espesor 300m está en contacto concordante con la Formación La Banda. La edad se asume al Mioceno Inferior.

Formación San Cayetano (Mioceno Tardío a Último): Se divide en tres miembros con límites transicionales. El miembro inferior de areniscas y algunas pequeñas capas de conglomerados y varias capas de carbón.

La capa intermedia del miembro de limonitas que contiene lutitas de color gris y blanco con abundante capas de diatomita. El miembro superior de areniscas tiene una litología similar a la intermedia. Tienen una edad del mioceno tardío a último

Formación Quillollaco (Mioceno Tardío): Está presente al este y oeste de la cuenca de Loja, esta formación posee conglomerados granulados con pocas muestras de areniscas.



**Figura 7.** Mapa Geológico Esquemático de la Provincia de Loja, mostrando el contexto de la cuenca sedimentaria de Loja

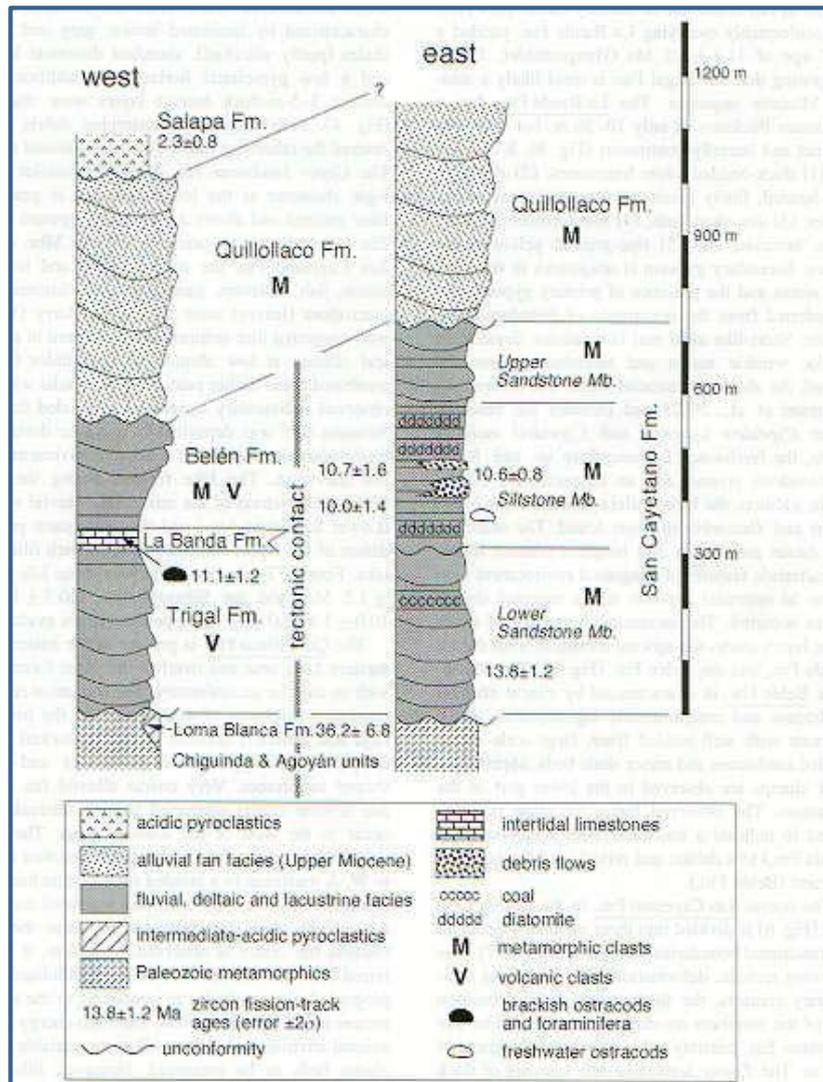
**Fuente:** SIG – UTPL.

**Elaborado por:** La autora

- **Geología Local**

La unidad litológica que corresponde a los deslizamientos pertenece a dos formaciones (Figura 7.).

- **TALUD 1 APC KM 2+900:** se encuentra influenciado por la formación Belén.
- **TALUD 2 APC KM 4+500:** Se encuentra ubicado sobre la formación Trigal.



**Figura 8.** Columna estratigráfica de la cuenca de Loja

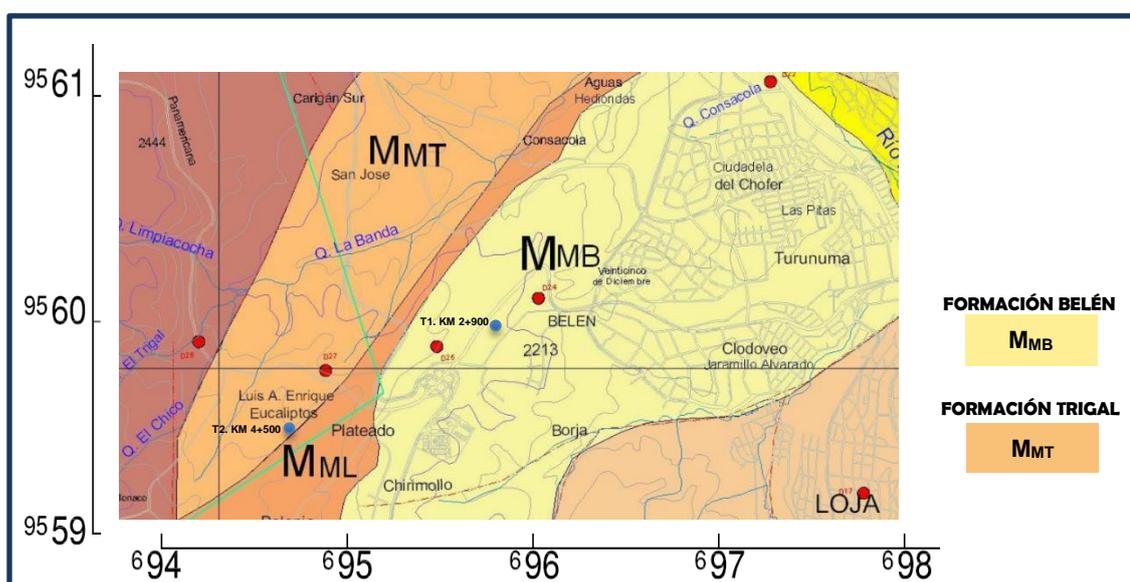
**Fuente:** Hungerbühler, 1997

**Elaborado por:** Hungerbühler

- **TALUD 1 APC KM 2+900:** Geológicamente este talud está influenciado por la formación Belén y compuesta por materiales finos, de granulometría limo – arcillosos color café claro dentro de los cuales se suspenden boleos de arenisca gris de grano fino como se indica en el perfil geológico (Anexo III.). Presenta escarpes múltiples y una variedad de grietas de tracción en todo su cuerpo. En la cabeza del deslizamiento se han acumulado

materiales de relleno, constan de bloques de rocas areniscas y gravas, también se puede encontrar materiales de bote que ha resultado de los trabajos de terraceo de la zona. (Figura 8.).

- **TALUD 2 APC KM 4+500:** Se encuentra ubicado sobre la formación Trigal (Figura8.), conformado por materiales granulares finos, su estratigrafía se compone por 0.5 m de suelos arcillosos negros de alta plasticidad sobrepuestos a suelo limo-arcillosos color café como se describe en el perfil geológico (Anexo III). Además presenta múltiples grietas de tracción. En la cabeza del deslizamiento se han acumulado materiales de relleno, cuya granulometría consta de bloques de roca metamórfica y gravas.



**Figura 9.** Geología local KM 2+900 Y KM 4+500  
**Fuente:** Tamay, J. Mapa geológico preliminar de la Hoya de Loja  
**Elaborado por:** La autora

## 2.5. Topografía

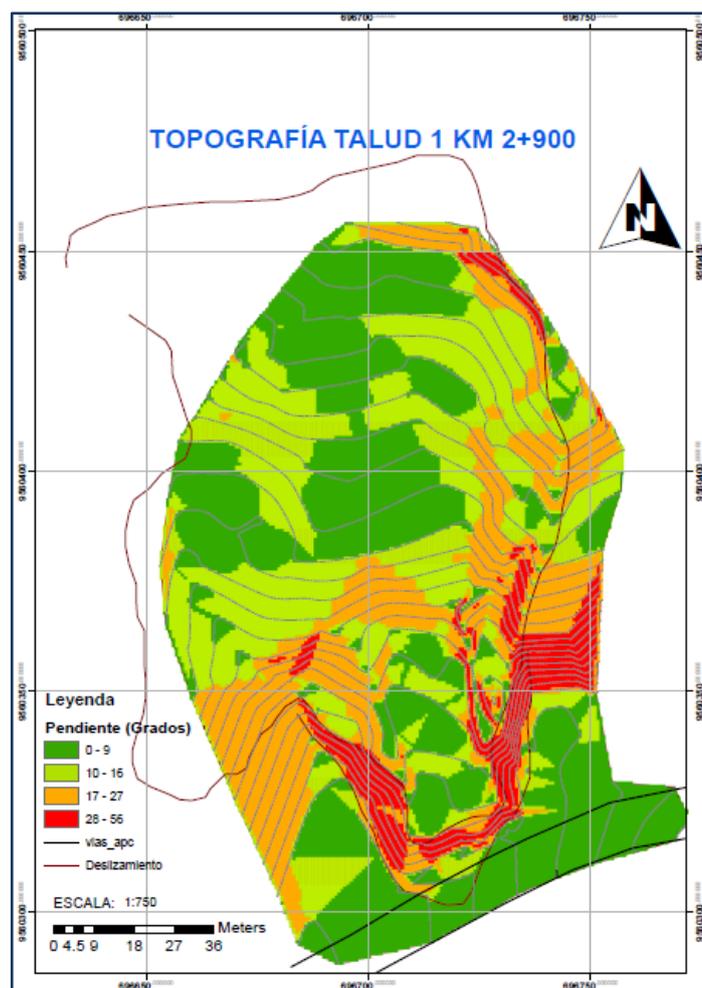
Para evaluar y visualizar el conjunto de particularidades de los polígonos 1 (APC) y polígono 2 (URNA), se realiza la toma de datos para definir sus características topográficas; en las mismas que se describe detalladamente las irregularidades del terreno, en especial los relieves de la superficie de falla, grietas de tensión, surcos de agua y vías de comunicación. (Anexo I.)



**Figura 10.** Levantamiento topográfico Talud 1 km 2+900

**Fuente:** La autora

**Elaborado por:** La autora



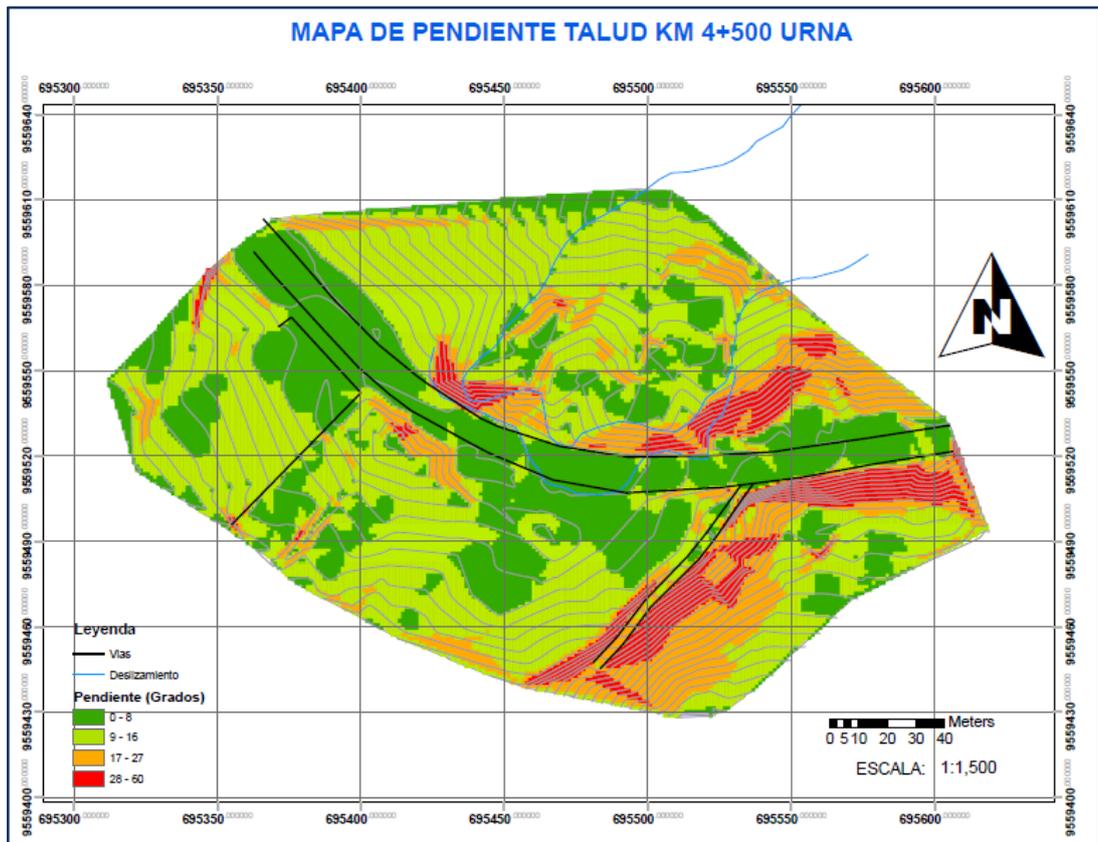
**Figura 11.** Topografía Talud 1 km 2+900 – Polígono 1 APC

**Fuente:** La autora

**Elaborado por:** La autora



**Figura 12.** Levantamiento topográfico Talud 2 km 4+500  
**Fuente:** La autora  
**Elaborado por:** La autora



**Figura 13.** Topografía Talud 2 km 4+500 – Polígono 2 URNA  
**Fuente:** La autora  
**Elaborado por:** La autora

## 2.6. Precipitación

El agua es uno de los factores desencadenantes que inciden en la forma y magnitud de los deslizamientos, a causa de las precipitaciones la infiltración que se produce en las zonas y al no existir el desfogue de las aguas genera la inestabilidad de las laderas provocado por la elevación del nivel freático. Esta cantidad de agua dependerá de factores como la vegetación de la zona, su intensidad y duración de las lluvias, tamaño de aporte de la cuenca, permeabilidad, topografía y el nivel freático inicial entre otros que deben ser analizados al realizar un estudio de estabilidad de laderas.

La ciudad de Loja, posee estaciones meteorológicas (Tabla 4.), que permiten determinar las precipitaciones mensuales en las zonas de estudio en los meses de octubre del 2016 a abril del 2017.

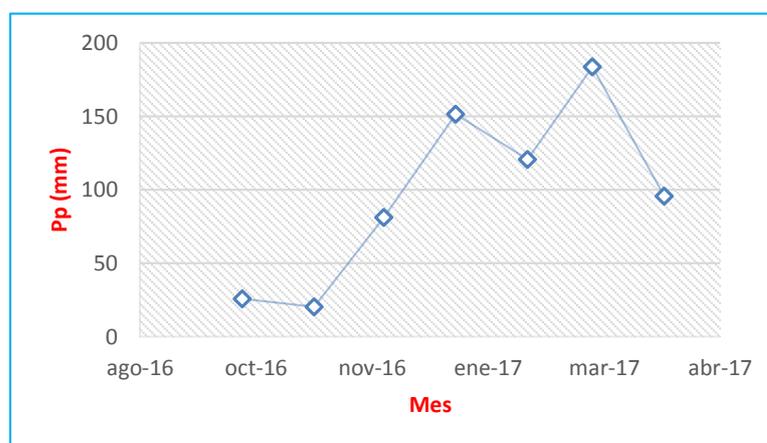
**Tabla 4.** Estaciones meteorológicas

NOMBRE	UTMX	UTMY	ALTURA
<b>Colegio Militar</b>	697901	9563240	2033
<b>Finca Jipiro Alto</b>	700975	9560679	2218
<b>Finca Colegio Técnico</b>	694294	9558872	2377
<b>Villonaco</b>	692138	9559012	2952

Fuente: Pucha Franz, Docente UCG - UTPL

Elaborado por: La autora

Para el sector norte vía Loja – Catamayo km 2+900 y 4+500 se analiza la información meteorológica de la estación Finca Colegio Técnico, se puede observar que la mayor precipitación se da en los meses de enero a marzo, siendo la más alta la precipitación del mes de marzo como se observa en la Figura 13.



**Figura 14.** Precipitación media mensual que se registra en la zona de estudio

Fuente: Pucha Franz, Docente UCG -UTPL

Elaborado por: La autora

### **PARTE III. RESULTADOS**

### 3. Caracterización geotécnica

De información recopilada de estudios realizados por el MTOP para la vía Loja – Catamayo y mediante ensayos ejecutados en campo del talud km 2+900 (APC) y km 4+500 (URNA) se indican en los siguientes cuadros las coordenadas y resultados de los sondeos eléctricos verticales.

**Tabla 5.** Coordenada de los SEV

SEV No.	Sector	E	N	COTA
1	APC km 2+900	696719	9560320	2205.5
2	URNA 4+500	695484	9559551	2245.5

Fuente: MTOP, Loja

Elaborado por: La autora

#### **TALUD KM 2+900 APC**

En el Talud 1 se obtuvo resultados del sondeo eléctrico vertical SEV 1, cuyos resultados se presentan a continuación:

**Tabla 6.** Resultados del sondaje eléctrico vertical No. 1

<b>SONDAJE ELÉCTRICO VERTICAL No. 1</b>				
Estrato No.	Profundidad Metros	Espesor Metros	Resistividad Verdadera Ohmios -metros	Geología Asumida
1 - A	1.0	1.0	260	Rellenos con arenas, limos gravas
2 - B	4.0	3.0	91	Clastos, arenas, limos
3 - C	14.4	10.4	2	Arcillas
4 - D			56	Arenisca
5				

Fuente: MTOP, Loja

Elaborado por: La autora

De acuerdo a los valores de resistividad y correlacionando con la Geología del sector, se puede deducir en forma general su correspondencia litológica de cada una de ellas, cuyas características particulares se tiene (Anexo IV):

En el sector del talud Belén el SEV No.1, presenta un pequeño lente compuesto por el asentamiento y/o deslizamiento de la carretera, se compone de materiales de relleno y una mezcla de arcillas, arenas, limos con clastos, permeabilidad regular, a continuación le sigue el estrato B, en forma de lente estratigráfico con un espesor de 10.4m, que aflora solo en la zona del SEV No. 1, constituido por sedimentos finos como las areniscas, se lo considera impermeable, finalmente bajo el estrato B obtenemos al estrato C, al que no se define su

potencia, existirá una secuencia de sedimentos finos a medios areniscas, limos y con una permeabilidad moderada.

**Tabla 7.** Características geotécnicas del suelo Talud 1 km 2+900

Material Name	Color	Initial Element Loading	Unit Weight (kN/m <sup>3</sup> )	Elastic Type	Young's Modulus (kPa)	Poisson's Ratio	Failure Criterion	Material Type	Tensile Strength (kPa)	Dilation Angle (deg)	Friction Angle (peak) (deg)	Friction Angle (residual) (deg)	Cohesion (peak) (kPa)	Cohesion (residual) (kPa)
Rellenos con arenas, limos gravas	■	Field Stress and Body Force	10.79	Isotropic	20000	0.3	Mohr Coulomb	Plastic	0	0	15	15	0	0
Clastos, arenas, limos	■	Field Stress and Body Force	16.66	Isotropic	10000	0.3	Mohr Coulomb	Plastic	9.81	0	4	4	9.81	9.81
Arcillas	■	Field Stress and Body Force	17.37	Isotropic	8000	0.4	Mohr Coulomb	Plastic	294.3	0	18	18	294.3	294.3
Areniscas	■	Field Stress and Body Force	26.38	Isotropic	30000	0.25	Mohr Coulomb	Plastic	490.5	0	22	22	490.5	490.5

**Fuente:** La autora

**Elaborado por:** La autora



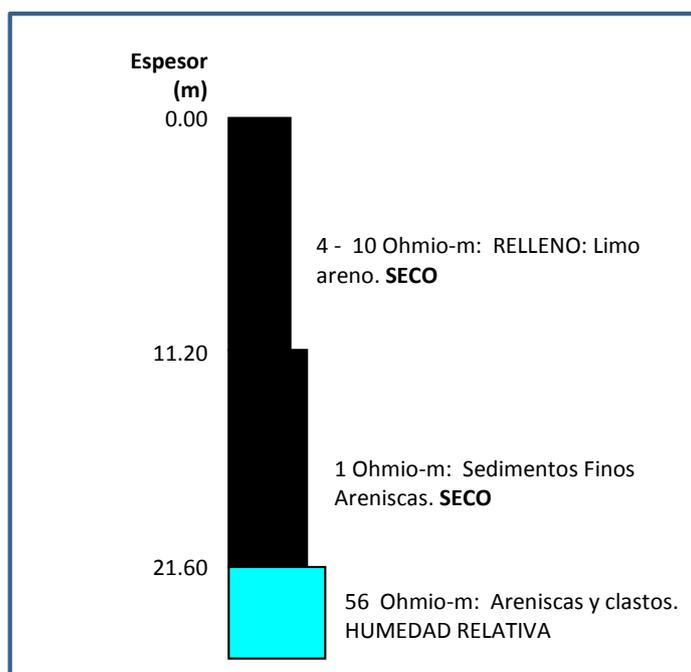
**Abscisa No 2+900 - SEV No.1, Coordenadas UTM: 696719/9560320**

**Figura 15.** Sondaje eléctrico vertical No. 1 km 2+900

**Fuente:** MTOP, Loja

**Elaborado por:** La autora

De información recolectada del MTOP se tiene que el nivel freático se encuentra a una profundidad de 21.60 m, mediante esta información de las característica geotécnica y el nivel freático se realizan las modelaciones en el software phase para obtener el factor de seguridad. (Figura 16.)



**Figura 16.** Perfil del nivel freático km 2+900

**Fuente:** MTOP, Loja

**Elaborado por:** La autora

### TALUD KM 4+500 URNA

Los datos del sondeo eléctrico vertical alcanzado en el este sector, se resumen en el cuadro que a continuación se detalla.

**Tabla 8.** Resultados del Sondaje eléctrico vertical No. 2

SONDAJE ELÉCTRICO VERTICAL No. 2				
Estrato No.	Profundidad Metros	Espesor Metros	Resistividad Verdadera Ohmios - metros	Geología Asumida
1 - A	2.0	2.0	13	Materiales sueltos arenoso limos
2 - B	11.6	9.6	5	Arcillas arenosas
3 - C	20.4	8.8	2	Arcillas
4 - D			38	Arenisca
5				

**Fuente:** MTOP, Loja

**Elaborado por:** La autora

**El estrato A**, con un espesor entre 2 m lo conforman materiales sueltos, con arenas, limos de diferente tamaño, la permeabilidad es regular, **el estrato B**, mantiene una variación en sus espesores de 9.6 a 23.1m, lo constituyen sedimentos finos, limos, arcillas se considera semipermeable, se considera **estrato C**, al que se radica como lente estratigráfico en el área del SEV No.2 con un espesor de 8.8m y compuesto por

sedimentos finos arcillosos, se considera impermeable, finalmente **el estrato D**, que aparece en todo el corte al cual no se define su potencia, existirá una alternancia de sedimentos finos a medios, como areniscas, arcillas, arenas, limos, su permeabilidad es moderada. (Anexo IV)

**Tabla 9.** Características geotécnicas del suelo Talud 2 km 4+500

Material Name	Color	Initial Element Loading	Unit Weight (MN/m <sup>3</sup> )	Elastic Type	Young's Modulus (MPa)	Poisson's Ratio	Failure Criterion	Material Type	Tensile Strength (MPa)	Dilation Angle (deg)	Friction Angle (peak) (deg)	Friction Angle (residual) (deg)	Cohesion (peak) (MPa)	Cohesion (residual) (MPa)
Materiales sueltos arenoso limos		Field Stress and Body Force	0.01386	Isotropic	10	0.3	Mohr Coulomb	Plastic	0	0	15	15	0.02451	0.02451
Arcillas arenosas		Field Stress and Body Force	0.0166	Isotropic	12	0.3	Mohr Coulomb	Plastic	0	0	4	4	0.00981	0.00981
Arcillas		Field Stress and Body Force	0.01737	Isotropic	8	0.4	Mohr Coulomb	Plastic	0	0	18	18	0.2943	0.2943
Areniscas		Field Stress and Body Force	0.02638	Isotropic	30	0.25	Mohr Coulomb	Plastic	0	0	22	22	0.4905	0.4905

**Fuente:** La autora

**Elaborado por:** La autora



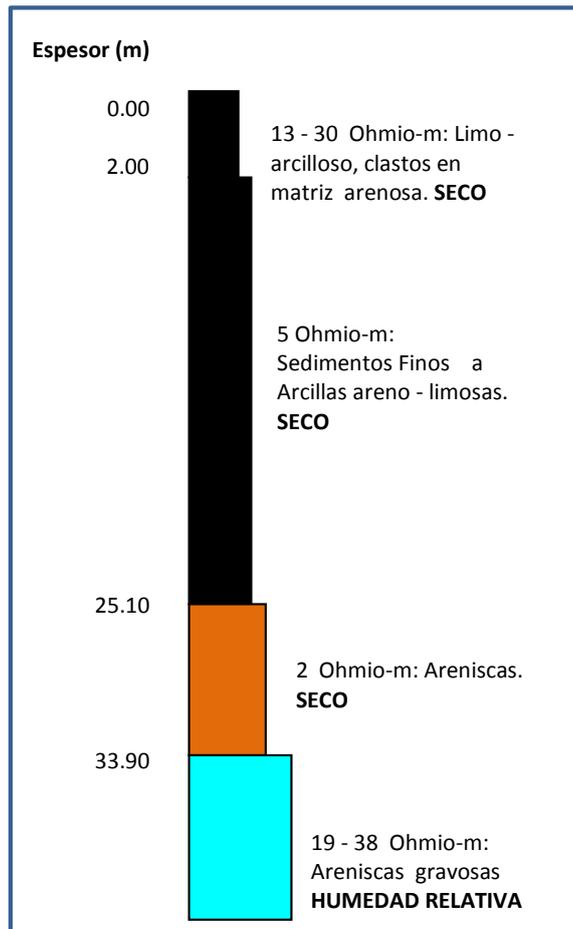
**Abscisa No 4+500 - SEV No.2, Coordenadas UTM: 695484/9559551**

**Figura 17.** Sondaje eléctrico vertical No.2 km 4+500

**Fuente:** MTOP, Loja

**Elaborado por:** La autora

De información recolectada del MTOP se tiene que el nivel freático se encuentra a una profundidad de 33.90 m. (Figura 18.)



**Figura 18.** Perfil del nivel freático km 4+500  
**Fuente:** MTOP, Loja  
**Elaborado por:** La autora

### 3.1. Tipos de inestabilidad detectados

Los procesos geodinámicos alteran la superficie terrestre provocando deslizamientos o movimientos de masas. La acción de la gravedad, el debilitamiento progresivo de los materiales debido a la meteorización, y a la actuación de otros fenómenos naturales y ambientales como: la presencia de agua sea superficial o subterránea, movimientos sísmicos, erosión de taludes, deforestación, remoción de vegetación, cortes, rellenos y en general el mal uso del suelo por parte de la población; hacen que los movimientos del terreno sean relativamente habituales en el medio geológico.

Los fenómenos de inestabilidad incluyen, generalmente, una combinación de procesos erosionales y de remoción relacionada entre sí y a menudo mezclada. Los procesos de erosión actúan generalmente sobre las capas más subsuperficiales del perfil y los de remoción

en masa afectan el perfil a una profundidad considerable. (Suárez, 2003, p.5). Los principales mecanismos de la inestabilidad detectados en las áreas de estudio son:

### **Deslizamientos.**

#### ✓ **Talud 1 km 2+900 APC**

El Talud posee un movimiento combinado rotacional - traslacional, los suelos que se encuentran saturados con agua, en especial en la época invernal y al no existir un drenaje adecuado, estos favorecen para que exista asentamientos y deslizamientos en el talud, además los materiales son inestables debido a sus características cohesivas, por tal motivo existirán los desprendimientos por fenómenos de meteorización (Fotografía 19.).



**Figura 19.** Área de estudio Talud 1 km 2+900

**Fuente:** La autora

**Elaborado por:** La autora

Los elementos condicionantes del deslizamiento existente en el sector Belén KM 2+900 (Talud APC), son la geología, hidrogeología y topografía del sector, los elementos desencadenantes lo constituyen la escorrentía superficial, los trabajos de construcción de la vía, la deforestación y el uso del suelo (actividades agrícolas y ganaderas).

#### ✓ **Talud 2 km 4+500 URNA**

En deslizamiento del Km 4+500 se ubica en la parte baja de una microcuenca, sitio en donde se descargan las escorrentías superficiales provenientes de las partes altas, en el sector afectado se puede observar suelos removidos, arboles inclinados, masas de suelo desplazadas, alcantarilla de vía colapsada, escarpes pequeños, presencia permanente de agua, las partes altas son aprovechadas en actividades agrícolas y ganaderas en las cuales se utiliza riego por gravedad, de acuerdo a lo observado, a los registros históricos de los

eventos suscitados, a la información proporcionada por los habitantes del sector y a los ensayos realizados, se puede determinar que el deslizamiento existente en el sector es del tipo reptacional lento, que involucra el desplazamiento de una masa de suelo considerable, incluso en la parte baja se han producido deslizamientos de tipo traslacional. (Fotografía 20 y 21).



**Figura 20.** Área de estudio Talud 2 km 4+500

**Fuente:** La autora

**Elaborado por:** La autora



**Figura 21.** Alcantarilla colapsada y colmatada con sedimentos

**Fuente:** La autora

**Elaborado por:** La autora

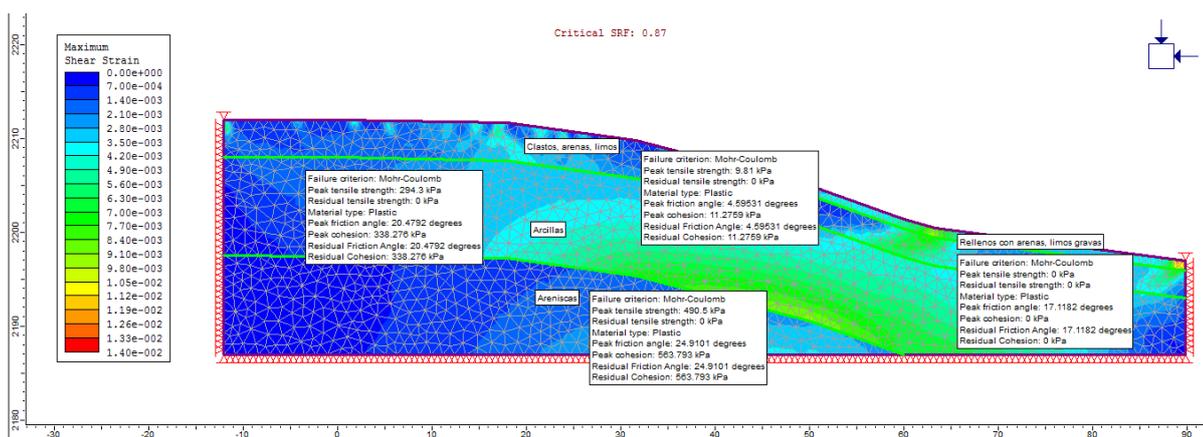
### 3.2. Factor de seguridad mediante modelación en el software phase 2.0

El método de elementos finitos, es el software utilizado para el análisis de estabilidad de taludes, evaluando la relación tensión deformación que se produce en determinado material. El análisis lo realiza con múltiples materiales de acuerdo a las características geotécnicas de la ladera, considerando el nivel freático que se tenga en la zona.

Los métodos de Elementos finitos (MEF) dan soluciones numéricas a un medio continuo sobre las cuales están definidas algunas ecuaciones diferenciales de forma integral, caracterizando el comportamiento físico del problema dividiendo en un número de subdominios entre sí (Suarez, 1998).

Phase 2.0, es un programa que analiza la estabilidad de los taludes, por el método de elementos finitos para el análisis en 2D en un medio elasto – plástico. Con la ayuda de este software se genera una malla para calcular los desplazamientos, tensiones y deformaciones que afectan. (Rocscience Phase 2.)

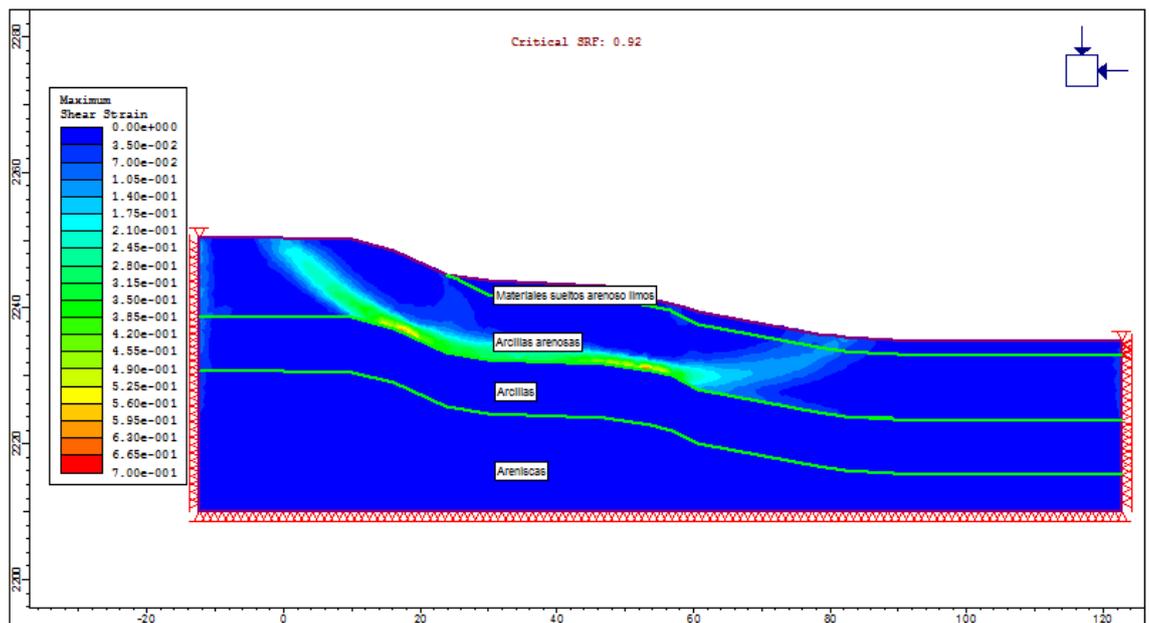
En función del perfil estratigráfico se determina el nivel freático en los respectivos perfiles del Talud, utilizando la tabla 7 y 9 la cual contiene los parámetros físico mecánicos de la zona, se ingresa la geometría del talud en el programa phase utilizando el criterio de rotura Mohr – Coulomb, se modela con el plano de falla original para obtener el factor de seguridad. (Anexo VI)



**Figura 22.** Modelización del talud km 2+900 por el método de elementos finitos, condiciones iniciales, mallado, restricciones horizontales, verticales y características de los materiales que lo conforman.

**Fuente:** La autora

**Elaborado por:** La autora

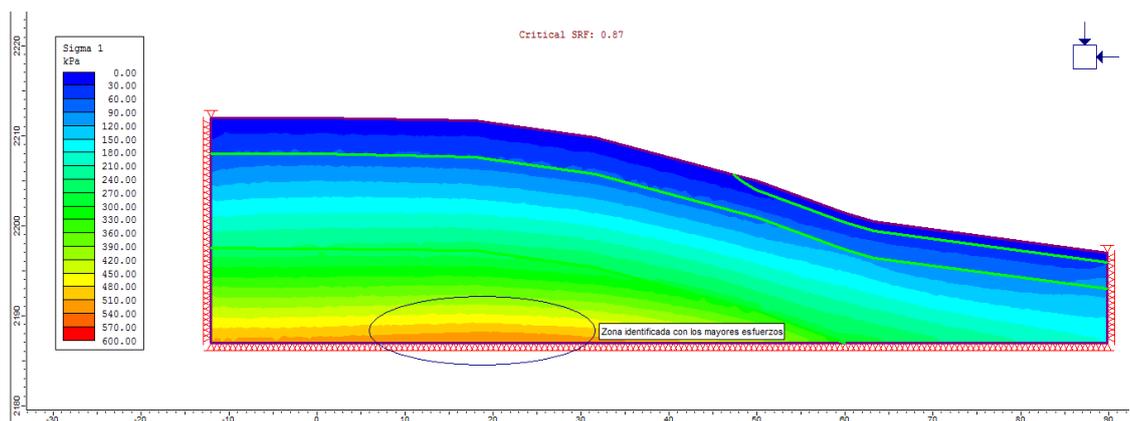


**Figura 23.** Modelización del talud km 4+500 por el método de elementos finitos, condiciones iniciales, restricciones horizontales, verticales y características de los materiales que lo conforman.

**Fuente:** La autora

**Elaborado por:** La autora

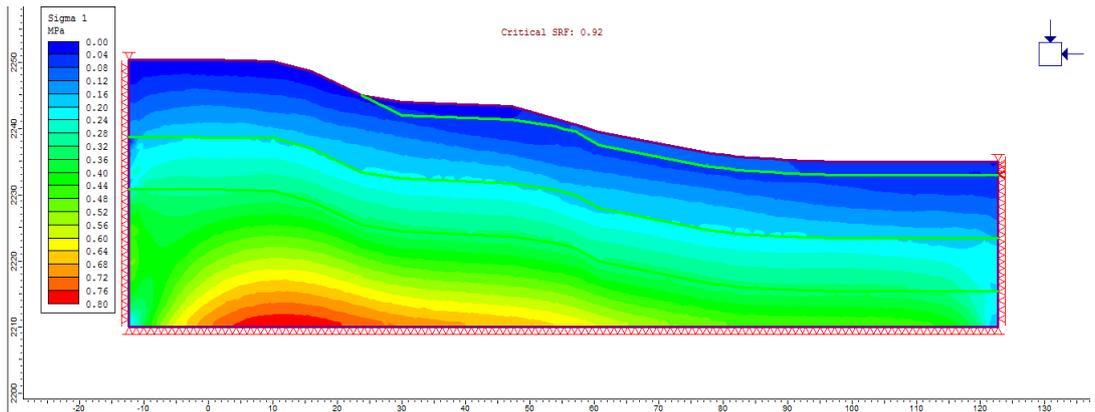
En la figura 24 y 25 se observa los esfuerzos principales en base a la carga gravitacional que se identifica en el factor de seguridad del talud considerando la situación real a la cual está sometido el talud.



**Figura 24.** Talud km 2+900 Distribución de esfuerzos principales ocasionados al ejecutar la opción de carga gravitacional en las condiciones originales del talud.

**Fuente:** La autora

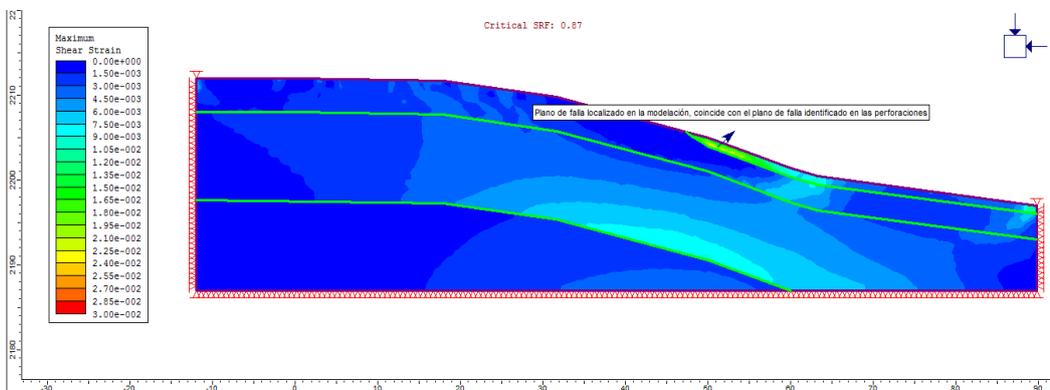
**Elaborado por:** La autora



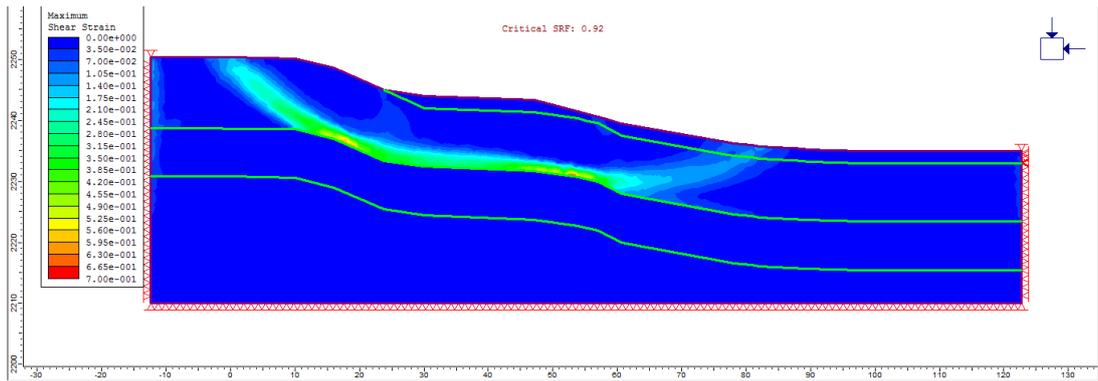
**Figura 25.** Talud km 4+500 Distribución de esfuerzos principales ocasionados al ejecutar la opción de carga gravitacional en las condiciones originales del talud.  
**Fuente:** La autora  
**Elaborado por:** La autora

La resistencia al corte original del suelo y la resistencia al corte por la que se generó la rotura, está resistencia está al límite, es decir busca la rotura del material, este criterio de rotura es lineal al trabajar con el criterio de análisis de Mohr Coulomb, los parámetros físicos – mecánicos con los que se analizó, adicional se debe ingresar el módulo de elasticidad y coeficiente de Poisson, se ha considerado un material plástico, asignando al tensor de fuerzas el mismo valor que la cohesión de cada material, ángulo de fricción y la cohesión residual son iguales que los valores picos al permanecer el material constante desde la plastificación. Aplicando estos datos a la modelación se obtiene el factor de seguridad crítico y los desplazamientos relativos.

En la figura 26 y 27 se observa el factor de seguridad, indicando de color azul cuando no existe deformación, mientras cuando la deformación aumenta su coloración es de color rojo, para este caso el talud 1 km 2+900 la deformación está localizada en la primera capa, identificada como rellenos de limos y gravas de mala calidad, en cambio para el talud 2 km 4+500 la deformación está localizada en la segunda capa identificada con arcillas arenosas.



**Figura 26.** Talud km 2+900 Máximo esfuerzo por cortante que se produce en el talud, se identifica el plano de falla y esfuerzo ubicado en la capa I  
**Fuente:** La autora  
**Elaborado por:** La autora

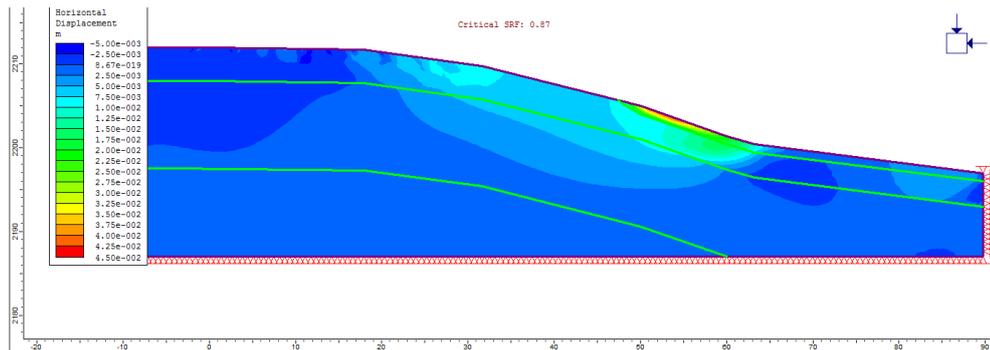


**Figura 27.** Talud km 4+500 Máximo esfuerzo por cortante que se produce en el talud, se identifica el plano de falla y esfuerzo ubicado en la capa II

**Fuente:** La autora

**Elaborado por:** La autora

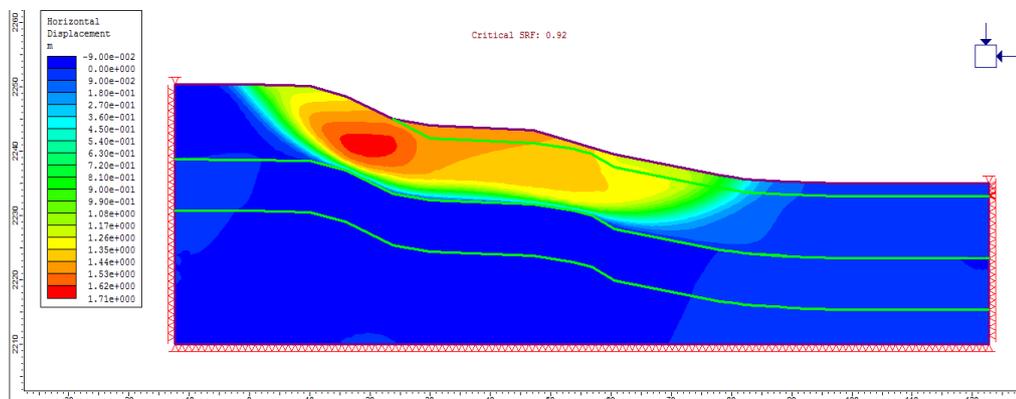
El desplazamiento horizontal presente en el talud 1 km 2+900 a causa de la reducción del cortante, los mayores desplazamientos se dan entre las abscisas de la 50 a la 65 y para el talud 2 km 4+500 los mayores desplazamientos se dan entre las abscisas de la 10 a la 60, identificandose el plano de falla presentes en los taludes.



**Figura 28.** Talud km 2+900 Desplazamiento horizontal producto de la reducción del esfuerzo cortante en el talud.

**Fuente:** La autora

**Elaborado por:** La autora

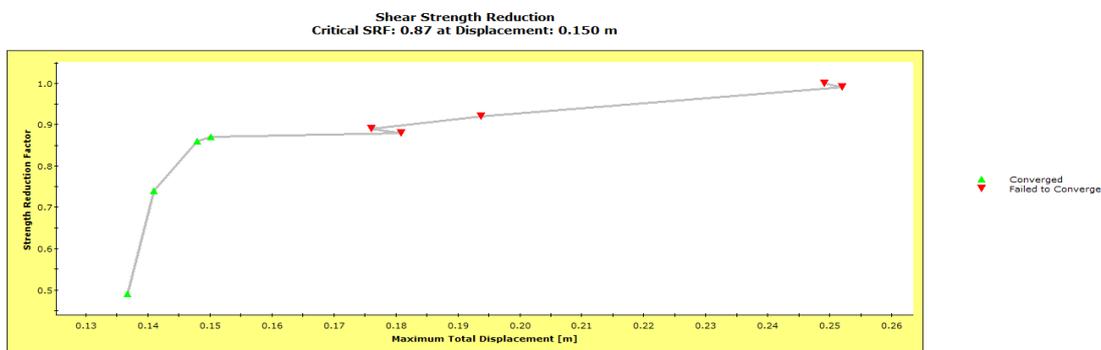


**Figura 29.** Talud km 4+500 Desplazamiento horizontal producto de la reducción del esfuerzo cortante en el talud.

**Fuente:** La autora

**Elaborado por:** La autora

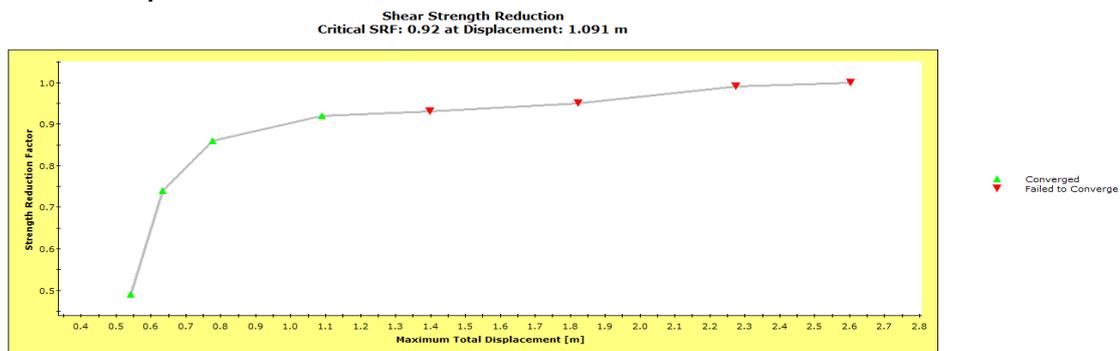
En la figura 30 y 31 se observa el desplazamiento absoluto a causa de la reducción del esfuerzo de corte en la condiciones originales del talud, en la modelación existe un movimiento al igual que lo que se observa en campo del talud km 2+900 y talud 4+500.



**Figura 30.** Talud km 2+900 Desplazamiento absoluto producto de la reducción del esfuerzo cortante en el talud, el valor que se desplaza es de 0.15 m de producirse el movimiento.

Fuente: La autora

Elaborado por: La autora

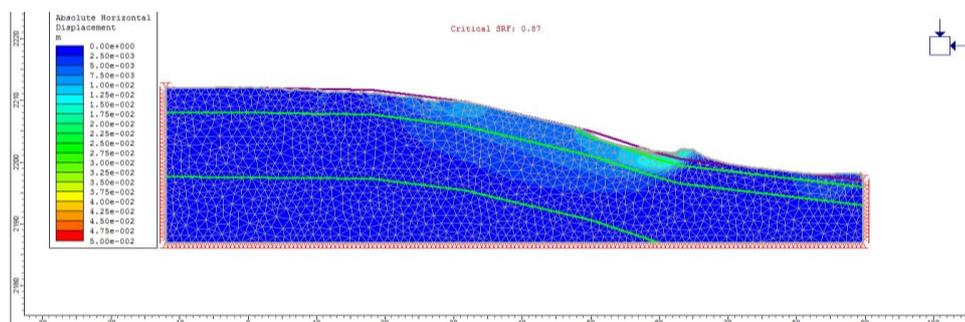


**Figura 31.** Talud km 4+500 Desplazamiento absoluto producto de la reducción del esfuerzo cortante en el talud, el valor que se desplaza es de 1.09 m de producirse el movimiento.

Fuente: La autora

Elaborado por: La autora

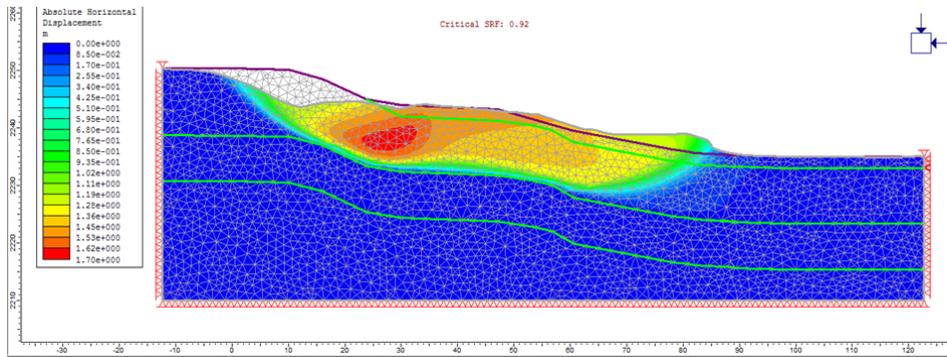
Resultado de los desplazamientos en la figura 32 y 33 se muestra la masa deslizada, el contorno original y el final si se produce el deslizamiento. Las zonas localizadas están en las abscisas que se mencionó anteriormente para el respectivo talud.



**Figura 32.** Talud km 2+900 Modelación del contorno inicial y el contorno final a causa de un posible deslizamiento, al tener un FS menor a la unidad se produce el movimiento de la masa.

Fuente: La autora

Elaborado por: La autora



**Figura 33.** Talud km 4+500 Modelación del contorno inicial y el contorno final a causa de un posible deslizamiento, al tener un FS menor a la unidad se produce el movimiento de la masa.  
**Fuente:** La autora  
**Elaborado por:** La autora

Del análisis del Factor de seguridad mediante el método de elementos finitos se obtiene la siguiente tabla de resultados al analizar la variación del SRF en cada uno de los perfiles del talud.

**Tabla 10.** Factor de seguridad Talud 1 km 2+900

PERFIL	SRF	Desplazamiento (m)
1	0.87	0.15
2	0.87	0.13
3	1.00	0.18

**Fuente:** La autora  
**Elaborado por:** La autora

**Tabla 11.** Factor de seguridad Talud 2 km 4+500

PERFIL	SRF	Desplazamiento (m)
1	0.92	1.09
2	0.96	0.70
3	0.99	0.74
4	0.93	1.02

**Fuente:** La autora  
**Elaborado por:** La autora

Obtenidos los factores de seguridad se analiza que en el talud 1 km 2+900 existe un desplazamiento lento de la masa de suelo pero la inestabilidad del talud es alto al poseer

SRF menor a la unidad, así mismo en el talud 2 km 4+500 los desplazamientos de la masa de suelos son muchos mayores lo cual se corrobora en campo y se demuestra mediante el análisis por elementos finitos que este talud es inestable. De acuerdo a la norma Ecuatoriana de la construcción nos indica que los factores mínimos para estabilizar los taludes deben estar entre 1.24 para construcción y 1.5 para diseño como se indica en la siguiente tabla:

**Tabla 12.** Factor de seguridad mínimos para estabilidad global de excavaciones y taludes

Condición	FS <sub>corte</sub> 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

**Fuente:** Norma Ecuatoriana de la Construcción NEC-SE-CM 2015

**Elaborado por:** La autora

En consecuencia se establece medidas de mitigación para estabilizar los dos taludes en estudio al ser una vía de primer orden, mediante el software phase se realiza la modelación de las propuestas para analizar los factores de seguridad si cumplen con los parámetros establecidos en la norma Ecuatoriana.

### **TALUD 1 KM 2+900**

El diseño geotécnico del deslizamiento en este sector, está basado en el retiro de una capa de 50 cm de material de pobre competencia, el cual será sustituido con una capa de 40 cm de sub-base clase III, la cual se reforzara con Geotextil de alto módulo H2Ri (Tabla 13.), sobre esta capa se colocará una capa de suelo vegetal de 10 cm para revegetar y proteger el talud, este arreglo permite colocar un contrapeso que produce un momento resistente en dirección contraria al movimiento, la capa de geotextil de alto módulo provee una mayor capacidad resistente al suelo frente a los esfuerzos cortantes, los resultados se los puede observar en la modelación de los perfiles y en los planos de diseño geotécnico, en donde se detallan estas obras.

Para captar y conducir el escurrimiento superficial en el sitio del deslizamiento del Km 2+900, se implementará un sistema de drenaje compuesto por canales colectores y subdrenes tipo zanja, el cual estará conformado por ramal principal y seis ramales secundarios, el ramal principal transportará los flujos superficiales captados hacia zonas seguras. La pendiente de los canales colectores y subdrenes se acoplará a la topografía, los canales colectores tendrán geometría trapezoidal, las dimensiones se calcularán en función de los caudales esperados.

Los canales colectores tendrán una forma trapezoidal, serán excavados en el terreno, las paredes y solera del canal se conformarán con sacos de suelo-cemento (relación de 6 a 1 en peso), esta estructura será revestida con una geomembrana de Polietileno de Alta Densidad GHDPE150-LN (e = 1.35 mm) para impermeabilización, la rugosidad de Manning adoptada  $n = 0.020$ , esto permitirá conformar un canal impermeable y flexible que se acomode a posibles movimientos futuros del terreno (INVIAS, 2009). El drenaje se realizará con subdrenes de zanja, de sección rectangular de 3.35 m de altura y 1.00 m de ancho, el filtro se conformará con material granular de 1 pulgada (2.54 cm), envuelto en geotextil NT1800 e incluirá tubería perforada (Plano 1).

En la modelación se implementan las características geotécnicas de la subbase clase III, geotextil y material de dren como se indican en la siguiente tabla:

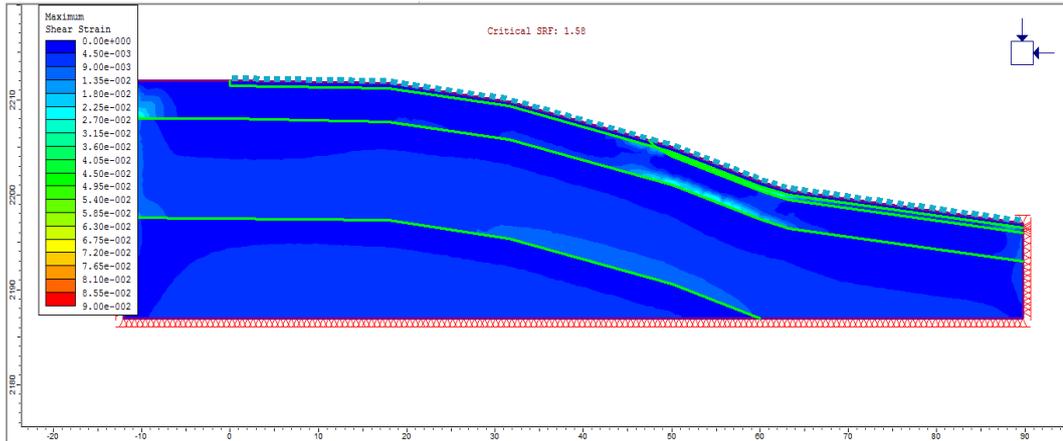
**Tabla 13.** Propiedades geotécnicas de la Subbase Clase III, geotextil H2RI y dren

Material Name	Color	Initial Element Loading	Unit Weight (MN/m <sup>3</sup> )	Elastic Type	Young's Modulus (MPa)	Poisson's Ratio	Failure Criterion	Material Type	Tensile Strength (MPa)	Dilation Angle (deg)	Friction Angle (peak) (deg)	Friction Angle (residual) (deg)	Cohesion (peak) (MPa)	Cohesion (residual) (MPa)	Piezo Line	Ru
Reellenos con arenas, limos graves	Yellow	Field Stress and Body Force	0.01078	Isotropic	20	0.3	Mohr Coulomb	Plastic	0	0	15	15	0	0	None	0
Clastos, arenas, limos	Orange	Field Stress and Body Force	0.01667	Isotropic	10	0.3	Mohr Coulomb	Plastic	0	0	4	4	0.00981	0.00981	None	0
Arcillas	Grey	Field Stress and Body Force	0.01736	Isotropic	8	0.4	Mohr Coulomb	Plastic	0	0	18	18	0.2943	0.2943	None	0
Areniscas	Brown	Field Stress and Body Force	0.02638	Isotropic	30	0.25	Mohr Coulomb	Plastic	0	0	22	22	0.4905	0.4905	None	0
DREN GRAVAS	Dark Grey	Field Stress Only		Isotropic	80	0.3	Mohr Coulomb	Elastic	0		37.5		0		None	0
Subbase Clase III	Light Brown	Field Stress Only		Isotropic	96	0.35	Mohr Coulomb	Elastic	0		35		0		None	0

Liner Name	Color	Type	Material Type	Stage Properties?	Tensile Modulus (MN/m)	Peak Geosynthetic Tensile Strength (MN/m)	Res. Geosynthetic Tensile Strength (MN/m)
GEOTEXTIL H2RI	Blue	Geosynthetic	Elastic	No	0.657	0.6	0.6

**Fuente:** La autora

**Elaborado por:** La autora

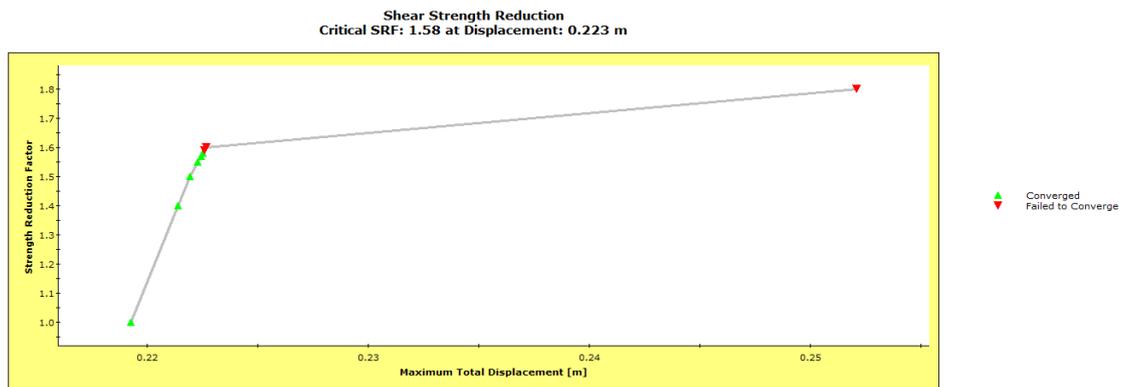


**Figura 34.** Talud km 2+900 Perfil 1 Modelación implementada la subbase clase III y el geotextil H2Ri, se obtiene un FS = 1.58

**Fuente:** La autora

**Elaborado por:** La autora

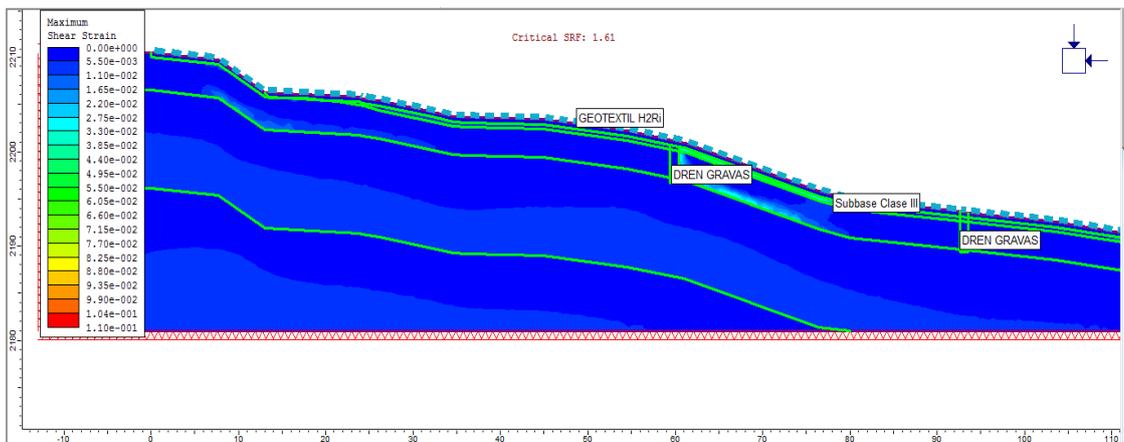
La figura 35 describe el factor de seguridad de 1.58 con un desplazamiento de 0.223 como se muestra en la gráfica.



**Figura 35.** Talud km 2+900 Perfil 1 Gráfica de factor de seguridad vs. desplazamiento

**Fuente:** La autora

**Elaborado por:** La autora

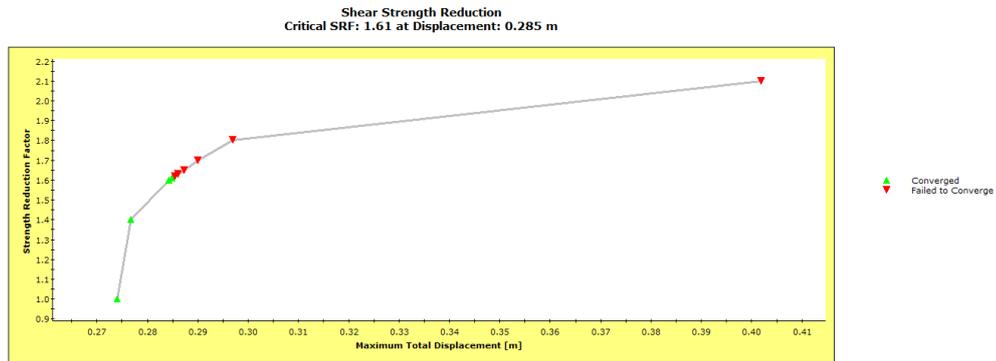


**Figura 36.** Talud km 2+900 Perfil 2 Modelación implementada la subbase clase III, geotextil H2Ri y soddren se obtiene un FS = 1.61

**Fuente:** La autora

**Elaborado por:** La autora

La figura 37 describe el factor de seguridad de 1.61 con un desplazamiento de 0.285 como se muestra en la gráfica.



**Figura 37.** Talud km 2+900 Perfil 2 Gráfica de factor de seguridad vs. desplazamiento

**Fuente:** La autora

**Elaborado por:** La autora

La figura 38 describe la relación directamente proporcional es decir a mayor carga sobre el talud mayor desplazamiento de masa existirá.



**Figura 38.** Talud km 2+900 Perfil 2 Modelación implementada la subbase clase III, geotextil H2Ri y suddren se obtiene un FS = 1.61

**Fuente:** La autora

**Elaborado por:** La autora

El factor de seguridad obtenido mediante el método de elementos finitos de los tres perfiles del talud considera al talud estable al ser el SRF mayor a 1.5 observando que se incrementó el desplazamiento, razón por la cual el programa considera a los subdrenes como una carga. (Anexo VI)

**Tabla 14.** Factor de seguridad Talud 1 km 2+900

PERFIL	SRF	Desplazamiento (m)
1	1.58	0.223
2	1.61	0.285
3	1.93	0.383

**Fuente:** La autora

**Elaborado por:** La autora

## **TALUD 2 KM 4+500**

El diseño geotécnico para estabilizar el deslizamiento del sector El Plateado KM 4+500 (Talud Urna), está basado en el retiro de una capa de 50 cm de material de pobre competencia, el cual será sustituido con una capa de 40 cm de sub-base clase III, la cual se reforzará con Geotextil de alto módulo H2Ri, que se colocará en doble capa tipo sánduche, sobre esta capa se colocará una capa de suelo vegetal de 10 cm para revegetar y proteger el talud, los detalles se indican en los planos de diseño geotécnico, en donde se detallan estas obras y se modela en el software phase para realizar el análisis del factor de seguridad y sus desplazamientos.

Para captar y conducir el escurrimiento superficial y subterráneo en el sitio del deslizamiento del Km 4+500, se implementará un sistema de drenaje compuesto por canales colectores y un subdren tipo zanja, el cual estará conformado por ramal principal y tres ramales secundarios, el ramal principal transportará los flujos superficiales y subterráneos captados hacia zonas seguras. La pendiente de los canales colectores y subdrenes se acoplará a la topografía, los canales colectores tendrán geometría trapezoidal, las dimensiones se calcularán en función de los caudales esperados.

En el deslizamiento de este sector KM 4+500 (Talud Urna) el control de agua de infiltración y el abatimiento del agua subterránea superficial que se presenta en la época lluviosa se realizará con ayuda de un subdren de zanja de 1.70 m de profundidad y 1.20 m de ancho, ubicado debajo de la cuneta de coronación (Canal 1), el cual tendrá su descarga en la alcantarilla de vía existente, este subdren estará conformado con material granular y geotextil no tejido NT-1800 e incluirá un tubo colector de PVC perforado de 200 mm.

Los canales colectores tendrán forma trapezoidal, serán excavados en el terreno, las paredes y solera del canal se conformarán con sacos de suelo-cemento, con una relación de 6 a 1 en peso, esta estructura será revestida con una geomembrana de Polietileno de Alta Densidad GHDPE150-LN (e = 1.35 mm) para impermeabilización, la rugosidad de Manning adoptada  $n = 0.020$ , lo cual permitirá conformar un canal impermeable y flexible que se acomode a movimientos futuros que pueda sufrir el terreno (INVIAS, 2009).

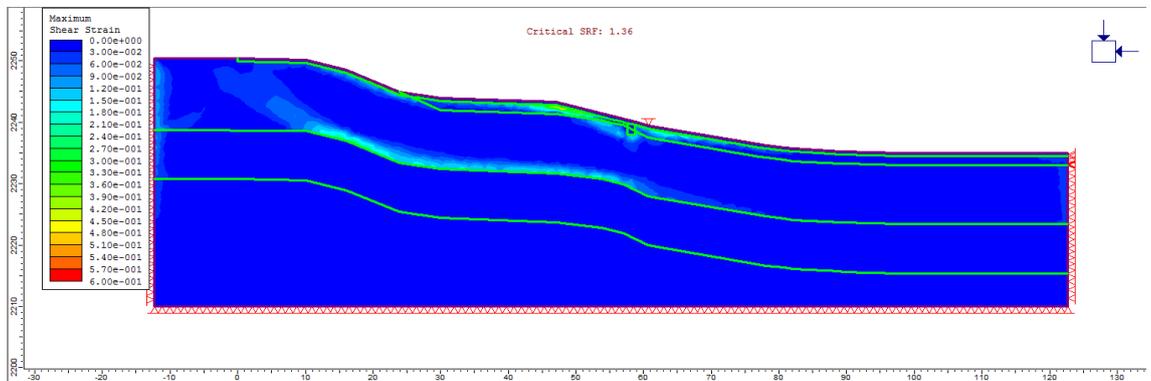
**Tabla 15.** Propiedades geotécnicas de la Subbase Clase III, geotextil H2Ri y dren

Material Name	Color	Initial Element Loading	Unit Weight (MN/m3)	Elastic Type	Young's Modulus (MPa)	Poisson's Ratio	Failure Criterion	Material Type	Tensile Strength (MPa)	Dilation Angle (deg)	Friction Angle (peak) (deg)	Friction Angle (residual) (deg)	Cohesion (peak) (MPa)	Cohesion (residual) (MPa)	Phi b	Air Entry (MPa)	Permeability Function
Materiales sueltos arenoso limos		Field Stress and Body Force	0.01386	Isotropic	10	0.3	Mohr Coulomb	Plastic	0	0	15	15	0.02451	0.02451	0	0	Simple
Arcillas arenosas		Field Stress and Body Force	0.0166	Isotropic	12	0.3	Mohr Coulomb	Plastic	0	0	4	4	0.00981	0.00981	0	0	Simple
Arcillas		Field Stress and Body Force	0.01737	Isotropic	8	0.4	Mohr Coulomb	Plastic	0	0	18	18	0.2943	0.2943	0	0	Simple
Areniscas		Field Stress and Body Force	0.02638	Isotropic	30	0.25	Mohr Coulomb	Plastic	0	0	22	22	0.4905	0.4905	0	0	Simple
Subbase Clase III		Field Stress Only		Isotropic	96	0.35	Mohr Coulomb	Elastic	0		35		0		0	0	Simple
Dren		Field Stress Only		Isotropic	80	0.3	Mohr Coulomb	Elastic	0		37.5		0		0	0	Simple

Liner Name	Color	Type	Material Type	Stage Properties?	Tensile Modulus (MN/m)	Peak Geosynthetic Tensile Strength (MN/m)	Res. Geosynthetic Tensile Strength (MN/m)
Geotextil H2Ri		Geosynthetic	Elastic	No	0.657	0.6	0.6

Fuente: La autora

Elaborado por: La autora

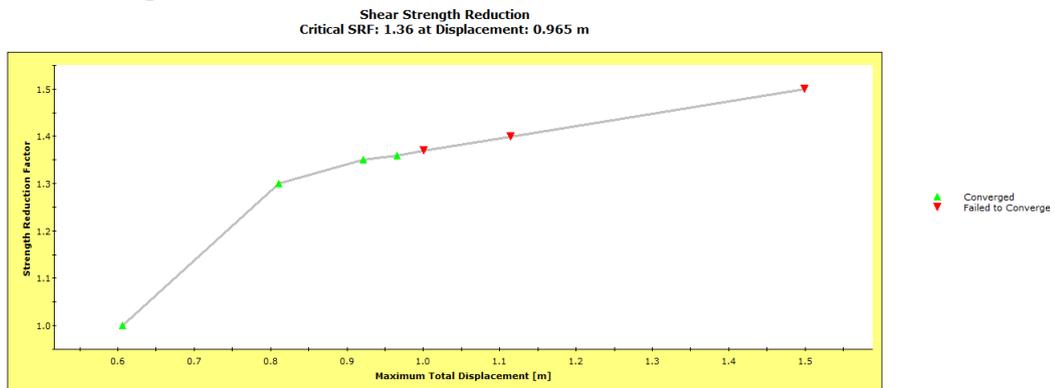


**Figura 39.** Talud km 4+500 Perfil 1 Modelación implementada la subbase clase III y el geotextil H2Ri tipo sánduche, se obtiene un FS = 1.36

Fuente: La autora

Elaborado por: La autora

La figura 40 describe el factor de seguridad de 1.36 con un desplazamiento de 0.965 como se muestra en la gráfica.



**Figura 40.** Talud km 4+500 Perfil 1 Gráfica de factor de seguridad vs. desplazamiento

Fuente: La autora

Elaborado por: La autora

La figura 41 describe que a mayor carga se encuentre en el talud mayor desplazamiento va a generarse.



**Figura 41.** Talud km 4+500 Perfil 1 Modelación implementada la subbase clase III, geotextil H2Ri tipo sánduche y suddren  
**Fuente:** La autora  
**Elaborado por:** La autora

El factor de seguridad obtenido en los diferentes perfiles mediante el método de elementos finitos considera al talud estable al ser el SRF al estar entre 1.25 y 1.5 pero el desplazamiento disminuyo con respecto al talud original debido a que en el perfil 1 se simula el subdren y en el perfil 2 no se analiza con el subdren y se corrobora que lo considera como una carga mas no lo analiza con sus funciones que son evacuar las aguas subterráneas al dren principal. (Anexo VI)

**Tabla 16.** Factor de seguridad Talud 2 km 4+500

PERFIL	SRF	Desplazamiento (m)
1	1.36	0.965
2	1.63	0.659
3	1.78	2.637
4	1.55	3.95

**Fuente:** La autora  
**Elaborado por:** La autora

### 3.3. Propuesta de mitigación

Diseñar estructuras de drenaje y subdrenaje, para evacuar escorrentías hacia sitios seguros, con la finalidad de disminuir la presión de poros, incrementar la resistencia al corte, eliminar las fuerzas hidrostáticas desestabilizantes y mejorar el factor de seguridad de las superficies de falla en cada uno de los taludes para cumplir los siguientes objetivos hidrológicos e hidráulicos.

▪ **Hidrología**

- Determinar de la precipitación e intensidad de diseño.
- Determinar las áreas de aporte a partir de la topografía disponible, establecer el periodo de retorno, el coeficiente de escorrentía y la pendiente del terreno.
- Aplicar el Método Racional para determinar los caudales de diseño.

▪ **Hidráulica**

- Diseñar y dimensionar las obras de drenaje y subdrenaje que contribuirán a la estabilización de la zona afectada. Las obras elegidas para este propósito son: canales colectores y obras de subdrenaje a profundidad (Subdrenes).

Para el deslizamiento del sector Belén KM 2+900 (Talud APC), se han considerado la implementación de canales colectores (drenaje superficial) y subdrenes de zanja o subdrenes interceptores.

En el deslizamiento del sector El Plateado Km 4+500 (Talud URNA), las obras de drenaje consideradas son: cunetas de coronación, canales colectores (drenaje superficial) y subdrenes de zanja o subdrenes interceptores.

## **ANÁLISIS Y RESULTADOS**

- Precipitación máxima en 24 horas

Para el análisis del drenaje se ha considerado la información de precipitaciones máximas registradas en la zona de interés, para lo cual se ha tomado como referencia la información de la estación meteorológica La Argelia (INAMHI, 2015).

**Tabla 17.** Ecuaciones IDF para la Estación La Argelia - Loja

Intervalo de tiempo (Minutos)	Ecuaciones	R	R2
5 < 30	$i = 138.033 \times T^{0.1922} \times t^{-0.4460}$	0.9930	0.9860
30 < 120	$i = 334.481 \times T^{0.1877} \times t^{-0.6954}$	0.9817	0.9637
120 < 1440	$i = 566.052 \times T^{0.1627} \times t^{-0.7978}$	0.9982	0.9964

T (min)	Período de Retorno T(años)					
	2	5	10	25	50	100
5	132.7	158.2	180.8	215.6	246.3	281.4
10	97.4	116.1	132.7	158.2	180.8	206.6
15	81.3	96.9	110.7	132.1	150.9	172.4
20	71.5	85.3	97.4	116.2	132.7	151.6
30	35.8	42.5	48.4	57.5	65.5	74.6
60	22.1	26.2	29.9	35.5	40.4	46.1
120	13.9	16.1	18.1	21.0	23.5	26.3
360	5.8	6.7	7.5	8.7	9.8	10.9
1440	1.9	2.2	2.5	2.9	3.2	3.6

INTENSIDAD MÁXIMA (mm/h)

**Fuente:** INAMHI (2015). Determinación de ecuaciones para el cálculo de intensidades máximas de precipitación

**Elaborado por:** La autora

**Tabla 18.** Intensidades máximas de la Estación La Argelia – Loja

NOMBRE ESTACIÓN	DURACIÓN	ECUACIÓN
LA ARGELIA-LOJA	5 Min < 44.17 Min	$I_{TR} = 86.811 * Id_{TR} * t^{-0.447} R^2 = 0.9993$
	44.17 Min < 1440 Min	$I_{TR} = 328.11 * Id_{TR} * t^{-0.798} R^2 = 0.9998$

TR (Años)	5	10	15	20	30	60	120	360	1440
2	75.26	55.21	46.06	40.50	33.78	22.26	12.80	5.33	1.76
5	95.98	70.40	58.73	51.65	43.09	28.38	16.33	6.79	2.25
10	109.93	80.64	67.27	59.15	49.35	32.51	18.70	7.78	2.57
25	127.26	93.36	77.88	68.48	57.13	37.64	21.65	9.01	2.98
50	139.95	102.66	85.64	75.31	62.82	41.39	23.80	9.91	3.28
100	153.05	112.28	93.66	82.36	68.71	45.27	26.03	10.83	3.58

**Fuente:** INAMHI (2015). Determinación de ecuaciones para el cálculo de intensidades máximas de precipitación

**Elaborado por:** La autora

Donde:

ITR = Intensidad de la precipitación para el periodo de retorno considerado (mm/h)

TR = Periodo de Retorno considerado (años)

t = Duración de la precipitación, igual al tiempo de concentración (min)

IdTR = Intensidad diaria para el periodo de retorno considerado (mm/h)

Para el estudio y diseño del sistema de drenaje se ha considerado un periodo de retorno de 25 años, la precipitación diaria que se utilizará para la aplicación del método Racional es (69.60 mm = 2.9 mm/h x 24 h).

Como se trata de superficies pequeñas, la ecuación empleada es la de duraciones de 5 min a 44.17 min, la duración utilizada es  $t = 5$  min (tiempo de concentración) e  $I_{dTR} = 2.9$  mm/h (intensidad diaria para el periodo de retorno considerado), así aplicando las ecuaciones de zonificación de intensidades del INAMHI, se determina que la intensidad de la precipitación para el periodo de retorno considerado ITR es de 122.61 mm/h, comparando este valor con el indicado en ITR = 127.6 mm/h, el valor considerado por seguridad será 127.6 mm/h.

#### ▪ **Hidrología: caudales máximos probables**

Los caudales máximos probables se determinan con el Método Racional, las áreas de drenaje se obtienen de la topografía, con ayuda del programa AutoCAD, el valor asumido para el coeficiente de escorrentía es  $C = 1.0$ , lo que representa una sobreestimación de la escorrentía, lo cual es muy efectivo para tener en cuenta los procesos de sedimentación de los sistemas, especialmente por la presencia de bloques o cantos (Suarez, 2009).

### **SISTEMA DE DRENAJE Y SUBDRENAJE**

#### **Consideraciones de Diseño**

El sistema de drenaje y subdrenaje debe guardar relación con el diseño geotécnico considerado, a continuación se indican los criterios generales de diseño considerados para los cálculos realizados.

##### a) Dimensionamiento de canales

El dimensionamiento de la sección del canal se realiza con la ecuación de Manning, asumiendo una velocidad máxima permisible de 4 m/s y una rugosidad  $\eta = 0.020$  para canales conformados con geomembrana de impermeabilización y sacos de suelo – cemento (INVIAS, 2008).

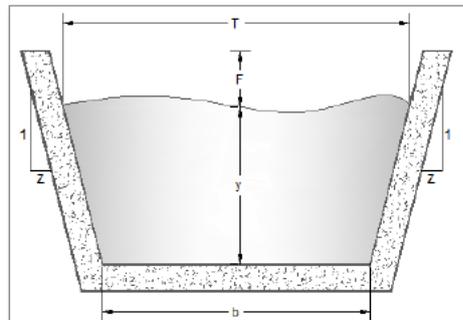
##### b) Criterio de Velocidad mínima

La velocidad del flujo debe ser lo suficientemente grande evitar que se produzca sedimentación y obstrucción. El gradiente mínimo está determinado por la mínima velocidad de flujo necesaria para evitar la sedimentación. La velocidad no debe ser menor de 1.3 m/s para el flujo pico. Normalmente la pendiente mínima utilizada es del 1%. La velocidad máxima no debe ser superior a 4 m/s, para evitar el desgaste del recubrimiento y problemas de erosión en suelos reconformados (Chow, 1994).

c) Dimensionamiento del tubo colector del subdrenaje

La ecuación de Manning permite determinar el diámetro del tubo colector de los subdrenes, el menor diámetro de tubería que debe ser adoptado es 110 mm, ya que para dimensiones menores se podrían presentar problemas de obstrucción y disminución de la capacidad hidráulica, lo cual repercutiría en su vida útil y funcionalidad. Si los cálculos de diseño hidráulico dan tuberías de diámetro menor a 100 mm, se optará por tuberías de 110 mm como mínimo en los subdrenes.

**DISEÑO DEL DRENAJE SUPERFICIAL Y SUBDRENAJE DESLIZAMIENTO DEL SECTOR BELÉN KM 2+900 (TALUD APC).**



**Figura 42.** Sección típica de cuneta trapezoidal y sus elementos  
**Fuente:** La autora  
**Elaborado por:** La autora

$$A = (b + zy)y$$

$$P = b + 2y\sqrt{1 + z^2}$$

$$T = b + 2zy$$

Ecuación 7.

Donde:

A = Área Hidráulica del Canal (m<sup>2</sup>)

P = Perímetro Mojado del Canal (m)

T = Ancho Superficial del Canal (m)

b = Ancho del Canal (m)

Z = Relación de pendiente de las paredes laterales del canal

y = Altura del agua (m)

F = Borde Libre (m)

El borde libre se determina mediante la ecuación del U. S. Bureau of Reclamation

$$F = \sqrt{Cy}$$

Ecuación 8.

Donde:

F = Borde Libre (m)

y = profundidad de agua en el canal (m)

C = 1.5 para caudales menores a 20 pies<sup>3</sup>/s, y hasta 2.5 para caudales del orden de los 3000 pies<sup>3</sup>/s.

La siguiente expresión presentada en (DUARTE, 2009), también permite calcular el borde libre de canales.

$$BL = 0.09Q + 0.41 \text{ para } Q \leq 2.3 \text{ m}^3/\text{s}$$

Ecuación 9.

Donde:

BL = Borde libre en (m).

Q = Caudal que transporta el canal en (m<sup>3</sup>/s).

a) Cálculo de los caudales esperados

**Tabla 19.** Determinación de caudales esperados

Cálculo del tiempo de concentración					
Estructura	Hs	Hi	$\Delta H$ (m)	Longitud (m)	Tc (min)
C1	2210,50	2182,00	28,50	132,00	1,51
C2	2206,00	2204,10	1,90	21,60	0,53
C3	2206,00	2204,10	1,90	19,10	0,46
C4	2203,45	2201,00	2,45	35,00	0,84
C5	2202,35	2201,00	1,35	25,00	0,72

Intensidad de precipitación para periodo de retorno considerado			
Intensidad diaria para TR	$I_{d_{TR}} =$	2,90	mm/h
Tiempo de concentración	$t =$	5,00	minutos
Periodo de retorno considerado	$TR =$	25	años
Intensidad precipitación para TR	$I_{TR} =$	122,61	mm/h
Intensidad precipitación para TR	$I_{TR} =$	127,60	mm/h
Intensidad precipitación para TR	$I_{TR} =$	127,60	mm/h

Cálculo de caudales máximos esperados para canales colectores						
Estructura	Tramo	Aportes	Área (m <sup>2</sup> )	Área (ha)	C	Q (m <sup>3</sup> /s)
Canal 2	P6-P2	Área 1	1356,02	0,14	1,00	0,05
Canal 3	P7-P2	Área 2	1481,62	0,15	1,00	0,05
Canal 1	P2-P3	Área 3	1425,54	0,14	1,00	0,05
Canal 1	P2-P3	Área 4	921,92	0,09	1,00	0,03
Canal 1	P2-P3	C2 (P6-P2)				0,05
Canal 1	P2-P3	C3 (P7-P2)				0,05
Canal 4	P8-P3	Área 3	1425,54	0,14	1,00	0,05
Canal 5	P9-P3	Área 4	921,92	0,09	1,00	0,03
Canal 1	P3-P4	Área 5	1392,60	0,14	1,00	0,05
Canal 1	P3-P4	Área 6	667,00	0,07	1,00	0,02
Canal 1	P3-P4	C1 (P2-P3)				0,18
Canal 1	P3-P4	C4 (P8-P3)				0,05
Canal 1	P3-P4	C5 (P9-P3)				0,03
Canal 6	P10-P4	Área 5	1392,60	0,14	1,00	0,05
Canal 7	P11-P4	Área 6	667,00	0,07	1,00	0,02
Canal 1	P4-P5	Área 7	1134,54	0,11	1,00	0,04
Canal 1	P4-P5	Área 8	318,00	0,03	1,00	0,01
Canal 1	P4-P5	C6(P10-P4)				0,05
Canal 1	P4-P5	C7(P11-P4)				0,02
Canal 1	P4-P5	C1 (P3-P4)				0,34

Fuente: La autora.

Elaborado por: La autora

- b) Dimensionamiento de canales colectores de escorrentía superficial

**Tabla 20.** Dimensionamiento de cunetas y canales colectores de escorrentías

Rugosidad de Manning	n =	0,020	s/u
Pendiente de paredes	Z =	0,60	m/m
Coefficiente capacidad	C =	1,50	s/u
Peso específico agua	Y =	9810,00	N/m <sup>3</sup>

Dimensionamiento de canales de recolección de escorrentías superficiales									
Estructura	Tramo	Q (m <sup>3</sup> /s)	So (m/m)	b (m)	y (m)	F (m)	BL (m)	H (m)	V (m/s)
Canal 1	P2-P3	0,18	0,10	0,50	0,11	0,40	0,43	0,54	2,98
Canal 1	P3-P4	0,34	0,24	0,50	0,12	0,43	0,44	0,56	4,88
Canal 1	P4-P5	0,46	0,14	0,50	0,17	0,51	0,45	0,68	4,44
Canal 2	P6-P2	0,05	0,06	0,40	0,06	0,31	0,41	0,48	1,69
Canal 3	P7-P2	0,05	0,06	0,40	0,07	0,32	0,41	0,48	1,74
Canal 4	P8-P3	0,05	0,05	0,40	0,07	0,33	0,41	0,49	1,62
Canal 5	P9-P3	0,03	0,04	0,40	0,06	0,30	0,41	0,47	1,29
Canal 6	P10-P4	0,05	0,05	0,40	0,07	0,32	0,41	0,48	1,61
Canal 7	P11-P4	0,02	0,04	0,40	0,05	0,27	0,41	0,46	1,15

Fuente: La autora.

Elaborado por: La autora

Por facilidades constructivas y atendiendo a las recomendaciones indicadas en (INVIAS, 2009), se adoptan las dimensiones indicadas en la Tabla 21.

**Tabla 21.** Dimensionamiento adoptadas para cunetas colectoras de escorrentías

Estructura	Tramo	b (m)	H (m)	T(m)	Z
Canal 1	P2-P3	0,50	0,60	0,63	0,60
Canal 1	P3-P4	0,50	0,60	0,65	0,60
Canal 1	P4-P5	0,50	0,70	0,71	0,60
Canal 2	P6-P2	0,40	0,50	0,48	0,60
Canal 3	P7-P2	0,40	0,50	0,48	0,60
Canal 4	P8-P3	0,40	0,50	0,48	0,60
Canal 5	P9-P3	0,40	0,50	0,47	0,60
Canal 6	P10-P4	0,40	0,50	0,48	0,60
Canal 7	P11-P4	0,40	0,50	0,46	0,60

Fuente: La autora.

Elaborado por: La autora

### c) Verificación de estabilidad de los canales

Para determinar la estabilidad de un canal existen dos métodos: (1) la velocidad permisible y (2) la fuerza tractiva (esfuerzo cortante). En el primer método se asume que el canal es estable si la velocidad media es menor que la velocidad máxima permisible, en el segundo método el esfuerzo cortante permisible es el máximo antes que cause erosión del fondo del canal. El

método del esfuerzo cortante permisible es el más recomendado cuando se trabaja en el diseño de canales abiertos (Mexichem, 2012).

Cuando el agua fluye en un canal, esta desarrolla una fuerza que actúa en la dirección del flujo sobre el lecho del canal, esta fuerza tractiva es producida por el arrastre del agua sobre el área de contacto.

$$\tau_o = \gamma R S_o$$

Ecuación 10.

Donde:

$\tau_o$  = Esfuerzo cortante promedio, N/m<sup>2</sup> (lb/ft<sup>2</sup>)

$\gamma$  = Peso unitario del agua, 9810 N/m<sup>3</sup> (62.4 lb/ft<sup>3</sup>)

$R$  = Radio Hidráulico, m (ft)

$S_o$  = Pendiente del fondo del canal ó de la línea de energía, m/m (ft/ft)

El esfuerzo cortante máximo se presenta en el fondo del canal ( $\tau_d$ ). Para el proceso de diseño el máximo esfuerzo cortante en el fondo del canal se calcula como:

$$\tau_d = \gamma d S_o$$

Ecuación 11.

Donde:

$\tau_d$  = Esfuerzo cortante en el canal a la máxima profundidad, N/m<sup>2</sup> (lb/ft<sup>2</sup>)

$d$  = Máxima profundidad del flujo en el canal para el caudal de diseño, m (ft)

A partir de la ecuación de continuidad, la relación entre el esfuerzo cortante permisible y la velocidad permisible para un canal revestido puede ser encontrada con la siguiente expresión (Mexichem, 2012):

$$V_p = \frac{k}{n\sqrt{\gamma d}} R^{1/6} \tau_p^{1/2}$$

Ecuación 12.

Donde:

$V$  = Velocidad permisible del flujo, m/s (ft/s)

$\tau_p$  = Esfuerzo cortante permisible, N/m<sup>2</sup> (lb/ft<sup>2</sup>)

$K$  = 1.486 para unidades inglesas y 1.0 para unidades métricas

d = Máxima profundidad del flujo en el canal para el caudal de diseño, m (ft)

**Tabla 22.** Verificación de estabilidad de canales colectores de escorrentías

Estructura	Tramo	So (m/m)	y (m)	R(m)	$\tau_o$ (N/m <sup>2</sup> )	$\tau_d$ (N/m <sup>2</sup> )	Vp (m/s)	Verificación
Canal 1	P2-P3	0,10	0,11	0,08	80,27	107,12	10,42	Cumple
Canal 1	P3-P4	0,24	0,12	0,09	209,34	286,32	16,36	Cumple
Canal 1	P4-P5	0,14	0,17	0,12	158,89	237,82	13,06	Cumple
Canal 2	P6-P2	0,06	0,06	0,05	30,38	38,15	7,47	Cumple
Canal 3	P7-P2	0,06	0,07	0,05	31,73	40,25	7,53	Cumple
Canal 4	P8-P3	0,05	0,07	0,06	27,13	34,63	6,90	Cumple
Canal 5	P9-P3	0,04	0,06	0,05	18,50	22,78	6,01	Cumple
Canal 6	P10-P4	0,05	0,07	0,05	26,80	34,12	6,89	Cumple
Canal 7	P11-P4	0,04	0,05	0,04	15,72	18,76	5,85	Cumple

Fuente: La autora.

Elaborado por: La autora

d) Diseño de elementos de rugosidad artificial

Pese a que la velocidad media de los canales no sobrepasa la velocidad permisible, se ha considerado incluir elementos de rugosidad artificial en los tramos P3-P4 y P4-P5 del canal 1, para disminuir la velocidad del agua, precautelar la integridad y garantizar su vida útil. Los elementos elegidos para aportar rugosidad, consisten en barras continuas de 5 cm de altura, colocadas transversalmente en el fondo del canal, con una separación de 1 m. Estos elementos se construirán con listones de madera de (5 cm x 5 cm) forrados con geomembrana e irán pegados a la solera.

**Tabla 23.** Diseño de elementos de rugosidad artificial

Altura de la rugosidad	$\sigma =$	0,05	m
Coficiente rugosidad	k1 =	47,5	s/u
Coficiente rugosidad	k2 =	-1,2	s/u
Coficiente rugosidad	k3 =	0,1	s/u
Valor mínimo de C	C <sub>min</sub> =	21,88	s/u
Valor máximo de C	C <sub>max</sub> =	25,38	s/u

Estructura	Tramo	b (m)	h (m)	C (calculado)	C (asumido)	$\Theta$ (rad)	V (m/s)
Canal 1	P3-P4	0,50	0,07	2,15	21,88	0,24	3,15
Canal 1	P4-P5	0,50	0,12	2,22	21,88	0,14	2,77

Fuente: La autora.

Elaborado por: La autora

e) Diseño de drenaje subterráneo (subdrenes tipo zanja)

La siguiente expresión permite determinar el caudal total colectado por el subdren.

$$Q_{sd} = Q_{nf} + Q_{inf}$$

Ecuación 13.

Donde:

$Q_{sd}$  = Caudal del Subdren

$Q_{nf}$  = Caudal de abatimiento del nivel freático

$Q_{inf}$  = Caudal por infiltración

El caudal debido a la infiltración de la berma o sectores de aporte se evalúa con la siguiente expresión:

$$Q_{inf} = I \times B \times L \times F_i \times F_R$$

Ecuación 14.

Donde:

$I$  = Intensidad de precipitación de diseño (m/s)

$B$  = Ancho o reparte aguas de la carretera (m)

$L$  = Longitud del tramo considerado (m)

$F_i$  = Factor de infiltración debido a la superficie

$F_R$  = Factor de retención

Los valores del factor de infiltración dependen de la capa de rodadura; al ser el deslizamiento terreno natural con vegetación se ha asumido un valor de 0,5; el factor de retención recomendado para este tipo de obras es de  $F_R=0.3$ . En diseños de subdrenes el caudal de infiltración es el dominante, ya que es significativamente mayor que el caudal para el abatimiento del nivel freático (Mexichem, 2012).

Para determinar el caudal de abatimiento del nivel freático se utilizan las siguientes expresiones:

$$Q_{nf} = K \times i \times A_o$$

$$i = \frac{(N_d - N_f)}{B}$$

$$A_o = (N_d - N_f) \times L$$

Ecuación 15.

Donde:

$K$  = Permeabilidad del suelo (m/s)

$i$  = Gradiente hidráulico (m/m)

$A_o$  = Superficie de contacto bajo el nivel freático (m<sup>2</sup>)

$N_d$  = Cota inferior del subdren (m)

$N_f$  = Cota superior del nivel freático (m)

**Tabla 24.** Cálculos de caudales recolectados por los subdrenes

Intensidad de precipitación	I =	0,000035	m/s
Factor de infiltración	Fi =	0,50	s/u
Factor de retención	F <sub>R</sub> =	0,30	s/u
Permeabilidad suelo superficial	K =	0,000025	m/s
Cota inferior del subdren	Nd =	4,25	m
Cota del nivel freático	Nf =	4,00	m

Estructura	Tramo	Aportes	B(cm)	L(cm)	Qinf (m3/s)	Qnf (m3/s)	Qsd (m3/s)
Subdren 1	P1-P2	A1 - A2	37,24	28,05	0,0056	0,000001	0,0056
Subdren 2	P6-P2	A1	46,00	19,36	0,0047	0,000001	0,0047
Subdren 3	P7-P2	A2	45,00	17,73	0,0042	0,000001	0,0042
Subdren 1	P2-P3	A3 - A4	65,00	29,64	0,0102	0,000001	0,0102
Subdren 1	P2-P3	SB1 (P1-P2)					0,0056
Subdren 1	P2-P3	SB2 (P6-P2)					0,0047
Subdren 1	P2-P3	SB3 (P7-P2)					0,0042
Subdren 4	P8-P3		36,00	31,76	0,0061	0,000001	0,0061
Subdren 5	P9-P3		31,00	24,35	0,0040	0,000001	0,0040
Subdren 1	P3-P4	A5 - A6	67,00	33,15	0,0118	0,000001	0,0118
Subdren 1	P3-P4	SB1 (P2-P3)					0,0248
Subdren 1	P3-P4	SB4 (P8-P3)					0,0061
Subdren 1	P3-P4	SB5 (P9-P3)					0,0040
Subdren 6	P10-P4		34,00	35,19	0,0064	0,000002	0,0064
Subdren 7	P11-P4		28,00	33,32	0,0050	0,000002	0,0050
Subdren 1	P4-P5	A7 - A8	41,00	32,49	0,0071	0,000001	0,0071
Subdren 1	P4-P5	SB1 (P3-P4)					0,0467
Subdren 1	P4-P5	SB6 (P10-P4)					0,0064
Subdren 1	P4-P5	SB7 (P11-P4)					0,0050

Fuente: La autora.

Elaborado por: La autora

Con ayuda de la ecuación de Manning, la ecuación de continuidad, el radio hidráulico de una tubería a sección llena y la ecuación del área de una circunferencia se determina el diámetro de la tubería perforada para los subdrenes.

$$Q = \frac{1}{n} \cdot A \cdot R^{2/3} \cdot S^{1/2} \quad \left(1 - \frac{\text{sen } \theta}{\theta}\right) \frac{D}{4} \quad D = \left[ \frac{4^{5/3}}{\pi} Q n S^{-1/2} \right]^{3/8} \quad \text{Ecuación 16.}$$

Donde:

D = Diámetro de la tubería (m)

n = Coeficiente de rugosidad de Manning (s/u)

Q = Caudal del subdren (m3/s)

S = Pendiente del fondo del subdren ó de la línea de energía, m/m (m/m)

**Tabla 25.** Cálculo de diámetro de tubería perforada

Rugosidad de Manning		n =	0,012	s/u	
Estructura	Tramo	Qsd (m3/s)	So (m/m)	D (m)	D (mm)
Subdren 1	P1-P2	0,0056	0,07	0,07	100,00
Subdren 1	P2-P3	0,0248	0,10	0,11	160,00
Subdren 1	P3-P4	0,0467	0,24	0,12	160,00
Subdren 1	P4-P5	0,0651	0,10	0,16	160,00
Subdren 2	P6-P2	0,0047	0,06	0,07	100,00
Subdren 3	P7-P2	0,0042	0,06	0,06	100,00
Subdren 4	P8-P3	0,0061	0,05	0,08	100,00
Subdren 5	P9-P3	0,0040	0,05	0,07	100,00
Subdren 6	P10-P4	0,0064	0,05	0,08	100,00
Subdren 7	P11-P4	0,0050	0,04	0,07	100,00

**Fuente:** La autora.

**Elaborado por:** La autora

#### ▪ **Estabilización de talud con vegetación km 2+900 sector APC**

Las condiciones topográficas, edafológicas, geotécnicas, climatológicas, hidrológicas y paisajísticas del sector, son determinantes en la selección de las especies que se utilizarán en un proyecto de revegetación encaminado a estabilizar un talud. En base a estas consideraciones, se ha considerado que una alternativa biotecnológica para estabilizar el talud afectado sería la siembra de especies arbóreas en las partes bajas del terreno (laureles, arupos, alisos y sauces), en las partes altas, con pendientes fuertes y terreno irregular se sembraría especies arbustivas, como matorrales (uvillas, chilca, pumamaqui, e higuierilla, *Tibouchina laxa*), en toda la superficie se introducirían especies herbáceas (*Ageratina dendroides*, *Calamagrostis macrophylla*, *cortaderia nítida*).

La siembra de especies arbóreas se debe hacer siguiendo las curvas de nivel, las plántulas deben ir intercaladas cada 4 m, las semillas de las especies arbustivas y herbáceas se sembrarán en la capa vegetal de 0.10 m, para lo cual se esparcirán sobre el suelo conforme esta capa sea reconformada, la capa de suelo vegetal será fertilizada con abono orgánico. El detalle de la implantación de estas especies se indica en la Tabla 26 y en el plano de detalle de siembra de especies vegetales.

**Tabla 26.** Detalle de implantación de especies vegetales

<b>Implantación de especies vegetales</b>			
<b>Tipo</b>	<b>Cota inicio (m)</b>	<b>Cota final (m)</b>	<b>Área (m2)</b>
Aliso	2.188,00	2.193,00	1684,00
Sauce	2.193,00	2.196,00	1864,00
Arupo	2.196,00	2.199,00	1081,00
Laurel	2.199,00	2.205,00	1498,00
Arbustivas	2.205,00	2.211,00	2360,00
Herbáceas	2.188,00	2.211,00	8.487,00
Fertilizante	2.188,00	2.211,00	8.487,00

<b>Tipo arbóreo</b>	<b>Área</b>	<b>U / 16 m2</b>	<b>Cantidad</b>
Aliso	1684,00	4,00	443,00
Sauce	1864,00	4,00	490,00
Arupo	1081,00	4,00	284,00
Laurel	1498,00	4,00	394,00

<b>Tipo</b>	<b>Área (m2)</b>	<b>kg/m2</b>	<b>Cantidad (kg)</b>
Arbustivo	2360,00	0,02	49,00
Herbáceo	8487,00	0,02	175,00

<b>Tipo</b>	<b>Área (m2)</b>	<b>kg/m2</b>	<b>Cantidad (kg)</b>
Fertilizante	8487,00	0,10	875,00

Fuente: La autora.

Elaborado por: La autora

## **DISEÑO DEL DRENAJE SUPERFICIAL Y SUBDRENAJE ESTABILIZACIÓN DE TALUD SECTOR EL PLATEADO KM 4+500**

- a) Cálculo de los caudales esperados

**Tabla 27.** Determinación de caudales esperados

Cálculo del tiempo de concentración					
Estructura	Hs	Hi	$\Delta H$ (m)	Longitud (m)	Tc (min)
Canal 1	2254,00	2249,00	5,00	111,58	2,43
Canal 2	2249,00	2246,00	3,00	58,47	1,40
Canal 4	2242,70	2234,40	8,30	78,55	1,33
Canal 3	2240,00	2237,00	3,00	56,34	1,34

Intensidad de precipitación para periodo de retorno considerado			
Intensidad diaria para TR	$I_{d_{TR}} =$	2,90	mm/h
Tiempo de concentración	t =	5,00	minutos
Periodo de retorno considerado	TR =	25	años
Intensidad precipitación para TR	$I_{TR} =$	122,61	mm/h
Intensidad precipitación para TR	$I_{TR} =$	127,60	mm/h
Intensidad precipitación para TR	$I_{TR} =$	127,60	mm/h

Cálculo de caudales máximos esperados para canales colectores						
Estructura	Tramo	Aportes	Área (m <sup>2</sup> )	Área (ha)	C	Q (m <sup>3</sup> /s)
Canal 1	P1-P2	Área 1	19263,00	1,93	1,00	0,68
Canal 2	P3-P4	Área 2	10019,00	1,00	1,00	0,36
Canal 3	P8-P6	Área 3	6643,00	0,66	1,00	0,24
Canal 4	P5-P6-P7	0,25*Área 3	1660,75	0,17	1,00	0,06
Canal 4	P5-P6-P7	Área 4	5684,00	0,57	1,00	0,20
Canal 4	P5-P6-P7	C1 (P1-P2)				0,68
Canal 4	P5-P6-P7	C2 (P3-P4)				0,36
Canal 4	P5-P6-P7	C3 (P8-P6)				0,24

Fuente: La autora.

Elaborado por: La autora

b) Dimensionamiento de canales colectores de escorrentía superficial

**Tabla 28.** Dimensionamiento de cunetas y canales colectores de escorrentías

Rugosidad de Manning	n =	0,020	s/u
Pendiente de paredes	Z =	0,60	m/m
Coefficiente capacidad	C =	1,50	s/u
Peso específico agua	$\gamma =$	9810,00	N/m <sup>3</sup>

Dimensionamiento de canales de recolección de escorrentías superficiales									
Estructura	Tramo	Q (m <sup>3</sup> /s)	So (m/m)	b (m)	y (m)	F (m)	BL (m)	H (m)	V (m/s)
Canal 1	P1-P2	0,68	0,04	0,60	0,28	0,65	0,47	0,85	3,11
Canal 2	P3-P4	0,36	0,03	0,60	0,21	0,56	0,44	0,71	2,37
Canal 3	P8-P6	0,24	0,05	0,60	0,14	0,45	0,43	0,58	2,51
Canal 4	P5-P6-P7	1,53	0,12	0,60	0,33	0,71	0,55	0,96	5,78

Fuente: La autora.

Elaborado por: La autora

Por facilidades constructivas y atendiendo a las recomendaciones indicadas en (INVIAS, 2009), se adoptan las dimensiones indicadas en la Tabla 29.

**Tabla 29.** Dimensionamiento adoptadas para cunetas colectoras de escorrentías

Dimensiones de Canales Colectores					
Estructura	Tramo	b (m)	H (m)	T(m)	Z
Canal 1	P1-P2	0,60	0,90	0,94	0,60
Canal 2	P3-P4	0,60	0,70	0,85	0,60
Canal 3	P8-P6	0,60	0,60	0,76	0,60
Canal 4	P5-P6-P7	0,60	1,00	1,00	0,60

Fuente: La autora.

Elaborado por: La autora

c) Verificación de estabilidad de los canales

**Tabla 30.** Verificación de estabilidad de canales colectoras de escorrentías

Estructura	Tramo	So (m/m)	y (m)	R(m)	$\tau_o$ (N/m <sup>2</sup> )	$\tau_d$ (N/m <sup>2</sup> )	Vp (m/s)	Verificación
Canal 1	P1-P2	0,04	0,28	0,17	68,12	111,71	7,47	Cumple
Canal 2	P3-P4	0,03	0,21	0,14	42,21	63,13	6,34	Cumple
Canal 3	P8-P6	0,05	0,14	0,10	52,97	71,45	7,87	Cumple
Canal 4	P5-P6-P7	0,12	0,33	0,19	227,20	390,66	13,17	Cumple

Fuente: La autora.

Elaborado por: La autora

d) Diseño de elementos de rugosidad artificial

Para evitar la erosión en la descarga final del drenaje superficial, se ha considerado incluir elementos de rugosidad artificial en el tramo final del Canal 4 (Tramo P6-P8), con la finalidad de disminuir la velocidad del agua y evitar procesos de erosión. Los elementos elegidos para aportar rugosidad, consisten en vigas continuas de (5.00 x 10.00 x 66.00) cm, las cuales irán colocadas transversalmente en el fondo del canal con una separación de 1 m. Estos elementos se construirán con listones de madera de (5 cm x 5 cm) forrados con geomembrana e irán pegados a la solera.

**Tabla 31.** Diseño de elementos de rugosidad artificial

Altura de la rugosidad	$\sigma =$	0,05	m
Coficiente rugosidad	k1 =	47,5	s/u
Coficiente rugosidad	k2 =	-1,2	s/u
Coficiente rugosidad	k3 =	0,1	s/u
Valor mínimo de C	C <sub>min</sub> =	21,88	s/u
Valor máximo de C	C <sub>max</sub> =	25,38	s/u

Estructura	Tramo	b (m)	h (m)	C (calculado)	C (asumido)	$\Theta$ (rad)	V (m/s)
Canal 4	P5-P6-P7	0,60	0,28	2,44	21,88	0,12	3,32

Fuente: La autora.

Elaborado por: La autora

e) Diseño de drenaje subterráneo (subdrenes tipo zanja)

**Tabla 32.** Cálculo de caudales recolectados por los subdrenes

Intensidad de precipitación	I =	0,000035	m/s
Factor de infiltración	Fi =	0,50	s/u
Factor de retención	F <sub>R</sub> =	0,30	s/u
Permeabilidad suelo superficial	K =	0,000025	m/s
Cota inferior del subdren	Nd =	4,25	m
Cota del nivel freático	Nf =	4,00	m

Estructura	Tramo	Aportes	B(cm)	L(cm)	Qinf (m3/s)	Qnf (m3/s)	Qsd (m3/s)
Subdren 1	P1-P2	Área 1	123,00	100,00	0,0654	0,000002	0,0654

**Fuente:** La autora.

**Elaborado por:** La autora

**Tabla 33.** Cálculo de diámetro de tubería perforada y subdren de zanja

Rugosidad de Manning		n =	0,012	s/u	
<b>Estructura</b>	<b>Tramo</b>	<b>Qsd (m3/s)</b>	<b>So (m/m)</b>	<b>D (m)</b>	<b>D (mm)</b>
Subdren 1	P1-P2	0,0654	0,04	0,19	200,00
<b>Tipo de subdrenes y dimensiones</b>					
<b>Estructura</b>	<b>Tramo</b>	<b>Subdren</b>	<b>Ancho (m)</b>	<b>Altura (m)</b>	<b>D (mm)</b>
Subdren 1	P1-P2	Tipo A	1,20	1,70	200,00

**Fuente:** La autora.

**Elaborado por:** La autora

▪ **Estabilización de talud con vegetación km 4+500 sector URNA**

La siembra de especies arbóreas se debe hacer siguiendo las curvas de nivel, las plántulas deben ir intercaladas cada 5 m, las semillas de las especies arbustivas y herbáceas se sembrarán en la capa vegetal de 0.10 m, para lo cual se esparcirán sobre el suelo conforme esta capa sea reconfirmada, la capa de suelo vegetal será fertilizada con abono orgánico. El detalle de la implantación de estas especies se indica en la Tabla 34 y en el plano de detalle de siembra de especies vegetales.

**Tabla 34.** Detalle de implantación de especies vegetales

Implantación de especies vegetales					
Tipo	Cota inicio (m)	Cota final (m)	Área (m2)	Cantidad	Unidades
Aliso	2.249,00	2.253,50	8397,00	1344,00	u
Aliso	2.233,00	2.240,50	2749,00	440,00	u
Sauce	2.253,50	2.263,00	9860,00	1578,00	u
Arupo	2.234,00	2.249,00	4222,00	676,00	u
Laurel	2.240,50	2.245,00	3460,00	554,00	u
Arbustivas	2.245,00	2.253,00	2507,00	52,00	kg
Arbustivas	2.252,00	2.264,00	2693,00	56,00	kg
Herbáceas	2.233,00	2.264,00	33.888,00	699,00	kg
Fertilizante	2.233,00	2.264,00	33.888,00	3491,00	kg

DETALLE DE ESPECIES VEGETALES			
Tipo arbóreo	Área	U / 25 m2	Plantas (U)
Alisos	11146,00	4,00	1784,00
Sauce	9860,00	4,00	1578,00
Arupo	4222,00	4,00	676,00
Laurel	3460,00	4,00	554,00

Tipo	Área (m2)	kg/m2	Semillas (kg)
Arbustivo	5200,00	0,02	108,00
Herbáceo	33888,00	0,02	699,00

Tipo	Área (m2)	kg/m2	Cantidad (kg)
Fertilizante	33888,00	0,10	3491,00

Fuente: La autora.

Elaborado por: La autora

## CONCLUSIONES

- En la cuenca de Loja la inestabilidad de las laderas del km 2+900 y km 4+500 de la vía Loja – Catamayo se ha generado en primer lugar por su litología, existe la presencia de suelos cuaternarios compuestos por cuerpos arcillosos y limo arcillosos intercalados con areniscas y conglomerados, seguido las precipitaciones y pendientes (mayores al 56.00 %) con lo que se provoca la degradación de suelos, e inestabilidad de taludes con prácticas agropecuarias.
- La presencia de materiales superficiales de escombros y rellenos finos, medios a gruesos que están presentes a lo largo de la carretera en estudio km 2+900 y km 4+500, se hallan o están sometidos a grandes procesos de intemperismo y erosión. Debido principalmente a que en ciertos lugares no existe cobertura vegetal, por lo cual son susceptibles de ser erosionados o perder estabilidad en condiciones de la falta de drenajes.
- El talud km 2+900 posee un movimiento combinado rotacional – traslacional con un factor de seguridad menor a 1 y con un desplazamiento mayor a 0.13 m, considerándolo al talud como inestable pero con un movimiento de masa lento.
- El talud km 2+900 al estabilizarlo mediante la modelación en el software phase cumple con la normativa Ecuatoriana al ser el  $FS \geq 1.5$ , esto mediante el uso de geotextil, reposición de material con subbase clase III, drenes y subdrenes pero el desplazamiento se desfasa debido a que el software phase no asigna al subdren su función sino que los asume como una carga.
- El talud km 4+500 se determina que el deslizamiento es de tipo reptacional lento con un factor de seguridad menor a 1 y con desplazamientos mayores a 0.70 m, demostrado mediante el análisis por elementos finitos que el talud es inestable.
- El talud km 4+500 al estabilizarlo posee valores  $\geq 1.5$ , esto mediante el uso de geotextil tipo sánduche, reposición de material con subbase clase III pero el desplazamiento disminuye al no considerar los subdrenes para simular en el software phase.
- El esfuerzo cortante en el talud km 2+900 ocurre en la capa I mientras que en el km 4+500 los esfuerzos cortantes donde producen el desplazamiento se encuentra en la capa II.

- En el talud 1 km 2+900 se ha detectado una humedad relativa a los 21.60 m y en el talud 2 km 4+500 se encuentra la humedad a una profundidad de 33.90 mediante datos recopilados del MTOP. En tal virtud a estos sectores se los puede catalogar secos, por lo tanto los asentamientos son superficiales.
- Para captar y conducir la escorrentía superficial en el deslizamiento del sector Belén KM 2+900 (Talud APC), se implementará un sistema de drenaje compuesto por canales colectores de suelo cemento y subdrenes tipo zanja, el cual estará conformado por ramal principal y seis ramales secundarios, la descarga del ramal principal estará direccionada hacia zonas seguras. La pendiente de los canales colectores y subdrenes se acoplará a la topografía, los canales colectores tendrán geometría trapezoidal, las dimensiones se calcularán en función de los caudales esperados. (Anexo VII – Lámina 3)
- Dadas las características topográficas del sector Belén KM 2+900 (Talud APC), es necesario implementar elementos de rugosidad artificial en los tramos P3-P4 y P4-P5 del Canal 1, lo cual permitirá reducir la velocidad de descarga. (Anexo VII – Lámina 3)
- En este estudio correspondiente al Talud 2 Km 4+500 sector el Plateado se debe proyectar a la construcción de un puente, para solucionar el asentamiento producido en la vía debido a las cargas constantes de gran magnitud (flujo vehicular), las partículas mal compactadas obedecen deformaciones y reacomodo en su estructura interna, al aumentar la presión de poros, es latente el lento y continuo hundimiento de la vía, además se deberá realizar la remoción de materiales inestables y la reconformación del terreno.
- Dadas las características topográficas del sector El Plateado KM 4+500 (Talud Urna), con el propósito de prevenir problemas de erosión es necesario implementar elementos de rugosidad artificial en el tramo P6-P7, lo cual permitirá reducir la velocidad de descarga. (Anexo VII – Lámina 3)
- Adicional a las medidas de estabilización planteadas se ha considerado incluir la estabilización de los taludes con vegetación, lo cual contribuirá a la estabilidad de los sectores afectados. Las técnicas de bioingeniería planteadas incluyen el uso de especies vegetales propias de la zona, estas especies reducirán la infiltración de escorrentías y darán mayor resistencia a los esfuerzos cortantes del suelo, con lo cual se mitigarán el desplazamiento masas en las laderas del km 2+900 y km 4+500. (Anexo VII – Lámina 4 y 5)

## RECOMENDACIONES

- Siendo la presencia del agua una de las causas principales de la inestabilidad de los taludes del km 2+900 y km 4+500, los mismos que por la información recopilada provoca en época invernal un aumento de infiltración, es fundamental el disminuir el volumen del líquido que ingresa al talud, con lo que se recomienda la implementación de las medidas de mitigación indicadas, con el propósito de captar agua y evitar que sature el suelo provocando la inestabilidad de estas dos taludes.
- En el deslizamiento del sector Belén KM 2+900 (Talud APC), la estructura de la vía debe ser reconstruida y el talud cercano a la vía debe ser reconfigurado, la cuneta de la vía debe ser reformada y aprovechada como cuneta de coronación, para lo cual a la corona del talud debe dársele una pendiente hacia la cuneta de la vía, con lo cual se evitará el ingreso directo del escurrimiento de la vía hacia el sitio intervenido.
- En el sector del deslizamiento de Belén KM 2+900 (Talud APC), se debe efectuar una revisión exhaustiva de las redes de agua potable, alcantarillado sanitario y alcantarillado pluvial en las cercanías del sitio de evento, con la finalidad de descartar daños en estos sistemas que estén contribuyendo a la desestabilización del sector.
- En los tramos con morfología abrupta deben utilizarse como escombreras las partes bajas y demás sectores de topografía regular. Los escombros deben ser depositados de tal manera que no obstruyan el drenaje natural y que no sean susceptibles a deslizarse.
- El material de cobertura de aspecto arcilloso, suelo vegetal y parte meteorizada debe desecharse, especialmente en las partes bajas en donde se encuentran con más plasticidad.
- Los taludes km 2+900 y km 4+500 se deben proteger con plantaciones para evitar la erosión superficial que puede causar el colapso del talud, ya que estas plantas drenan al agua que absorben sus raíces. (Anexo VII – Lámina 4 y 5)
- Concientizar a la población que habita en las zonas en el cuidado y limpieza de cunetas, esto se debe realizar mediante charlas y talleres.

- Lo conveniente en estas dos laderas es que el municipio los declare como zonas no urbanizables para que no exista perdidas económicas al implantar viviendas en estos sectores.

## BIBLIOGRAFÍA

- AYALA, F., ANDREU, F., MARQUES, M., FERRER, M., FERNÁNDEZ, I., OLALLA, C. et al. (1986). Instituto Geológico y Minero de España. España.
- Base topográfica editada por el IGM y digitalizados por el Consejo Provincial de Loja y por el SIG – UTPL.
- CASTRO, D. (2000). Tesis Doctoral: *Estudio y análisis de las membranas flexibles como elemento de soporte para la estabilización de taludes y laderas de suelos y/o materiales sueltos*. Universidad de Cantabria.
- CHOW, Ven Te (1994). Hidráulica de los Canales Abiertos. Santafé de Bogotá, Colombia. Editorial McGraw-Hill Interamericana S.A.
- COELLO, Cristian (2012). Control de Aguas Superficiales y Subterráneas. Capítulo 13. Documento. Editorial Universidad de Cuenca.
- DUARTE, Agudelo (2009). Introducción a la hidráulica de canales, Universidad Nacional de Colombia, sede Bogotá, Segunda edición, Bogotá.
- GONZÁLEZ DE VALLEJO, L., FERRER, M., ORTUÑO, L., OTEO, C. (2002). *Ingeniería Geológica*. Pearson educación, Madrid.
- GUARTÁN, J. (2010). Tesis máster, Zonificación sísmica de la cuenca de Loja (Ecuador), a partir de datos litológicos y medidas de ruido ambiental.
- HUNGERBÜHLER D., Steinmann, M., Winkler W., Seward D., Egüez A., Peterson D.E., Helg U., and Hammer C., 2001, Neogene stratigraphy and Andean geodynamics of southern Ecuador, *Earth Science Reviews*, 57, p. 75-124
- INAMHI (2015). Determinación de ecuaciones para el cálculo de intensidades máximas de precipitación. Quito, Ecuador.
- INVIAS (2009). Manual de Drenaje para Carreteras del Instituto Nacional de Vías de la República de Colombia.
- MEXICHEM (2012). Manual y software de diseño con Geosintéticos Geosof Pavco. Novena Edición. Bogotá DC. Colombia. Editorial Norte Gráfico.
- Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda, (2014). Geotécnia y Cimentaciones. Recuperado de [http://www.cicp-ec.com/documentos/NEC\\_2015/NEC\\_SE\\_GC\\_Geotecnia\\_y\\_Cimentaciones.pdf](http://www.cicp-ec.com/documentos/NEC_2015/NEC_SE_GC_Geotecnia_y_Cimentaciones.pdf)

- MTOP, 2015. Estudio para la ampliación a cuatro carriles de la carretera Loja – Catamayo incluye el acceso al aeropuerto, ubicado en la provincia de Loja.
- ROCSCIENCE. PHASE 2. : Guía rápida del usuario. 2010.
- SOTELO, Gilberto (1974). Hidráulica general: fundamentos. Editorial Limusa
- SUÁREZ, J. (2003). *Deslizamientos; Análisis Geotécnico*. Colombia. Disponible en: [www.erosion.com.co](http://www.erosion.com.co).
- SUAREZ, Jaime (2009). Deslizamientos: Técnicas de Remediación - Obras de Drenaje y Subdrenaje. Capítulo 2. ISBN: 958-8504-04-9. Bucaramanga, Colombia. Editorial Universidad Industrial de Santander.
- TAMAY GRANDA, J. (2004). Mapa Geológico preliminar de la Hoya de Loja. Escuela de geología y Minas. UCG-SIG/UPSI – UTPL. Loja – Ecuador, p. 1.
- TOMÁS, R., DELGADO, J., LOPÉZ-SÁNCHEZ, J.M. (2005). Técnicas de Ingeniería cartográfica empleadas en el estudio de subsidencia y movimientos de ladera: principales características y análisis comparativo. Proc. XVII Ingeggraf-XV ADM Internacional Congress. España. Disponible en: [www.ingegraf.es/pdf/titulos/.../T5.pdf](http://www.ingegraf.es/pdf/titulos/.../T5.pdf)
- ZÁRATE, B. (2011). Monitoreo de movimientos de ladera en el Sector de San Pedro de Vilcabamba mediante procedimientos GPS, MASKANA, Vol. 2, No.2.

## **ANEXOS**



**PRESUPUESTOS**

---

**ESTABILIZACIÓN DE TALUD**

**PRESUPUESTO ESTABILIZACIÓN TALUD APC - SECTOR BELÉN - KM 2+900,00**

Rubro	Descripción del rubro	Unidad	Cantidad	P. Unitario	P. Total
<b>A</b>	<b>ACTIVIDADES PRELIMINARES</b>				
001	Señalética de seguridad	U	6.00	\$ 350.00	\$ 2,100.00
002	Replanteo y nivelación topográfica	Ha	0.87	\$ 300.00	\$ 261.03
004	Movilización y desmovilización de maquinaria	Global	1.00	\$ 600.00	\$ 600.00
005	Cuñas radiales	U	10.00	\$ 25.00	\$ 250.00
<b>B</b>	<b>CONFORMACIÓN DE TALUDES</b>			<b>Parcial =</b>	<b>\$ 3,211.03</b>
007	Excavación mecánica de suelo natural (h = 0,50 m)	m3	4350.50	\$ 1.60	\$ 6,960.80
008	Conformación de talud con sub-base clase III (e = 0,40 m)	m3	4176.48	\$ 17.09	\$ 71,376.04
009	Provisión y colocación de geotextil de alto módulo	m2	8875.02	\$ 5.70	\$ 50,587.61
010	Conformación de capa de suelo vegetal (e = 0,10 m)	m3	1044.12	\$ 4.51	\$ 4,708.98
012	Desalojo de material excavado	m3.Km	54381.25	\$ 0.20	\$ 10,876.25
<b>C</b>	<b>SUBDRENES TIPO ZANJA</b>			<b>Parcial =</b>	<b>\$ 144,509.69</b>
013	Replanteo y nivelación	m2	566.56	\$ 0.55	\$ 311.61
014	Excavación de zanja (profundidad h = 3,75 m)	m3	1062.30	\$ 3.74	\$ 3,973.00
015	Provisión y colocación de geotextil NT-1800	m2	2552.31	\$ 2.85	\$ 7,274.08
016	Provisión y colocación de material granular de 1 pulgada	m3	950.38	\$ 30.39	\$ 28,882.11
017	Provisión y colocación de tubería perforada de 110 mm	m	189.48	\$ 9.06	\$ 1,716.69
018	Provisión y colocación de tubería perforada de 160 mm	m	61.64	\$ 14.71	\$ 906.72
019	Provisión y colocación de tubería perforada de 200 mm	m	32.16	\$ 22.10	\$ 710.74
020	Relleno compactado con sub-base clase III (e = 0,30 m)	m3	84.98	\$ 22.20	\$ 1,886.64
021	Desalojo de material excavado	m3.km	13809.90	\$ 0.20	\$ 2,761.98
<b>C</b>	<b>CANALES COLECTORES</b>			<b>Parcial =</b>	<b>\$ 48,423.57</b>
022	Replanteo y nivelación	m2	510.60	\$ 1.22	\$ 622.93
023	Excavación mecánica de zanja (h = 0,60 m)	m3	109.04	\$ 1.60	\$ 174.47
024	Excavación manual	m3	48.44	\$ 9.90	\$ 479.58
025	Provisión y colocación de sacos de suelo - cemento	m3	53.29	\$ 103.18	\$ 5,498.09
026	Provisión y colocación de geomembrana GHDPE150-LN	m2	797.95	\$ 5.32	\$ 4,245.08
027	Reconformación de taludes	m3	157.48	\$ 1.28	\$ 201.58
<b>E</b>	<b>OBRAS DE ARTE (CAJA DE DESCARGA)</b>			<b>Parcial =</b>	<b>\$ 11,221.73</b>
028	Excavación de zanja (profundidad h = 4,5 m)	m3	15.21	\$ 3.74	\$ 56.89
029	Excavación manual	m3	3.04	\$ 9.90	\$ 30.12
030	hormigón ciclopeo (60% f'c = 210 kg/cm2 + 40% piedra)	U	9.71	\$ 180.50	\$ 1,751.93
031	Tubería corrugada de PVC sanitaria Ø = 200 mm	m	3.00	\$ 27.60	\$ 82.80
032	Cama de arena para tubería	m3	0.90	\$ 24.27	\$ 21.84
033	Relleno y compactado manual con material del sitio	m3	26.03	\$ 4.12	\$ 107.25
<b>F</b>	<b>REVEGETACIÓN DE TALUDES</b>			<b>Parcial =</b>	<b>\$ 2,050.83</b>
034	Suministro y plantación de arboles de Aliso	U	443.00	\$ 2.86	\$ 1,266.98
035	Suministro y plantación de arboles de Sauce	U	490.00	\$ 1.72	\$ 842.80
036	Suministro y plantación de arboles de Arupo	U	284.00	\$ 2.32	\$ 658.88
037	Suministro y plantación de arboles de Laurel	U	394.00	\$ 2.80	\$ 1,103.20
038	Suministro y plantación de especies arbustivas	m2	2360.00	\$ 0.52	\$ 1,227.20
039	Suministro y plantación de especies herbáceas	m2	8487.00	\$ 0.45	\$ 3,819.15
040	Suministro y colocación de fertilizante orgánico	m2	8487.00	\$ 0.94	\$ 7,977.78
<b>G</b>	<b>IMPACTO AMBIENTAL</b>			<b>Parcial =</b>	<b>\$ 16,895.99</b>
037	Control de polvo en la vía	Global	1.00	\$ 2,000.00	\$ 2,000.00
038	Reconformación de botaderos	Global	1.00	\$ 1,500.00	\$ 1,500.00
040	Mantenimiento vial durante ejecución del proyecto	Global	1.00	\$ 1,200.00	\$ 1,200.00
				<b>Parcial =</b>	<b>\$ 4,700.00</b>

**TOTAL = \$ 231,012.85**

**PRESUPUESTO ESTABILIZACIÓN SECTOR EL PLATEADO**

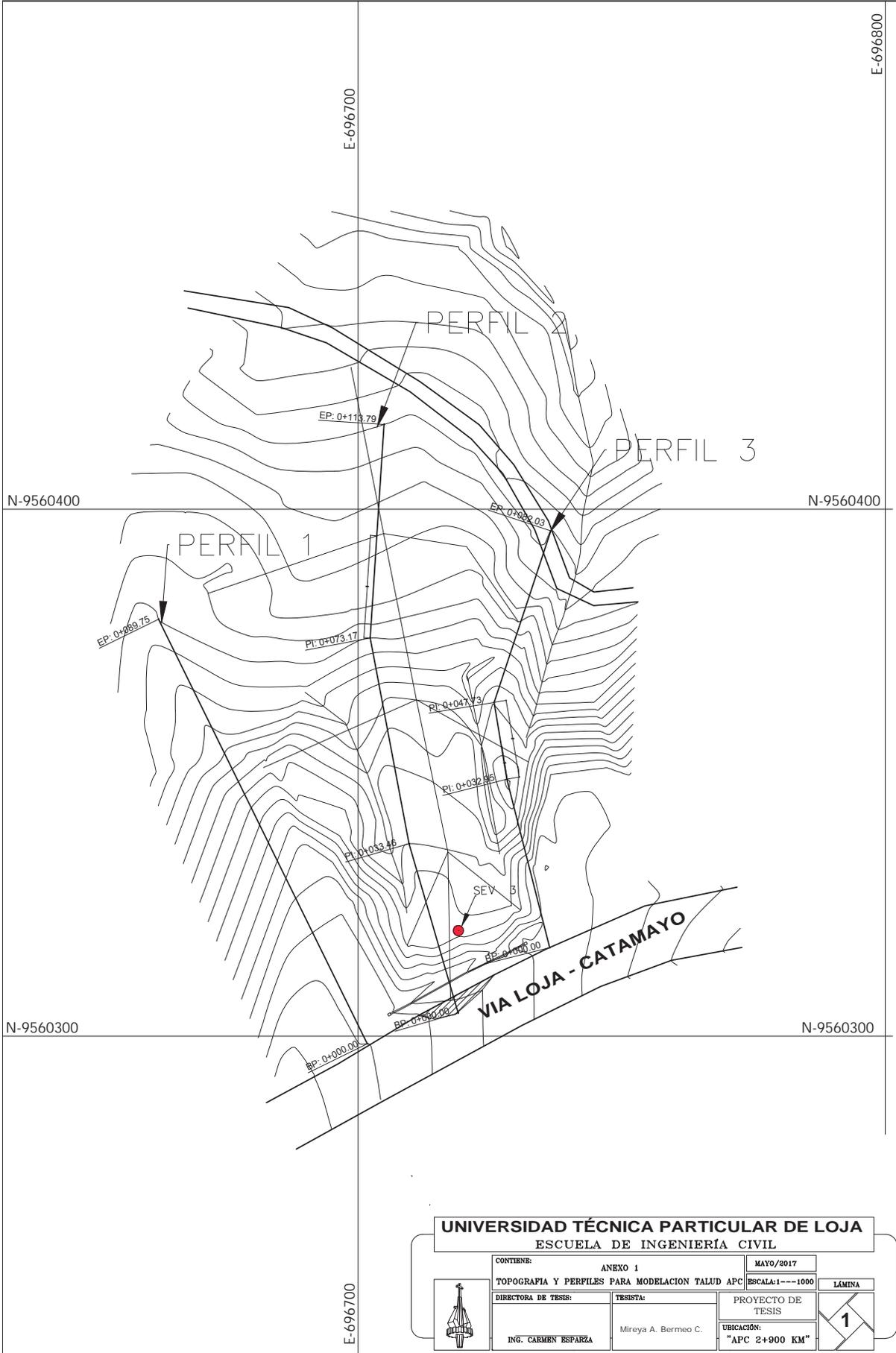
Rubro	Descripción del rubro	Unidad	Cantidad	P. Unitario	P. Total
<b>A</b>	<b>ACTIVIDADES PRELIMINARES</b>				
1	Señalética de seguridad	U	4.00	\$ 350.00	\$ 1,400.00
2	Replanteo y nivelación topográfica	Ha	3.39	\$ 300.00	\$ 1,016.64
3	Movilización y desmovilización de maquinaria	Global	1.00	\$ 800.00	\$ 800.00
4	Cuñas radiales	U	15.00	\$ 25.00	\$ 375.00
<b>B</b>	<b>CONFORMACIÓN DE TALUDES</b>			<b>Parcial =</b>	<b>\$ 3,591.64</b>
5	Excavación mecánica de suelo natural (h = 0,50 m)	m3	14834.60	\$ 1.60	\$ 23,735.36
6	Conformación de talud con sub-base clase III (e = 0,40 m)	m3	11867.68	\$ 17.09	\$ 202,818.65
7	Provisión y colocación de geotextil de alto módulo	m2	55562.32	\$ 5.70	\$ 316,705.22
8	Conformación de capa de suelo vegetal (e = 0,10 m)	m3	2966.92	\$ 4.51	\$ 13,380.81
9	Desalojo de material excavado	m3.Km	185432.50	\$ 0.20	\$ 37,086.50
<b>C</b>	<b>SUBDRENES TIPO ZANJA</b>			<b>Parcial =</b>	<b>\$ 593,726.54</b>
10	Replanteo y nivelación	m2	200.00	\$ 0.55	\$ 110.00
11	Excavación de zanja (profundidad 0 a 2,00 m)	m3	240.00	\$ 3.74	\$ 897.60
12	Provisión y colocación de geotextil NT-1800	m2	610.00	\$ 2.85	\$ 1,738.50
13	Provisión y colocación de material granular de 1 pulgada	m3	204.00	\$ 30.39	\$ 6,199.56
14	Provisión y colocación de tubería perforada de 200 mm	m	100.00	\$ 22.10	\$ 2,210.00
15	Relleno compactado con sub-base clase III (e = 0,30 m)	m3	36.00	\$ 22.20	\$ 799.20
16	Desalojo de material excavado	m3.km	3000.00	\$ 0.20	\$ 600.00
<b>C</b>	<b>CANALES COLECTORES</b>			<b>Parcial =</b>	<b>\$ 12,554.86</b>
17	Replanteo y nivelación	m2	908.22	\$ 1.22	\$ 1,108.03
18	Excavación mecánica de zanja (h = 0,60 a 1,00 m)	m3	494.40	\$ 1.33	\$ 657.56
19	Excavación manual	m3	62.94	\$ 9.90	\$ 623.14
20	Provisión y colocación de sacos de suelo - cemento	m3	62.94	\$ 103.18	\$ 6,494.52
21	Provisión y colocación de geomembrana GHDPE150-LN	m2	1241.99	\$ 5.32	\$ 6,607.39
22	Relleno compactado con material de sitio	m3	29.12	\$ 6.47	\$ 188.41
23	Reconformación de taludes	m3	181.64	\$ 1.28	\$ 232.50
24	Desalojo de material excavado	m3.km	6602.83	\$ 0.20	\$ 1,320.57
<b>E</b>	<b>OBRAS DE ARTE (CAJA DE RECOLECCIÓN)</b>			<b>Parcial =</b>	<b>\$ 17,232.11</b>
25	Excavación mecánica (profundidad h = 4,0 m)	m3	7.31	\$ 3.74	\$ 27.33
26	Excavación manual	m3	3.61	\$ 9.90	\$ 35.72
27	hormigón f'c = 210 kg/cm2	m3	6.41	\$ 201.95	\$ 1,294.10
28	Malla electrosoldada (1 Φ 10 mm @ 15 x 15 cm)	kg	260.81	\$ 2.28	\$ 594.64
29	Desalojo de material excavado	m3.km	68.21	\$ 0.20	\$ 13.64
30	Relleno y compactado manual con material del sitio	m3	5.46	\$ 6.47	\$ 35.31
<b>F</b>	<b>REVEGETACIÓN DE TALUDES</b>			<b>Parcial =</b>	<b>\$ 2,000.73</b>
31	Suministro y plantación de arboles de Alisos	U	1784.00	\$ 2.86	\$ 5,102.24
32	Suministro y plantación de arboles de Sauce	U	1578.00	\$ 1.72	\$ 2,714.16
32	Suministro y plantación de arboles de Arupo	U	676.00	\$ 2.32	\$ 1,568.32
33	Suministro y plantación de arboles de Laurel	U	554.00	\$ 2.80	\$ 1,551.20
33	Suministro y plantación de especies arbustivas	m2	5200.00	\$ 0.52	\$ 2,704.00
34	Suministro y plantación de especies herbáceas	m2	33888.00	\$ 0.45	\$ 15,249.60
34	Suministro y colocación de fertilizante orgánico	m2	33888.00	\$ 0.94	\$ 31,854.72
<b>G</b>	<b>IMPACTO AMBIENTAL</b>			<b>Parcial =</b>	<b>\$ 60,744.24</b>
35	Control de polvo en la vía	Global	1.00	\$ 2,000.00	\$ 2,000.00
36	Reconformación de botaderos	Global	1.00	\$ 1,500.00	\$ 1,500.00
37	Mantenimiento vial durante ejecución del proyecto	Global	1.00	\$ 1,200.00	\$ 1,200.00
				<b>Parcial =</b>	<b>\$ 4,700.00</b>
				<b>TOTAL =</b>	<b>\$ 694,550.12</b>



# **ANEXO I**

---

## **TOPOGRAFÍA Y PERFILES**

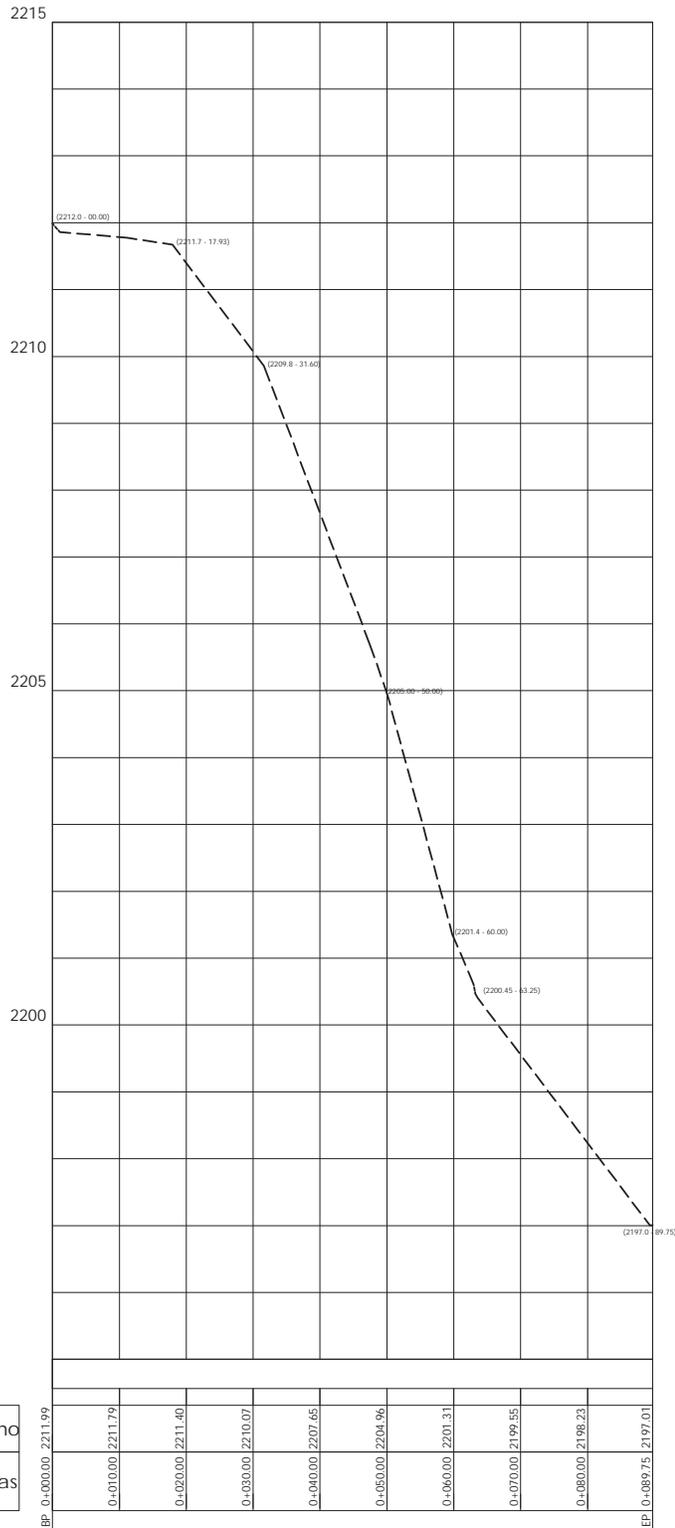


**UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA**  
**ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL**

CONTIENE: ANEXO 1		MAYO/2017	LÁMINA
TOPOGRAFIA Y PERFILES PARA MODELACION TALUD APC		ESCALA: 1---1000	
DIRECTORA DE TESIS:	TESISTA:	PROYECTO DE TESIS	1
ING. CARMEN ESPARZA	Mireya A. Bermeo C.	UBICACIÓN: "APC 2+900 KM"	

E-696700

PERFIL # 01

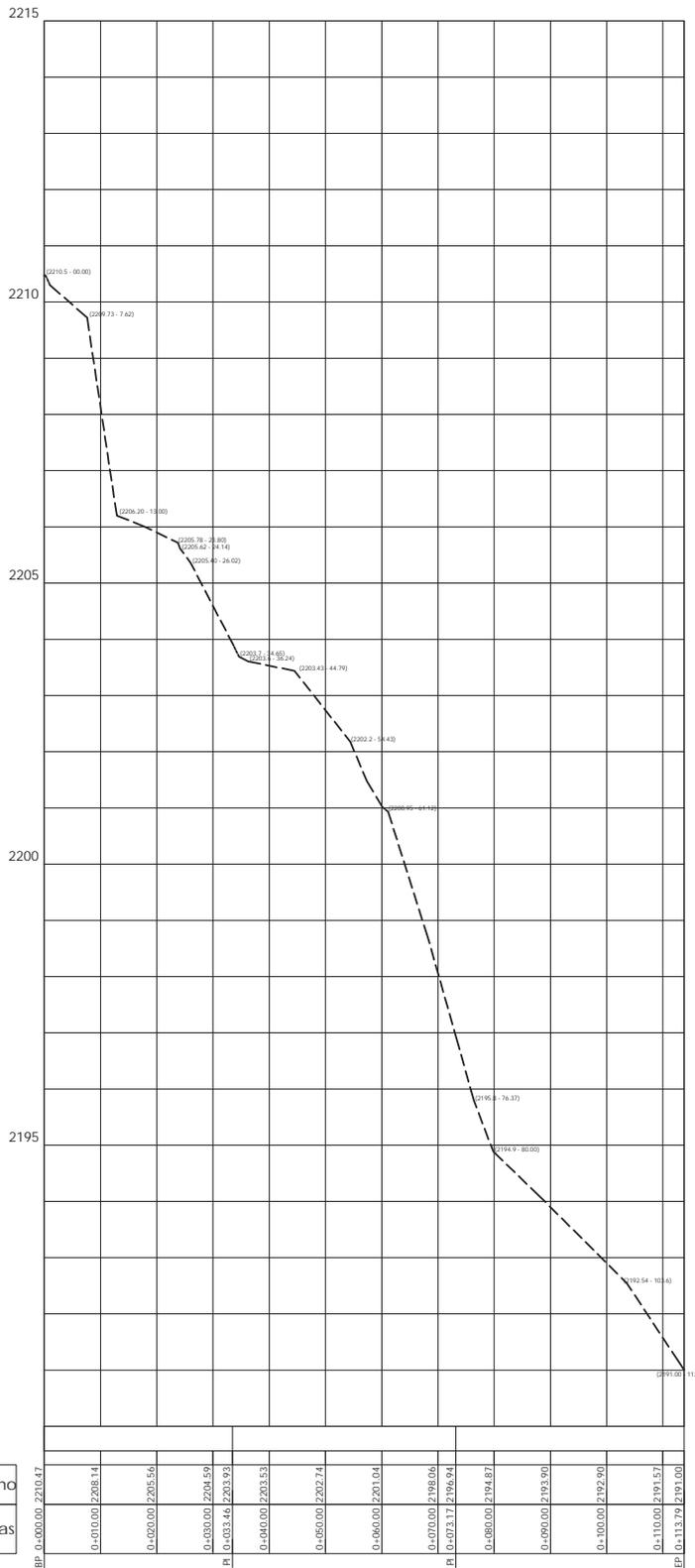


Terreno	0+000.00 - 2211.99
Abcisas	0+010.00 - 2211.79

**UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA**  
**ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL**

	CONTIENE: <b>ANEXO 2</b> <b>PERFIL # 01 APC 2+900 KM VIA CATAMAYO</b>	MAYO/2017 ESCALA H: 1---100 V: 1---100	LÁMINA <div style="border: 2px solid black; width: 30px; height: 30px; display: flex; align-items: center; justify-content: center; margin: 0 auto;"> <span style="font-size: 24px; font-weight: bold;">2</span> </div>
	DIRECTORA DE TESIS: ING. CARMEN ESPARZA	TESISISTA: Mireya A. Bermeo C.	

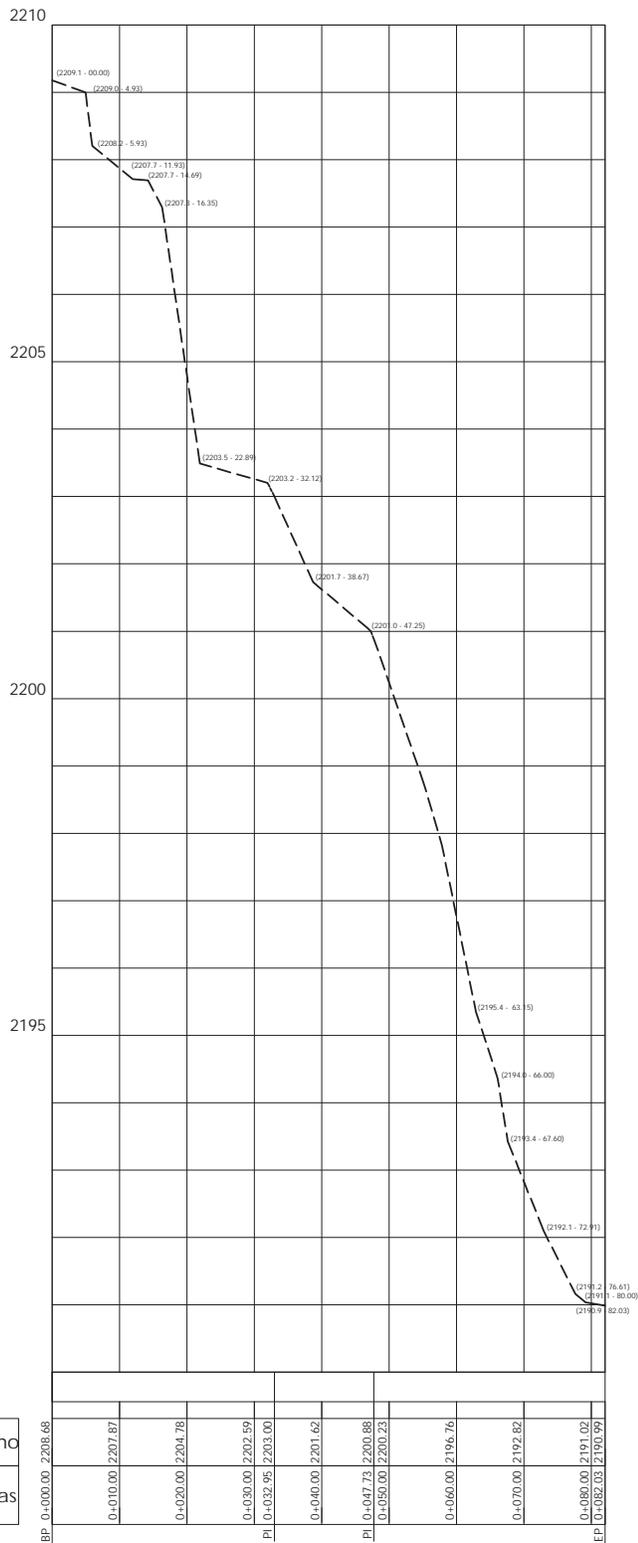
PERFIL # 02



UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA  
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL

CONTIENE: ANEXO 3 PERFIL # 02 APC 2+900 KM VIA CATAMAYO		MAYO/2017
DIRECTORA DE TESIS: ING. CARMEN ESPARZA	TESISTA: Mireya A. Bermeo C.	PROYECTO DE TESIS UBICACIÓN: "APC 2+900 KM"
ESCALA: H: 1---100 V: 1---100		LÁMINA 3

# PERFIL # 03

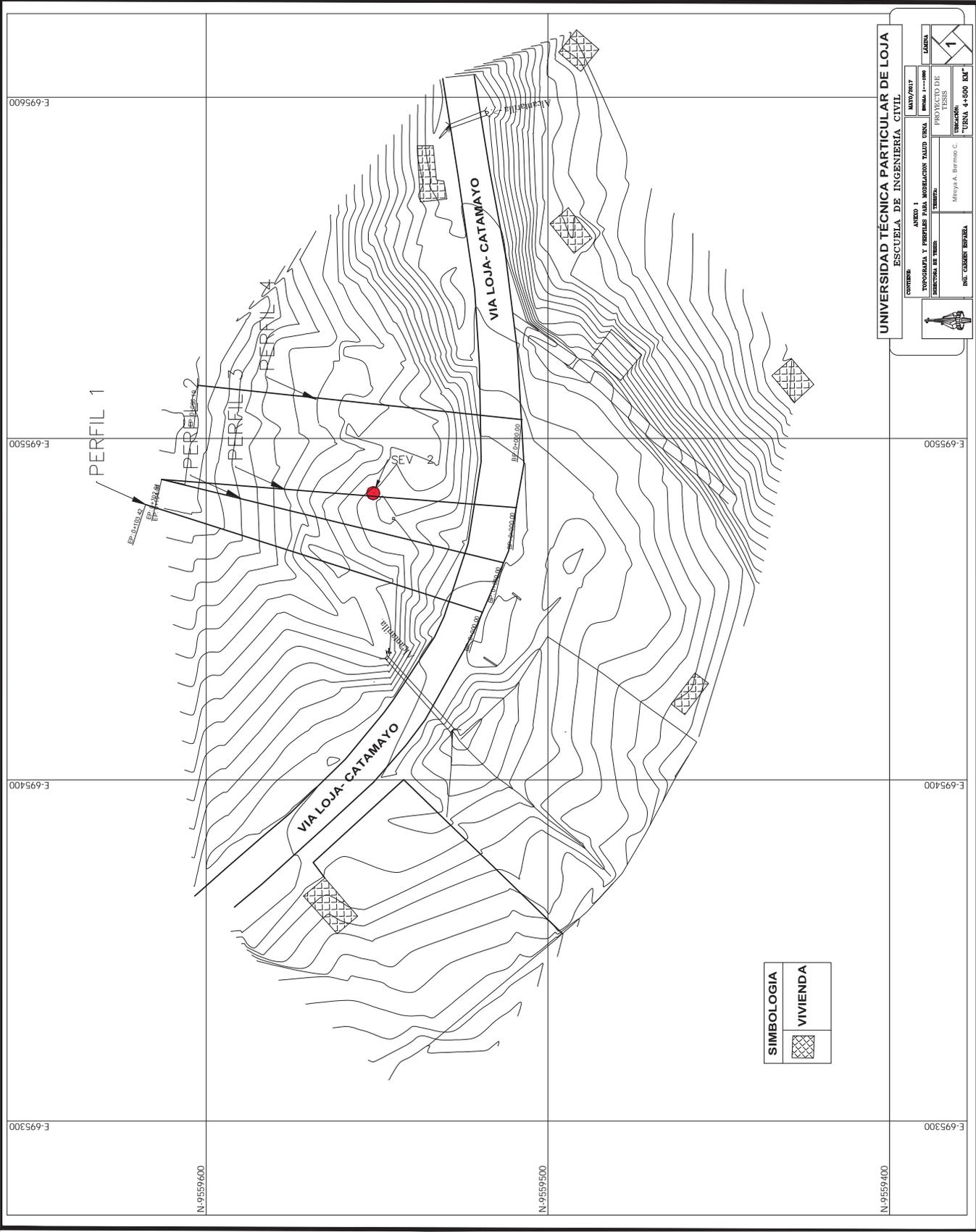


Terreno	2208.68
Abcisas	2207.87

## UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL

CONTIENE: <b>ANEXO 4</b> <b>PERFIL # 03 APC 2+900 KM VIA CATAMAYO</b>	MAYO/2017 ESCALA H: 1---100 V: 1---100	LÁMINA <div style="border: 2px solid black; width: 40px; height: 40px; margin: 0 auto; display: flex; align-items: center; justify-content: center; font-size: 24px; font-weight: bold;">4</div>
DIRECTORA DE TESIS: ING. CARMEN ESPARZA	TESISISTA: Mireya A. Bermeo C.	PROYECTO DE TESIS UBICACIÓN: "APC 2+900 KM"





<b>SIMBOLOGIA</b>
 <b>VIVIENDA</b>

UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL															
<table border="1"> <tr> <td>CARRERA</td> <td>INGENIERÍA CIVIL</td> </tr> <tr> <td>CURSO</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>TOPOGRAFÍA Y PERFILES PARA MOSELAJÓN TAJUO URNA</td> <td>SEMA 1-1-19</td> </tr> <tr> <td>PROYECTO DE TESIS</td> <td></td> </tr> <tr> <td>INTEGRANTES</td> <td>Mirya A. Barrios C.</td> </tr> <tr> <td>DOC. COORDINADOR</td> <td>"URNA 4+500 KM"</td> </tr> </table>	CARRERA	INGENIERÍA CIVIL	CURSO	1	TOPOGRAFÍA Y PERFILES PARA MOSELAJÓN TAJUO URNA	SEMA 1-1-19	PROYECTO DE TESIS		INTEGRANTES	Mirya A. Barrios C.	DOC. COORDINADOR	"URNA 4+500 KM"	<table border="1"> <tr> <td>LAJETA</td> <td>1</td> </tr> </table>	LAJETA	1
CARRERA	INGENIERÍA CIVIL														
CURSO	1														
TOPOGRAFÍA Y PERFILES PARA MOSELAJÓN TAJUO URNA	SEMA 1-1-19														
PROYECTO DE TESIS															
INTEGRANTES	Mirya A. Barrios C.														
DOC. COORDINADOR	"URNA 4+500 KM"														
LAJETA	1														

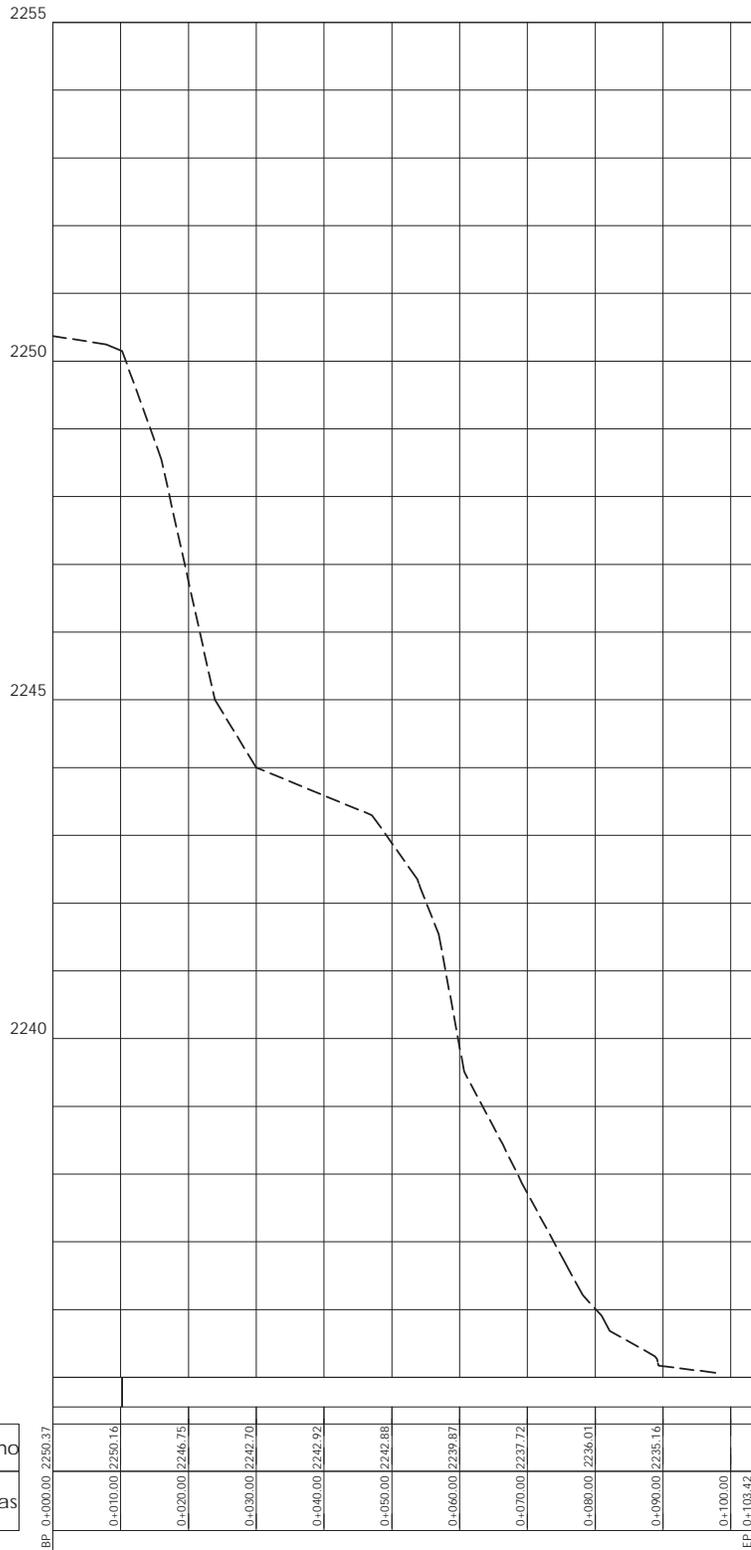
E-695600  
E-695500  
E-695400  
E-695300

N-9559600

N-9559500

N-9559400

PERFIL # 01

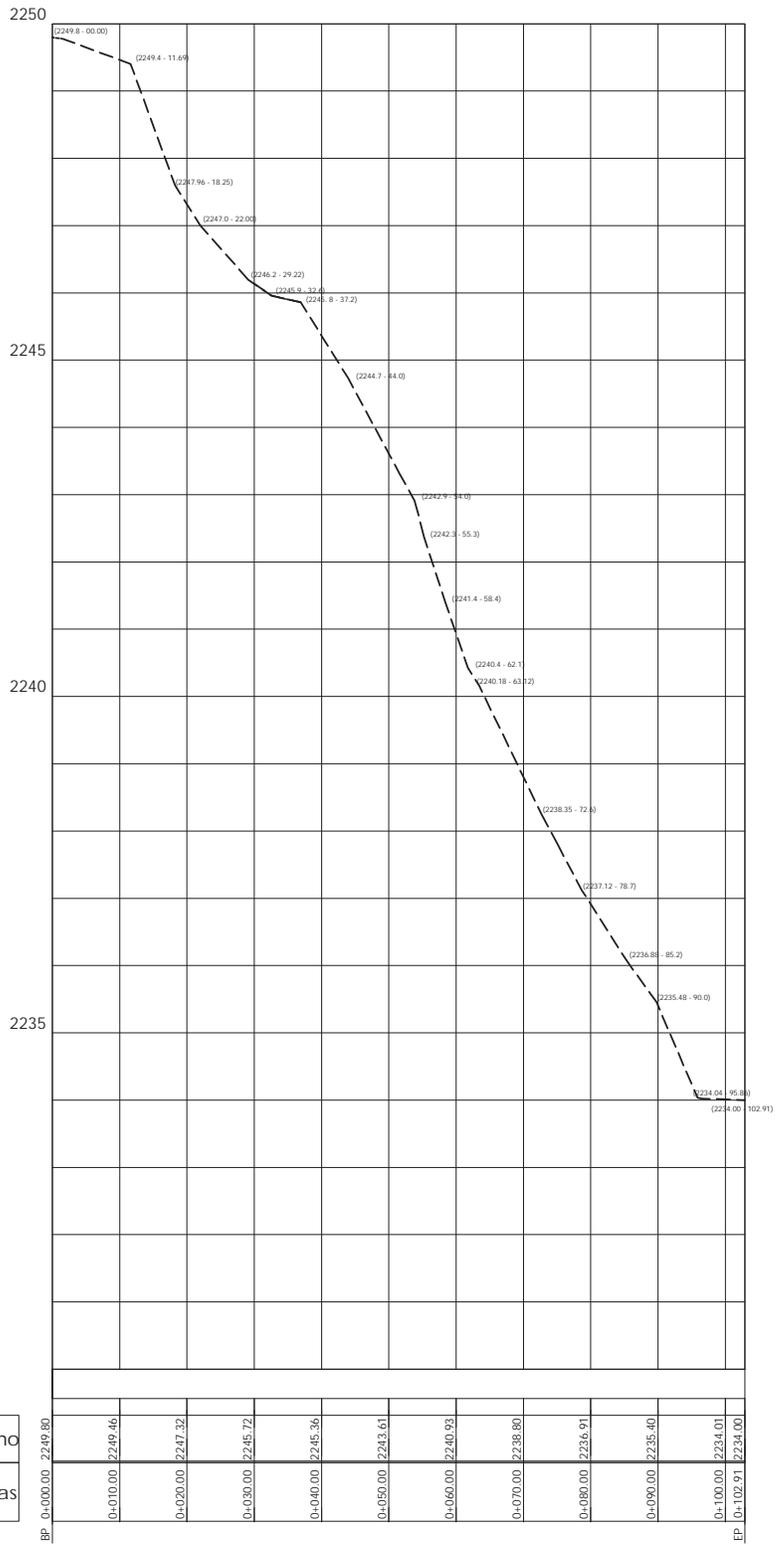


Terreno	0+000.00	0+010.00	0+020.00	0+030.00	0+040.00	0+050.00	0+060.00	0+070.00	0+080.00	0+090.00	0+100.00
Abcisas	2250.37	2250.16	2246.75	2242.70	2242.92	2242.88	2239.87	2237.72	2236.01	2235.16	2234.42

**UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA**  
**ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL**

	CONTIENE:	MAYO/2017	ESCALA V: 1-----100 H: 1-----100	LÁMINA
	ANEXO 2			
	PERFIL # 01 URNA 4+500 KM VIA CATAMAYO			
	DIRECTORA DE TESIS:	TESISTA:	PROYECTO DE TESIS	<div style="border: 2px solid black; padding: 5px; display: inline-block; font-size: 24px; font-weight: bold;">2</div>
ING. CARMEN ESPARZA	Mireya A. Bermeo C.	UBICACIÓN: "URNA 4+500 KM"		

### PERFIL # 02

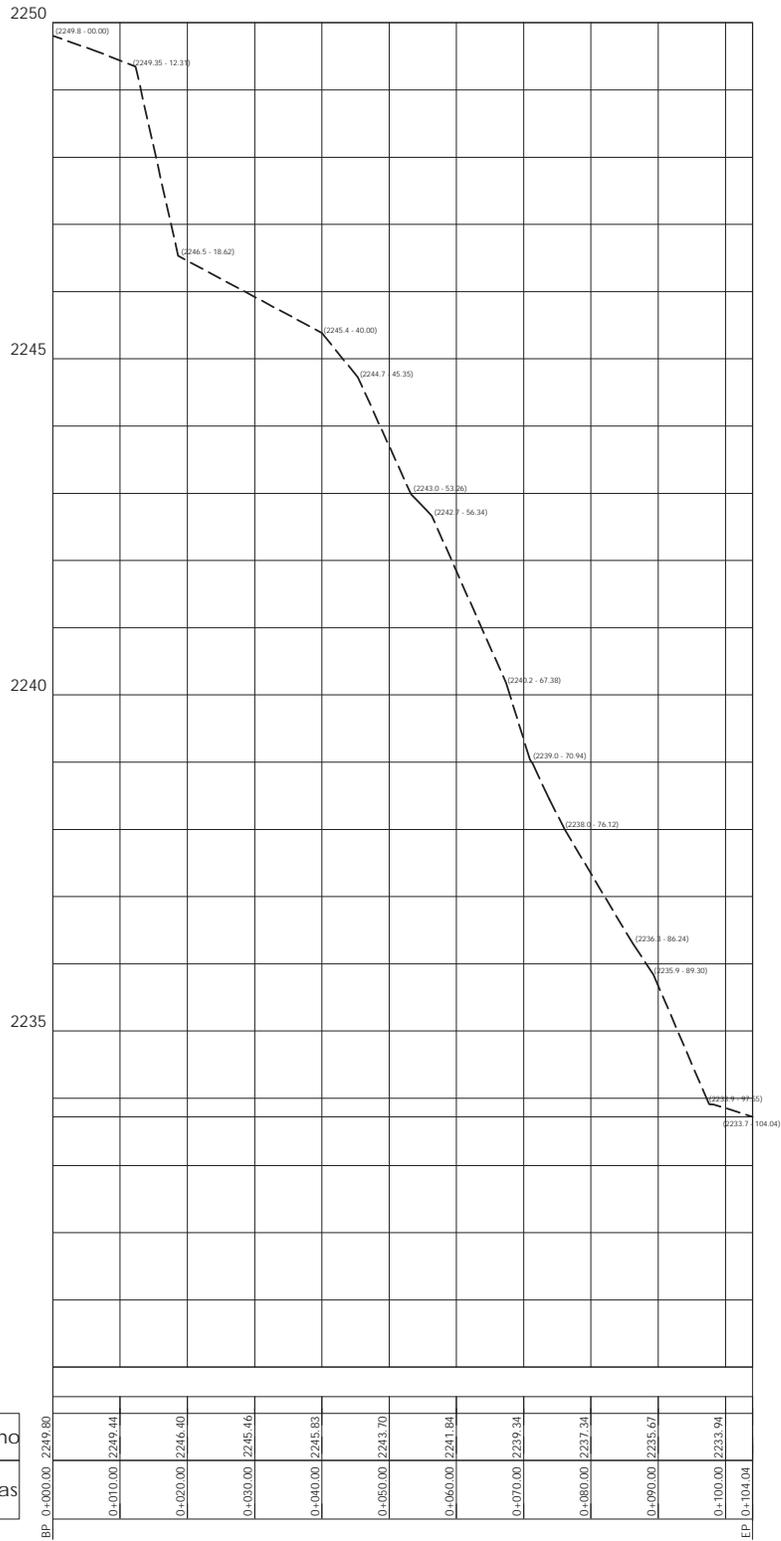


Terreno	2249.80
Abscisas	0+000.00

### UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL

	CONTIENE: ANEXO 3 <b>PERFIL # 02 URNA 4+500 KM VIA CATAMAYO</b>	MAYO/2017 ESCALA V: 1:---100 H: 1:---100	LÁMINA
	DIRECTORA DE TESIS: ING. CARMEN ESPARZA	TESISISTA: Mireya A. Bermeo C.	PROYECTO DE TESIS UBICACIÓN: "URNA 4+500 KM"

# PERFIL # 03

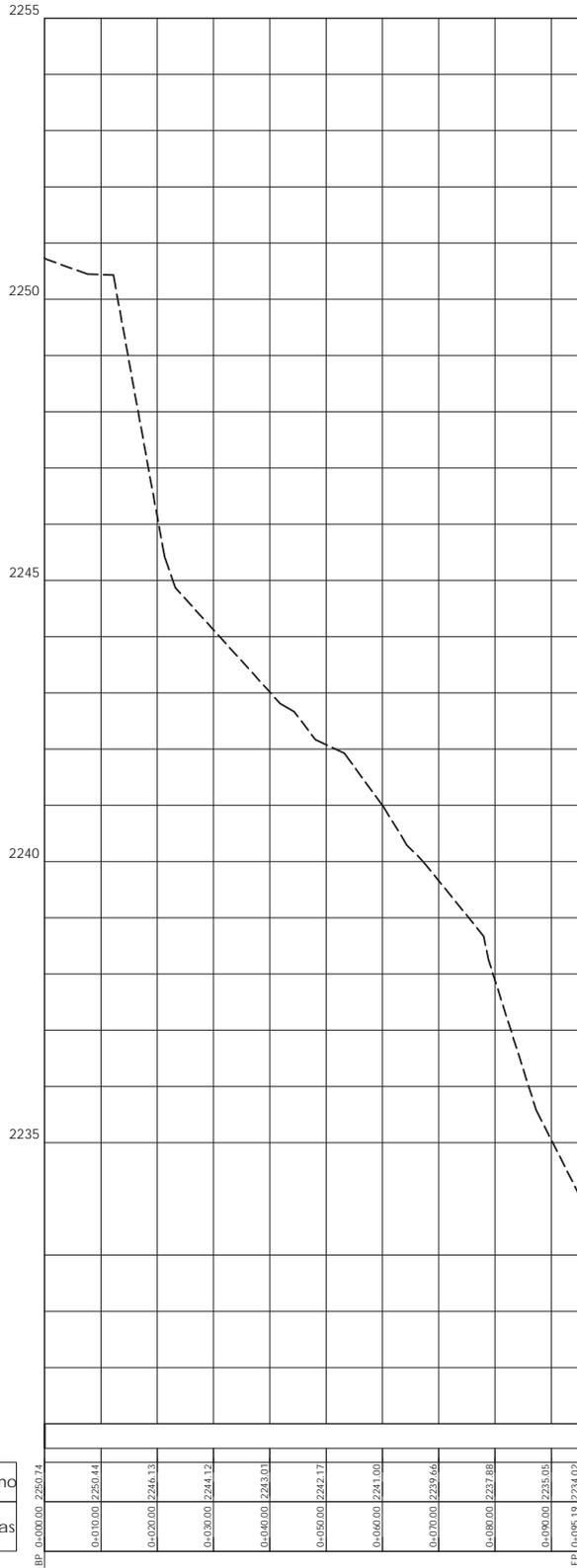


Terreno	2249.80
Abcisas	2249.44
	2246.40
	2245.46
	2245.83
	2243.70
	2241.84
	2239.34
	2237.34
	2235.67
	2235.94
	2233.70

## UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL

	CONTIENE:	MAYO/2017	LÁMINA		
	ANEXO 4	ESCALA V: 1-----100 H: 1-----100		<table border="1"> <tr><td>PROYECTO DE TESIS</td></tr> <tr><td>UBICACIÓN:</td></tr> <tr><td>"URNA 4+500 KM"</td></tr> </table>	PROYECTO DE TESIS
PROYECTO DE TESIS					
UBICACIÓN:					
"URNA 4+500 KM"					
DIRECTORA DE TESIS:	TESISTA:	<table border="1"> <tr><td>4</td></tr> </table>		4	
4					
ING. CARMEN ESPARZA	Mireya A. Bermeo C.				

PERFIL # 04



Terreno	
Abscisas	

**UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA**  
**ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL**

CONTIENE:		MAYO/2017	
ANEXO 5		ESCALA H: 1:---100	
PERFIL # 04 URNA 4+500 KM VIA CATAMAYO		LÁMINA	
DIRECTORA DE TESIS:	TESISTA:	PROYECTO DE TESIS	
ING. CARMEN ESPARZA	Mireya A. Bermeo C.	UBICACIÓN:	
		"URNA 4+500 KM"	



5



# **ANEXO II**

---

## **MAPAS DE PENDIENTES**

# TOPOGRAFÍA TALUD 1 KM 2+900



## Leyenda

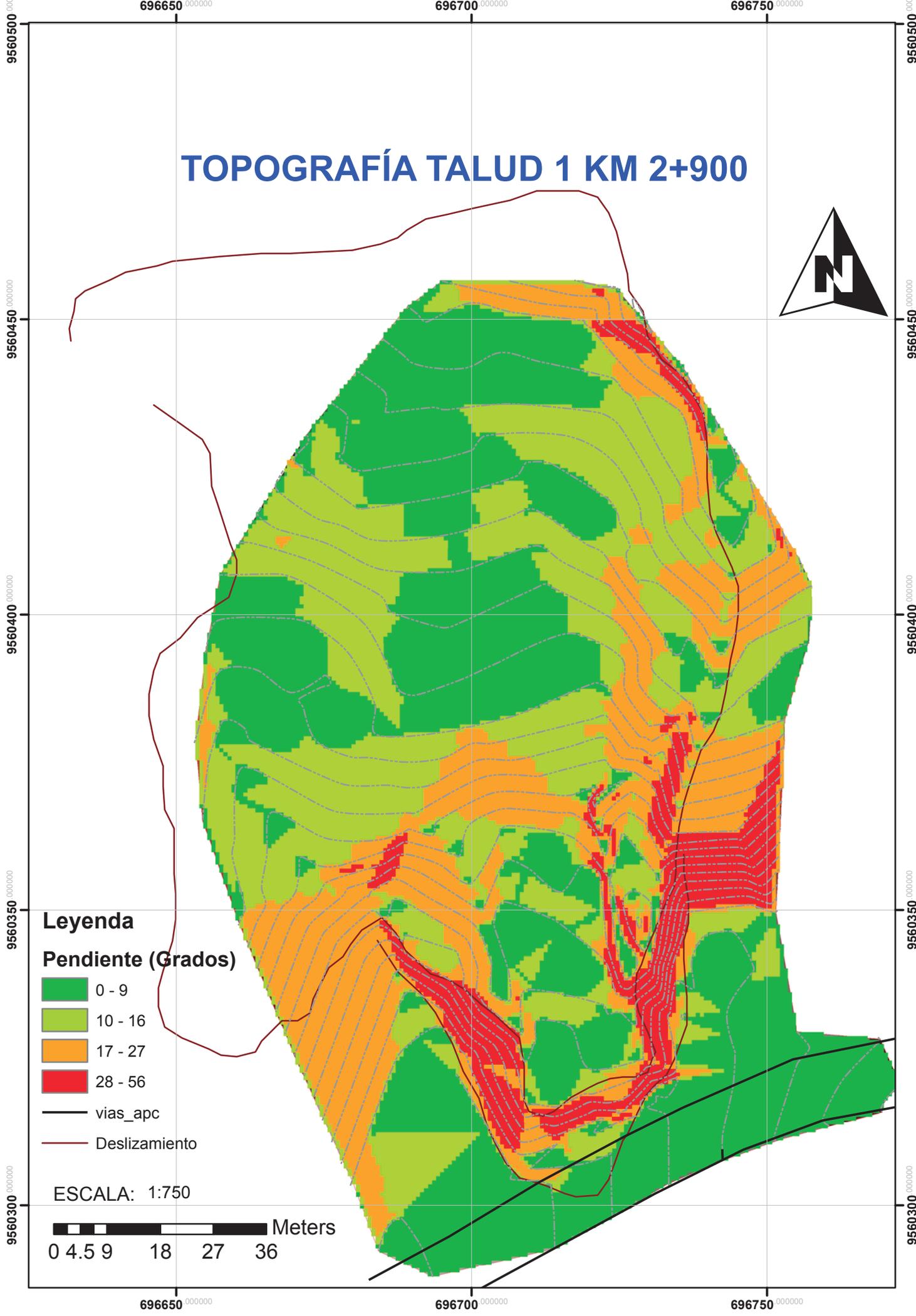
### Pendiente (Grados)

- 0 - 9
- 10 - 16
- 17 - 27
- 28 - 56

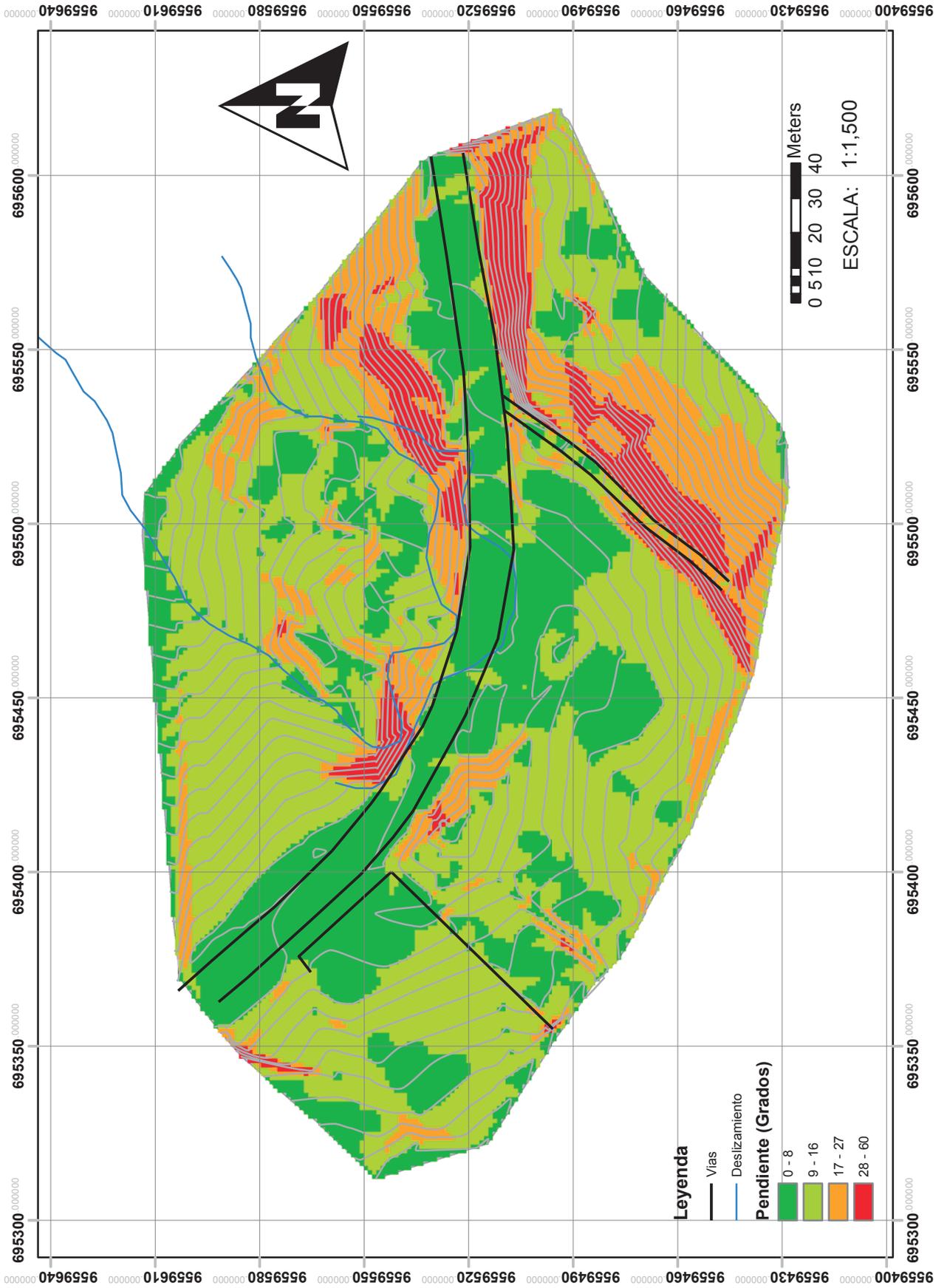
— vias\_apc

— Deslizamiento

ESCALA: 1:750



# MAPA DE PENDIENTE TALUD KM 4+500 URNA

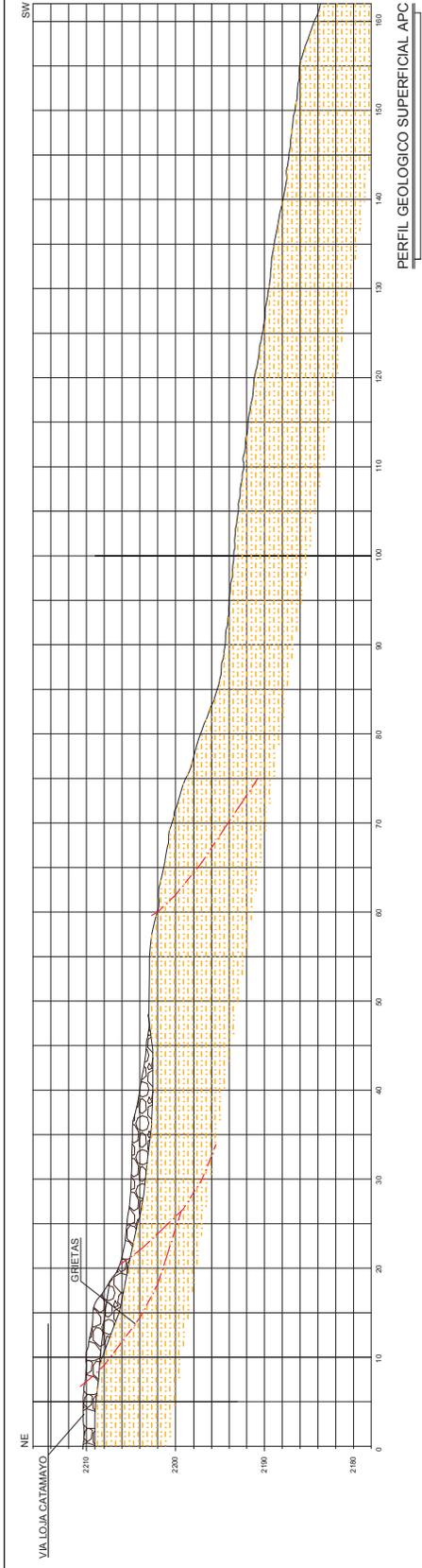




# **ANEXO III**

---

## **PERFIL GEOLÓGICO**



**LEYENDA E INTERPRETACIÓN**


 Materiales de relleno y estructura del pavimento


 Limos y arcillas plasticas

**INTERPRETACIÓN**

Movimiento en masas reptacional cuyo cuerpo esta formado por materiales finos, de granulometría limo -arcillosos color café claro dentro de los cuales se suspenden boleos de arenisca gris de grano fino. Presenta escarpes multiples y una variedad de grietas de tracción en todo su cuerpo. En la cabeza del deslizamiento se han acumulado materiales de relleno, constan de bloques de rocas areniscosas y gravas, tambien se puede encontrar material de bote que ha resultado de los trabajos de terraceo en la zona.



PERFIL GEOLOGICO SUPERFICIAL URNA

**LEYENDA E INTERPRETACIÓN**



Materiales de relleno y estructura del pavimento



Arcillas orgánicas de alta plasticidad



Arcillas y limos de color café claro de plasticidad media

**LEYENDA E INTERPRETACIÓN**

Movimiento en masas reptacional cuyo cuerpo esta formado por materiales granulares finos, su estratigrafía se compone por 0.5 m de suelos arcillosos negros de alta plasticidad cobrepuestos a suelos limo -arcillosos color café. Presenta multiples de grietas de tracción. En la cabeza del deslizamiento se han acumulado materiales de relleno, cuya granulometría constan de bloques de roca metamorfa y gravas.



# **ANEXO IV**

---

## **ENSAYOS DE LABORATORIOS**



# **ANEXO V**

---

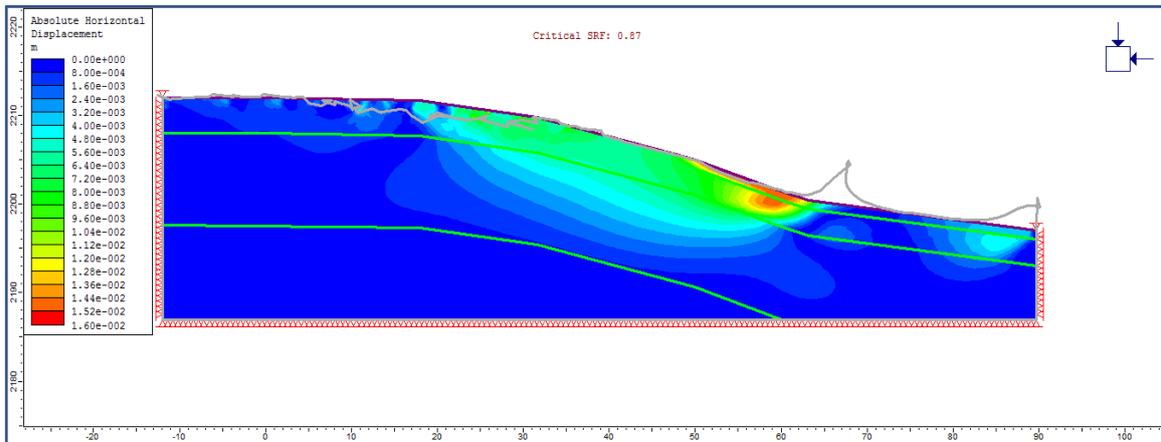
## **MATERIAL FOTOGRAFICO**



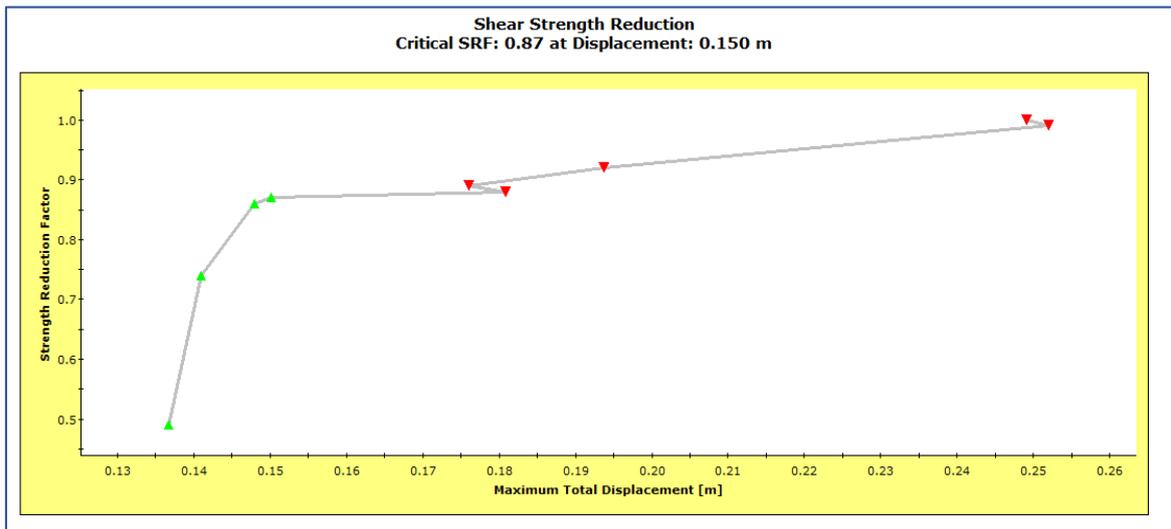
# **ANEXO VI**

---

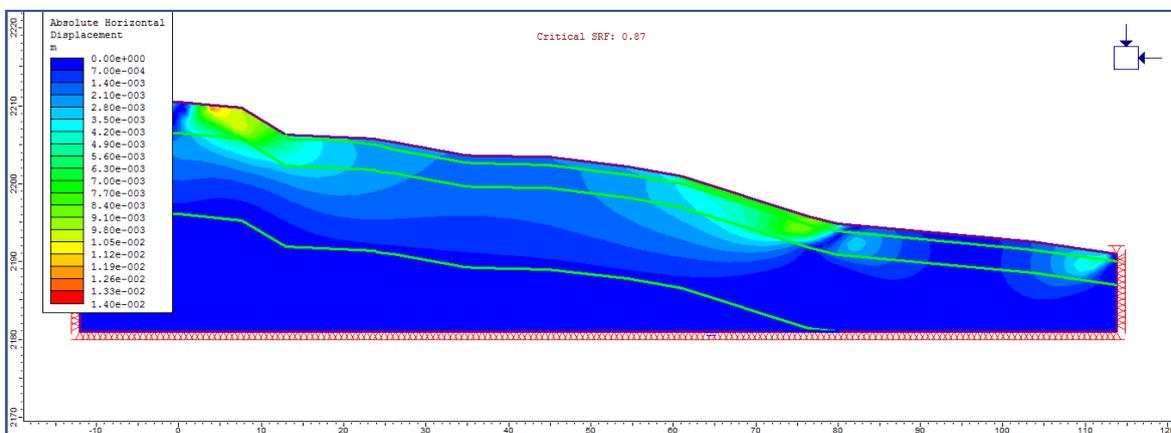
## **MODELACIÓN EN PROGRAMA PHASE 2.0**



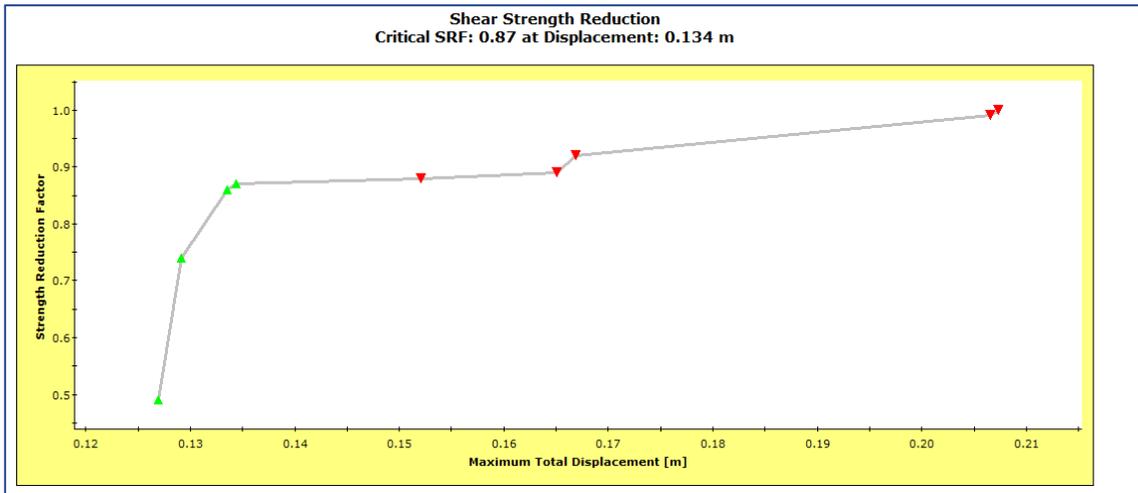
Talud 1 km 2+900 Perfil 1. Factor de seguridad aplicando el MEF en condiciones originales, zonas de color amarillo – naranja las que presentan mayor desplazamiento e inestabilidad.



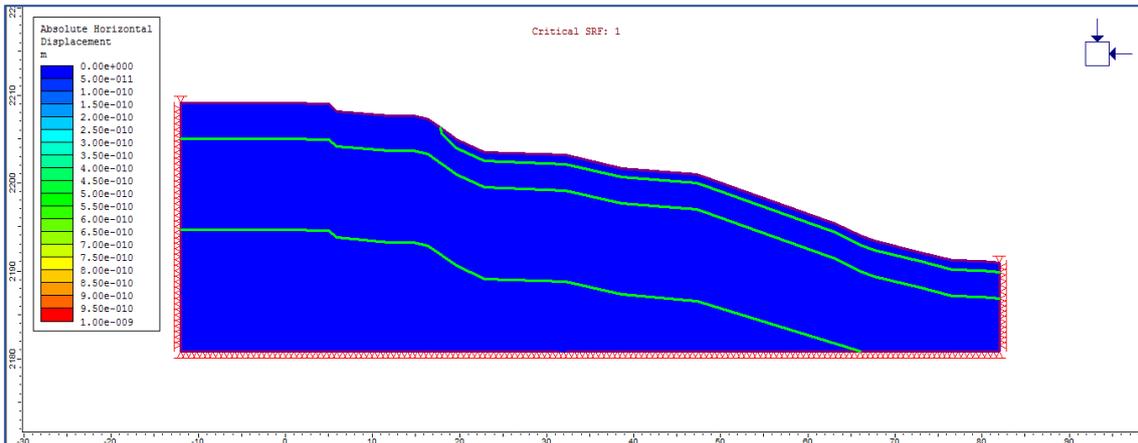
Talud 1 km 2+900 Perfil 1. Factor de seguridad aplicando el MEF en condiciones originales y su desplazamiento.



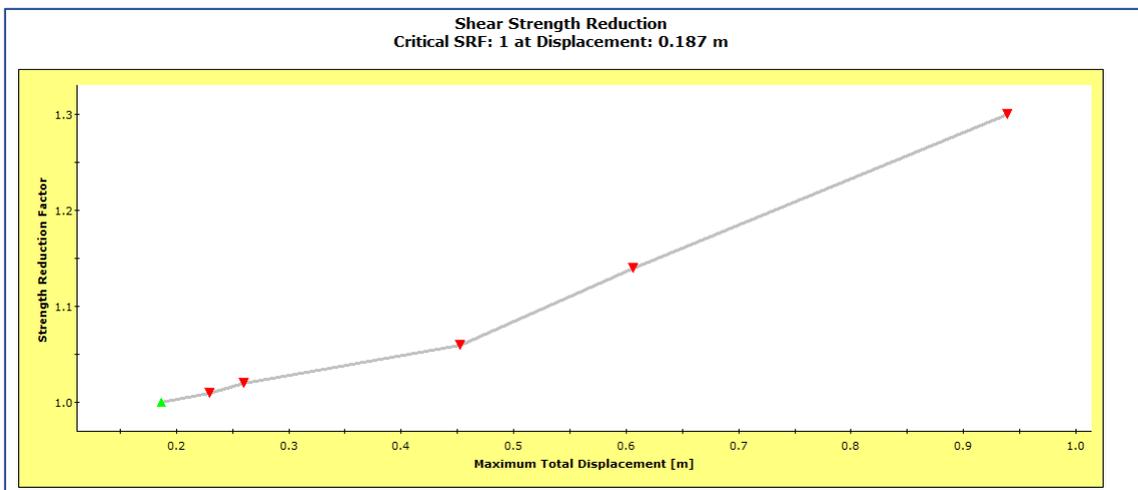
Talud 1 km 2+900 Perfil 2. Factor de seguridad aplicando el MEF en condiciones originales, zonas de color amarillo – naranja las que presentan mayor desplazamiento e inestabilidad.



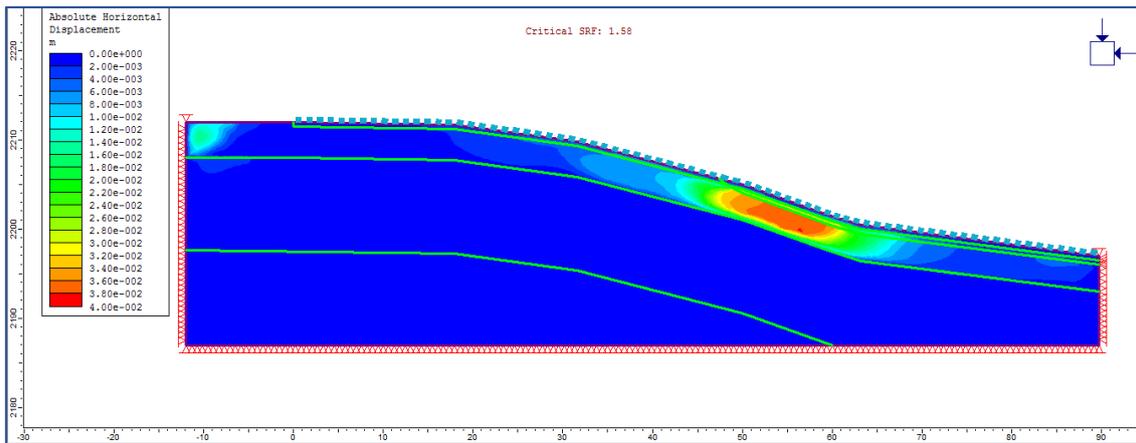
Talud 1 km 2+900 Perfil 2. Factor de seguridad aplicando el MEF en condiciones originales y su desplazamiento.



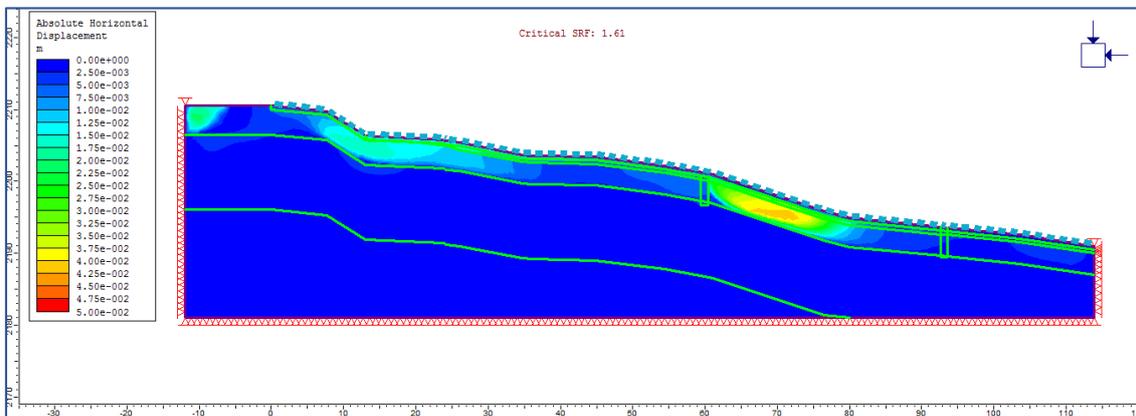
Talud 1 km 2+900 Perfil 3. Factor de seguridad aplicando el MEF en condiciones originales, zonas de color amarillo – naranja las que presentan mayor desplazamiento e inestabilidad.



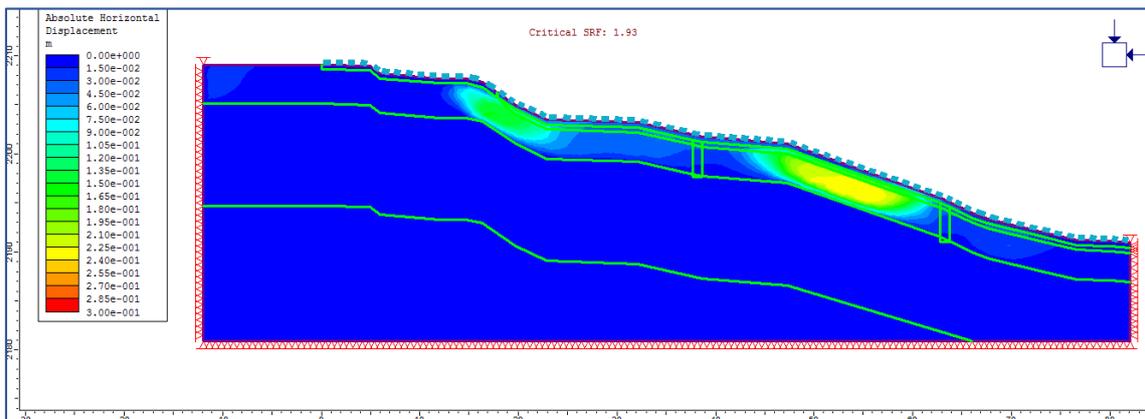
Talud 1 km 2+900 Perfil 2. Factor de seguridad aplicando el MEF en condiciones originales y su desplazamiento.



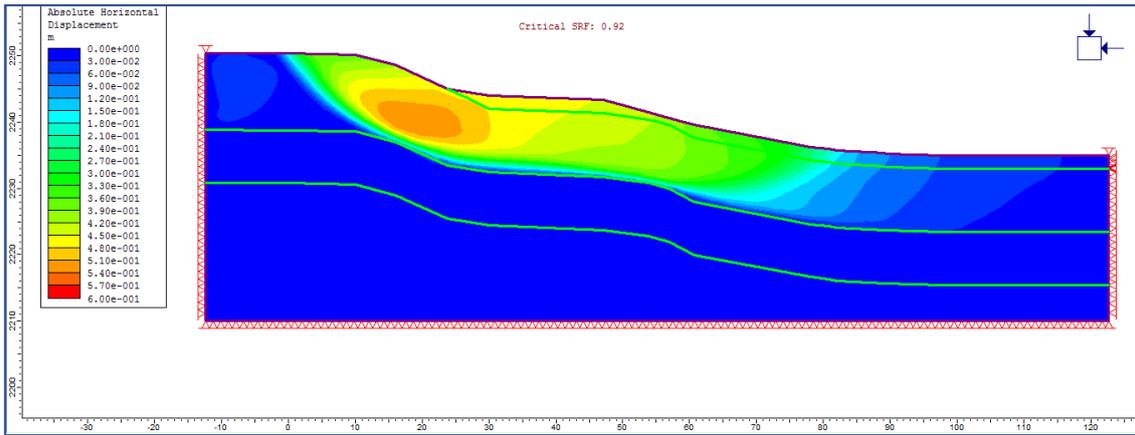
**Talud 1 km 2+900 Perfil 1.** Factor de seguridad aplicando el MEF con propuesta de mitigación: geotextil H2Ri y subbase clase III, el FS > 1.5 se considera el talud estable.



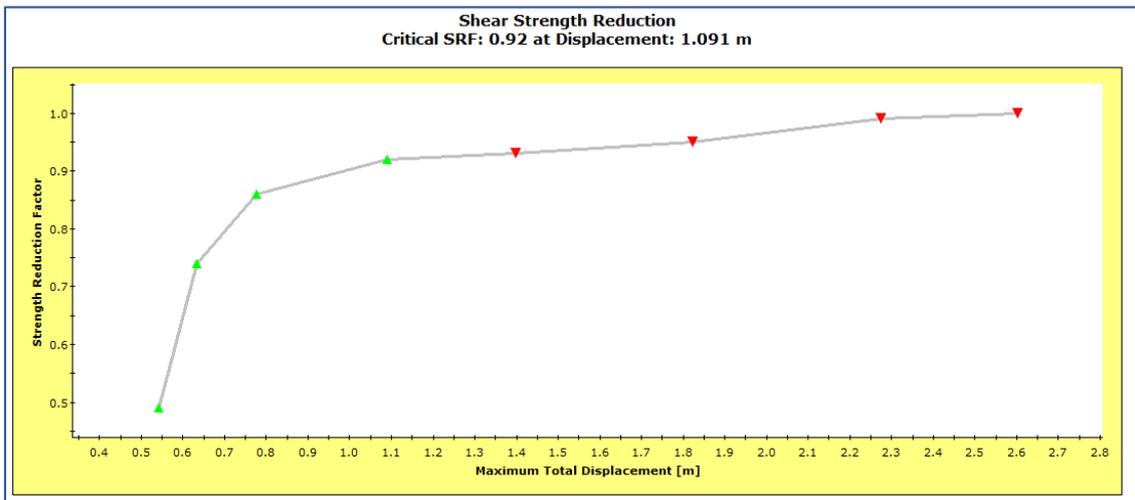
**Talud 1 km 2+900 Perfil 2.** Factor de seguridad aplicando el MEF con propuesta de mitigación: geotextil H2Ri, subbase clase III y subdren, el FS > 1.5 se considera el talud estable.



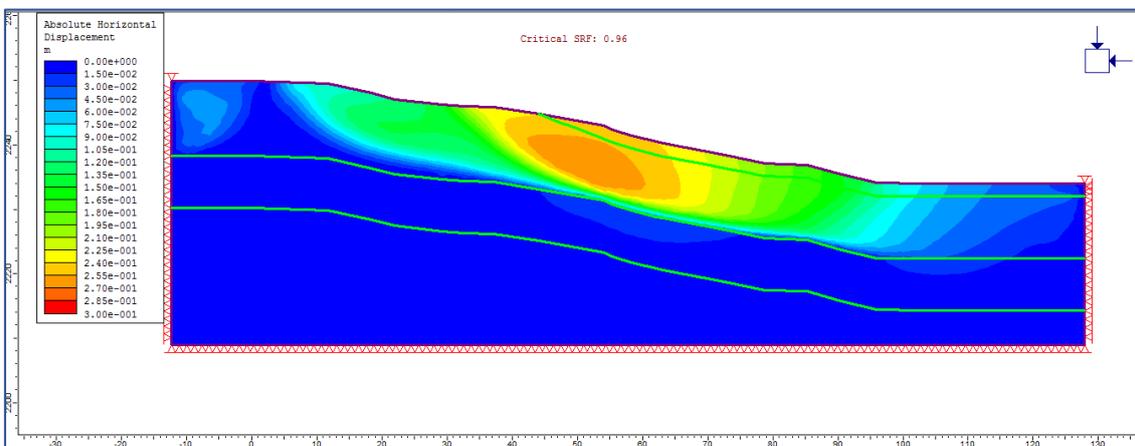
**Talud 1 km 2+900 Perfil 3.** Factor de seguridad aplicando el MEF con propuesta de mitigación: geotextil H2Ri, subbase clase III y subdren, el FS > 1.5 se considera el talud estable.



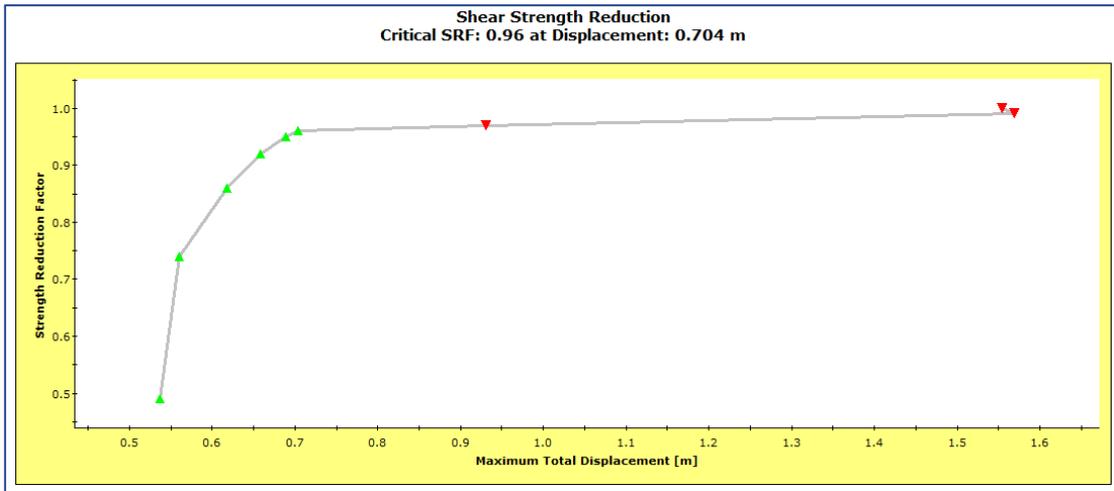
Talud 2 km 4+500 Perfil 1. Factor de seguridad aplicando el MEF en condiciones originales, zonas de color amarillo – naranja las que presentan mayor desplazamiento e inestabilidad.



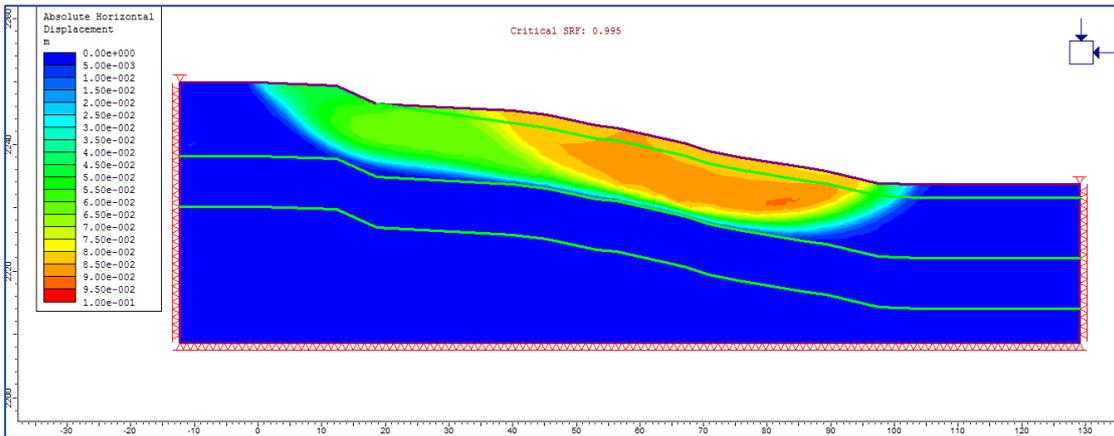
Talud 2 km 4+500 Perfil 1. Factor de seguridad aplicando el MEF en condiciones originales y su desplazamiento.



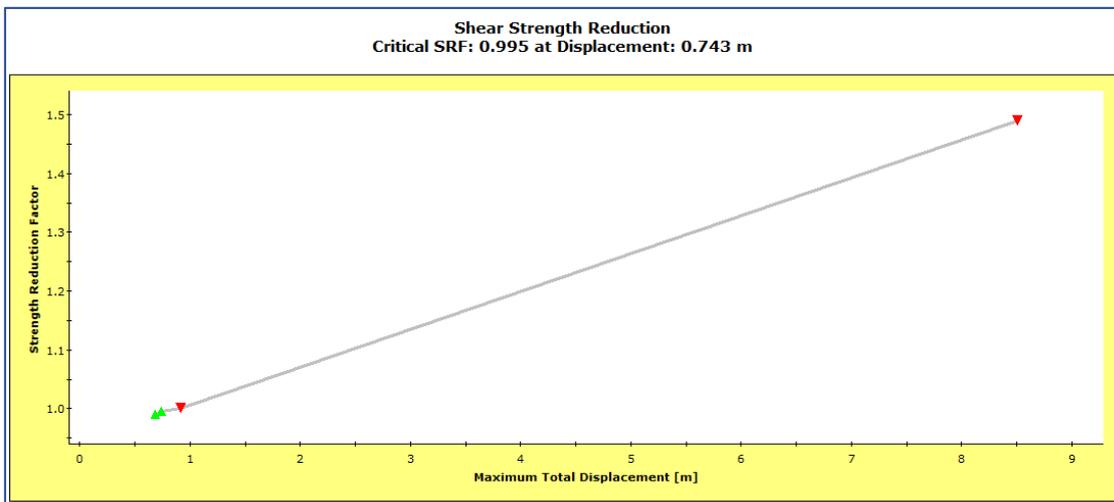
Talud 2 km 4+500 Perfil 2. Factor de seguridad aplicando el MEF en condiciones originales, zonas de color amarillo – naranja las que presentan mayor desplazamiento e inestabilidad.



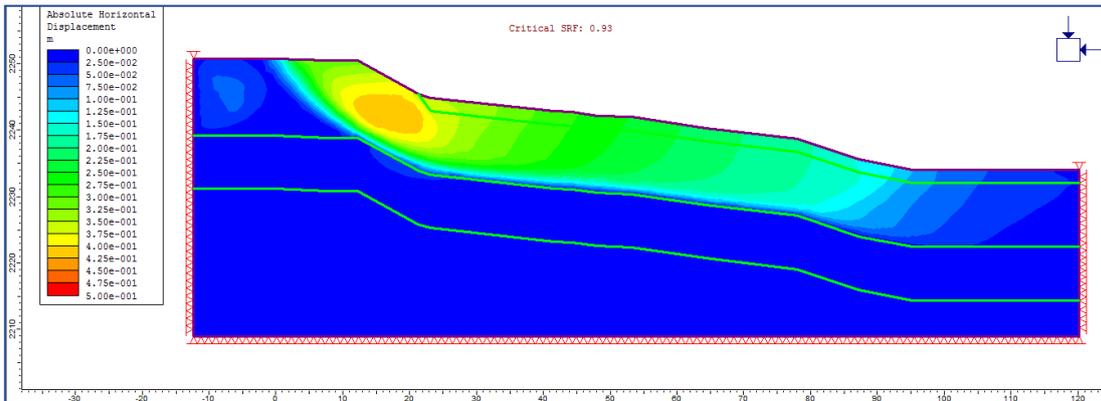
Talud 2 km 4+500 Perfil 2. Factor de seguridad aplicando el MEF en condiciones originales y su desplazamiento.



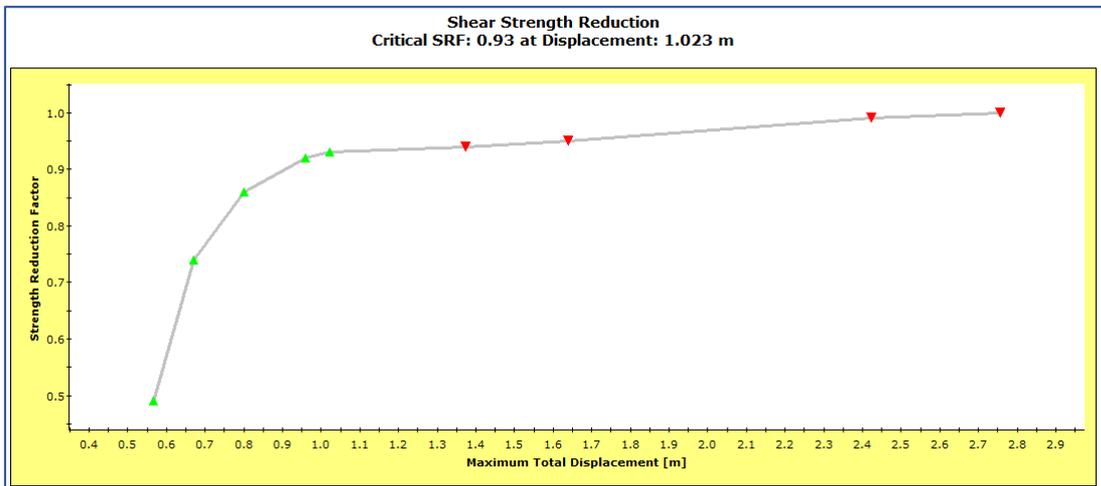
Talud 2 km 4+500 Perfil 3. Factor de seguridad aplicando el MEF en condiciones originales, zonas de color amarillo – naranja las que presentan mayor desplazamiento e inestabilidad.



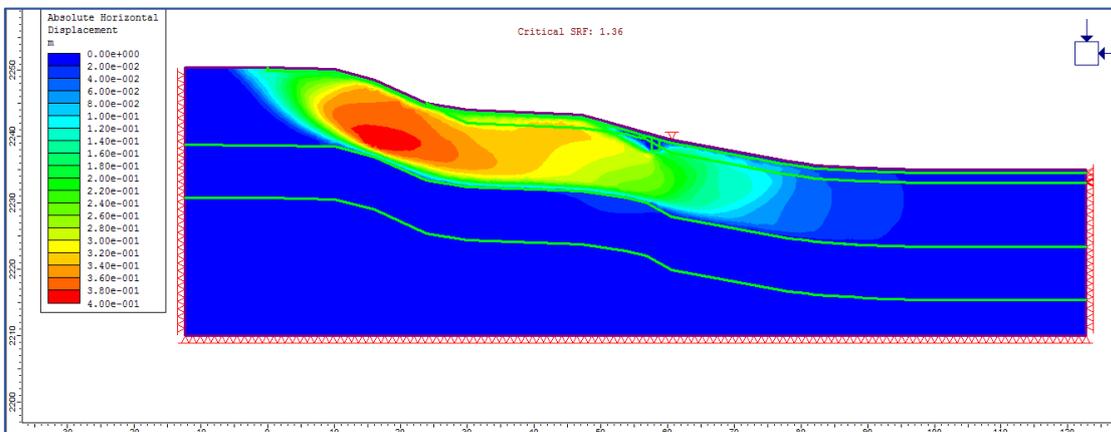
Talud 2 km 4+500 Perfil 3. Factor de seguridad aplicando el MEF en condiciones originales y su desplazamiento.



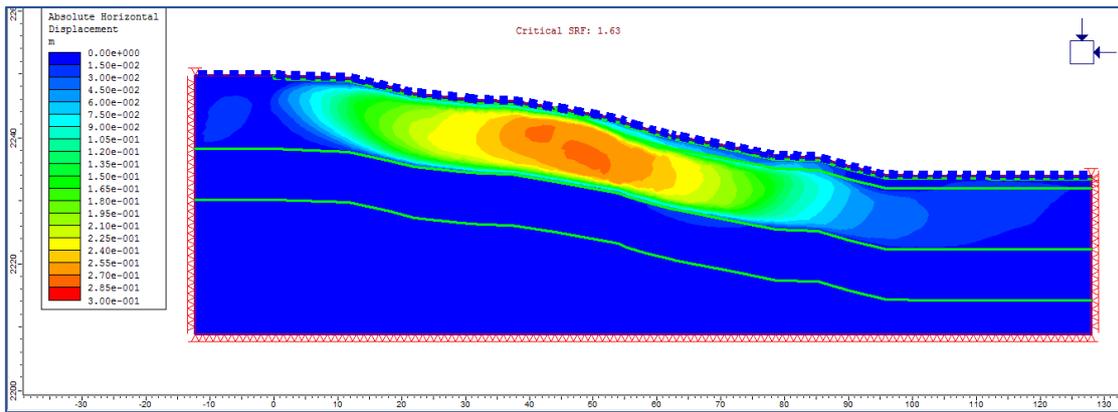
**Talud 2 km 4+500 Perfil 4.** Factor de seguridad aplicando el MEF en condiciones originales, zonas de color amarillo – naranja las que presentan mayor desplazamiento e inestabilidad.



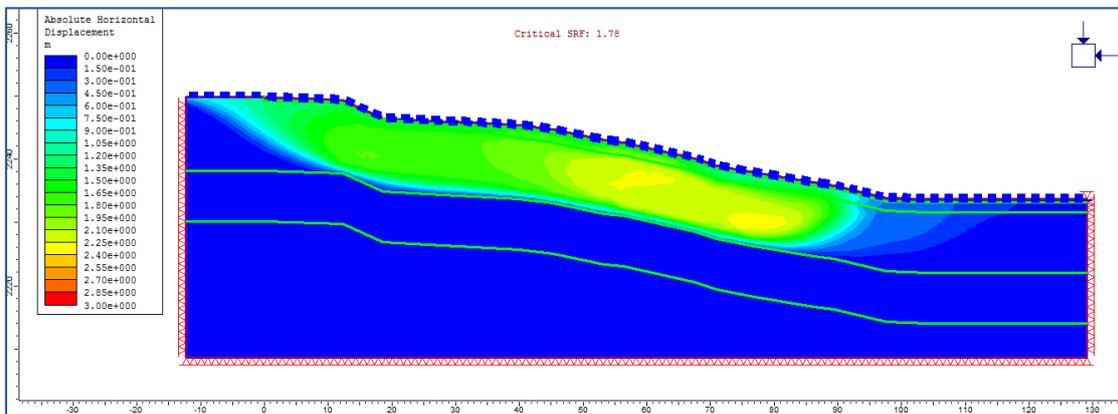
**Talud 2 km 4+500 Perfil 4.** Factor de seguridad aplicando el MEF en condiciones originales y su desplazamiento.



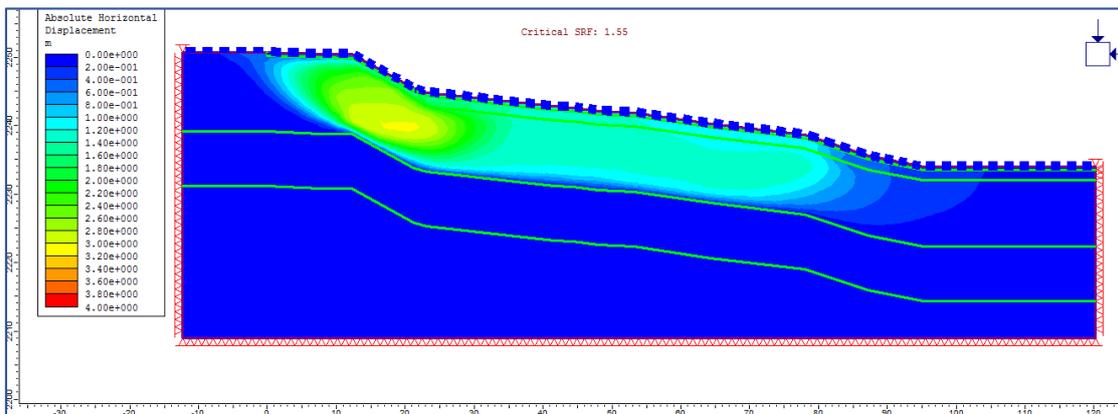
**Talud 2 km 4+500 Perfil 1.** Factor de seguridad aplicando el MEF con propuesta de mitigación: geotextil tipo sánduche H2Ri, subbase clase III y subdren, el FS > 1.3 se considera el talud estable.



**Talud 2 km 4+500 Perfil 2.** Factor de seguridad aplicando el MEF con propuesta de mitigación: geotextil tipo sánduche H2Ri y subbase clase III, el FS > 1.5 se considera el talud estable.



**Talud 2 km 4+500 Perfil 3.** Factor de seguridad aplicando el MEF con propuesta de mitigación: geotextil tipo sánduche H2Ri y subbase clase III, el FS > 1.5 se considera el talud estable.



**Talud 2 km 4+500 Perfil 4.** Factor de seguridad aplicando el MEF con propuesta de mitigación: geotextil tipo sánduche H2Ri y subbase clase III, el FS > 1.5 se considera el talud estable.

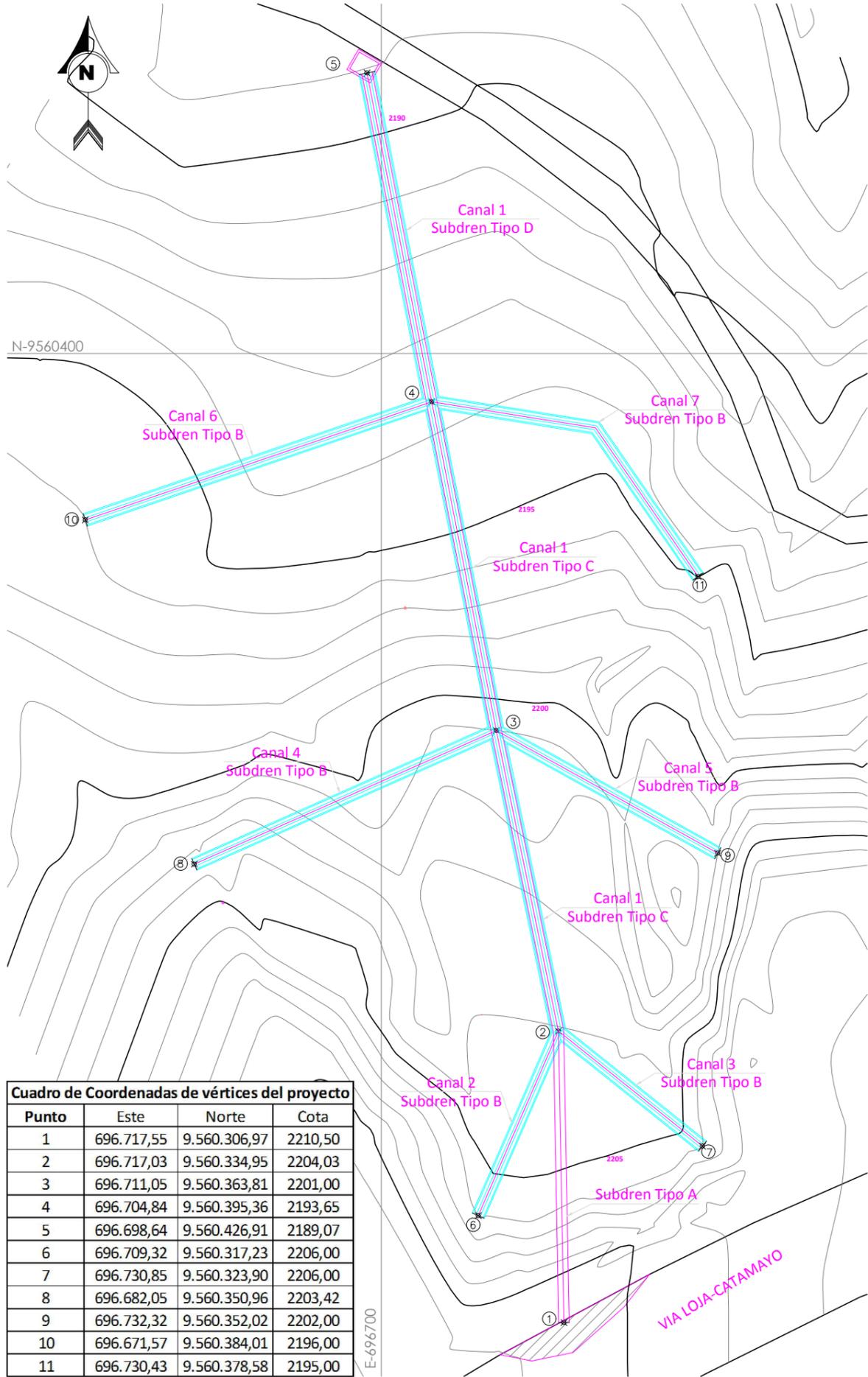


# **ANEXO VII**

---

## **PLANOS DE ESTABILIZACIÓN DE TALUDES**

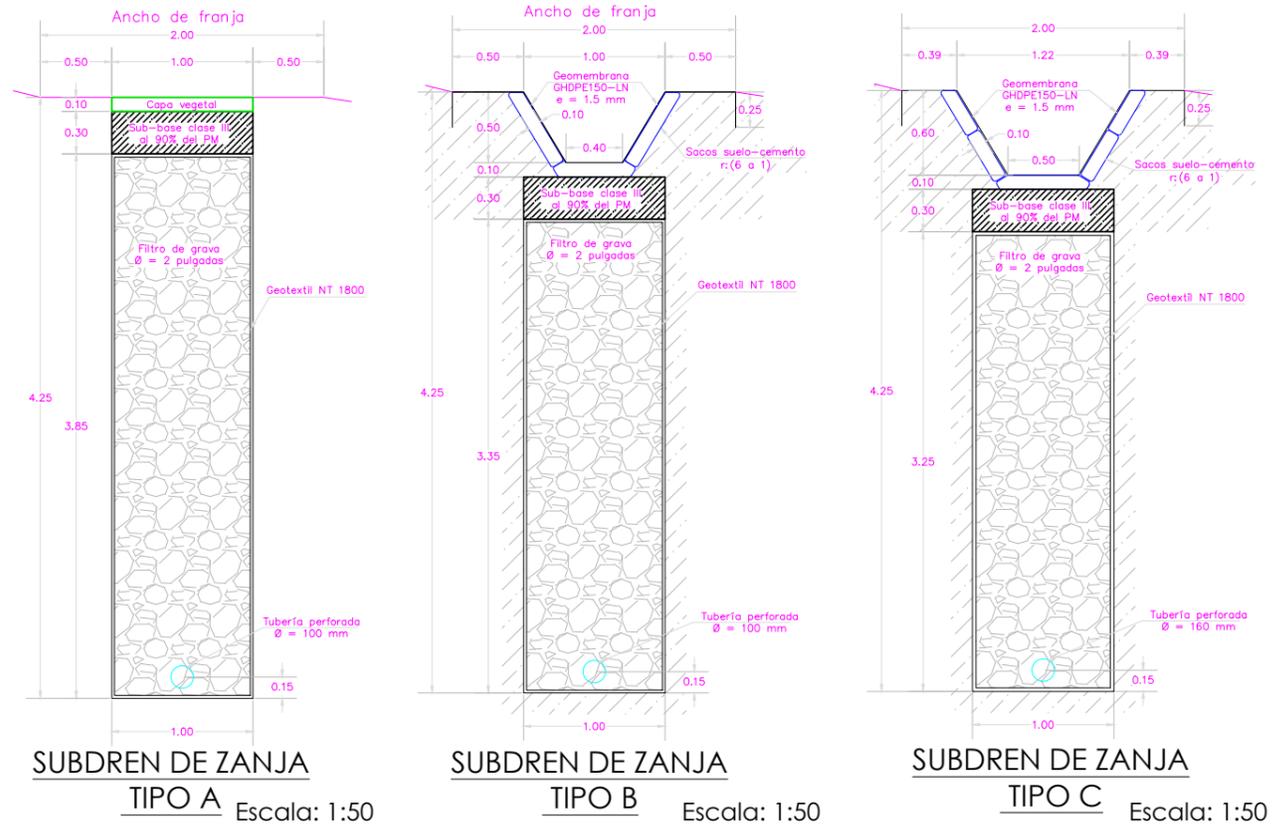
# IMPLANTACIÓN DE SISTEMA DE DRENAJE



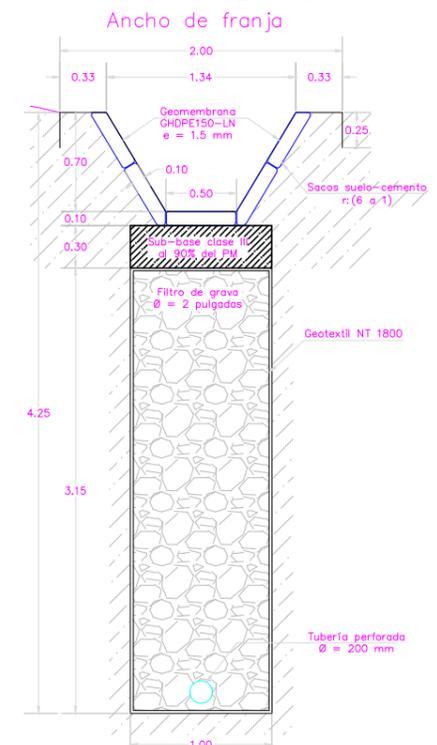
Punto	Este	Norte	Cota
1	696.717,55	9.560.306,97	2210,50
2	696.717,03	9.560.334,95	2204,03
3	696.711,05	9.560.363,81	2201,00
4	696.704,84	9.560.395,36	2193,65
5	696.698,64	9.560.426,91	2189,07
6	696.709,32	9.560.317,23	2206,00
7	696.730,85	9.560.323,90	2206,00
8	696.682,05	9.560.350,96	2203,42
9	696.732,32	9.560.352,02	2202,00
10	696.671,57	9.560.384,01	2196,00
11	696.730,43	9.560.378,58	2195,00

Escala: 1:500

# CORTE TRANSVERSAL DE CANALES Y SUBDRENES



SUBDREN DE ZANJA TIPO A Escala: 1:50  
 SUBDREN DE ZANJA TIPO B Escala: 1:50  
 SUBDREN DE ZANJA TIPO C Escala: 1:50



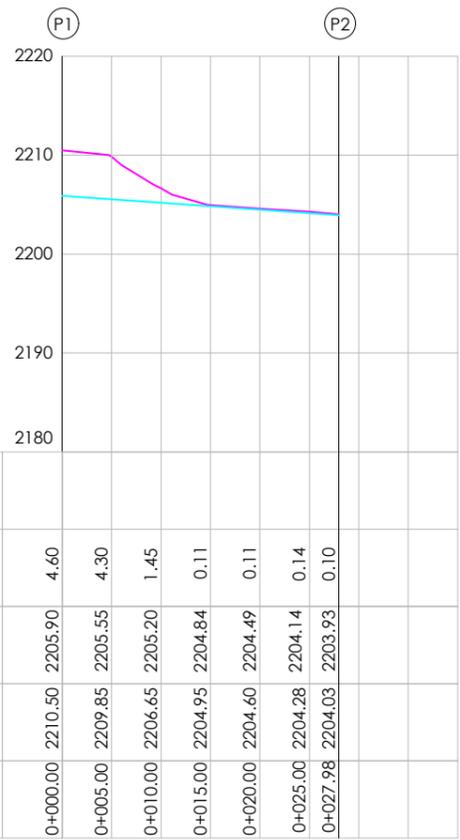
SUBDREN DE ZANJA TIPO D Escala: 1:50

Estructura	Tramo	b (m)	H (m)	T(m)	Z
Canal 1	P2-P3	0,50	0,60	0,63	0,60
Canal 1	P3-P4	0,50	0,60	0,65	0,60
Canal 1	P4-P5	0,50	0,70	0,71	0,60
Canal 2	P6-P2	0,40	0,50	0,48	0,60
Canal 3	P7-P2	0,40	0,50	0,48	0,60
Canal 4	P8-P3	0,40	0,50	0,48	0,60
Canal 5	P9-P3	0,40	0,50	0,47	0,60
Canal 6	P10-P4	0,40	0,50	0,48	0,60
Canal 7	P11-P4	0,40	0,50	0,46	0,60

Estructura	Tramo	Subdren	Ancho (m)	Altura (m)	D (mm)
Subdren 1	P1-P2	Tipo A	1,00	3,85	110,00
Subdren 1	P2-P3	Tipo C	1,00	3,25	160,00
Subdren 1	P3-P4	Tipo C	1,00	3,25	160,00
Subdren 1	P4-P5	Tipo D	1,00	3,15	160,00
Subdren 2	P6-P2	Tipo B	1,00	3,35	110,00
Subdren 3	P7-P2	Tipo B	1,00	3,35	110,00
Subdren 4	P8-P3	Tipo B	1,00	3,35	110,00
Subdren 5	P9-P3	Tipo B	1,00	3,35	110,00
Subdren 6	P10-P4	Tipo B	1,00	3,35	110,00
Subdren 7	P11-P4	Tipo B	1,00	3,35	110,00

**UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA**

PROYECTO: <b>ESTABILIZACIÓN DE TALUD APC, SECTOR BELÉN, Km 2+900.00</b>		FECHA: Junio - 2017
CONTIENE: <b>SISTEMA DE DRENAJE SUPERFICIAL</b>		ESCALA: 1:---1000
	DIRECTORA: MSC. CARMEN ESPARZA	DISEÑO: ING. MIREYA BERMEO CASTILLO
		REVISIÓN: _____
		LAMINA: <div style="text-align: right; font-size: 2em; border: 1px solid black; border-radius: 50%; padding: 5px; display: inline-block;">1</div> DE 4



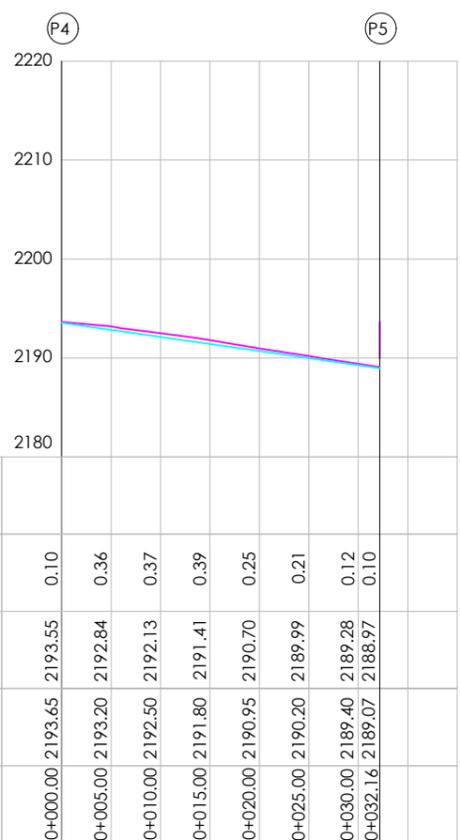
Alineación Tramo P1-P2 Escalas: H - 1:1 / V - 1:1



Alineación Tramo P2-P3 Escalas: H - 1:1 / V - 1:1



Alineación Tramo P3-P4 Escalas: H - 1:1 / V - 1:1

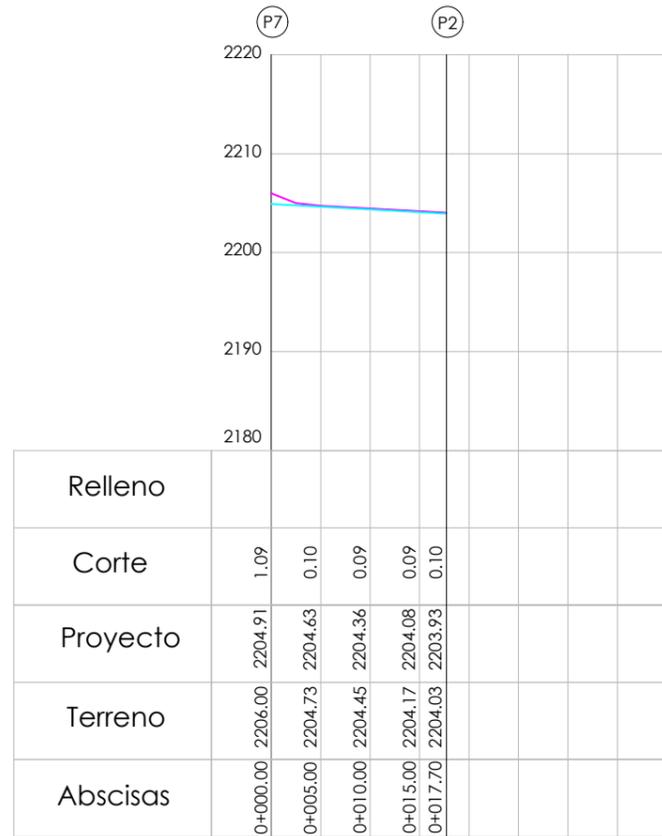


Alineación Tramo P4-P5 Escalas: H - 1:1 / V - 1:1



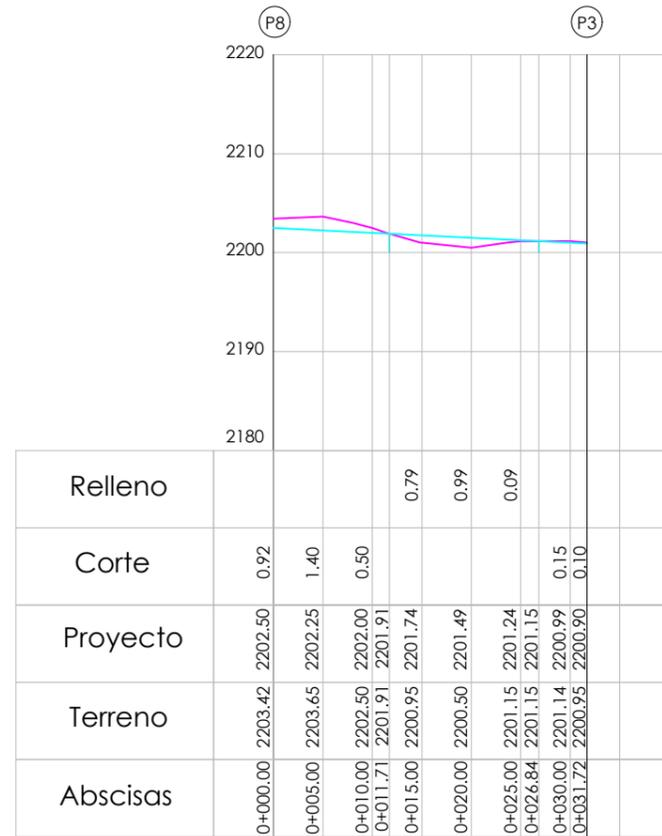
Alineación Tramo P6-P2 Escalas: H - 1:1 / V - 1:1

<b>UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA</b>			
PROYECTO: <b>ESTABILIZACIÓN TALUD APC, SECTOR BELÉN, Km 2+900.00</b>		FECHA: Junio - 2017	
CONTIENE: <b>PERFILES LONGITUDINALES DEL PROYECTO DE DRENAJE</b>		ESCALA: Indicadas	
	DIRECTORA:  MSC. CARMEN ESPARZA	DISEÑO:  ING. MIREYA BERMEO CASTELLO	REVISIÓN:  
	LAMINA: <span style="font-size: 2em; border: 1px solid black; border-radius: 50%; padding: 5px;">2</span> DE 4		



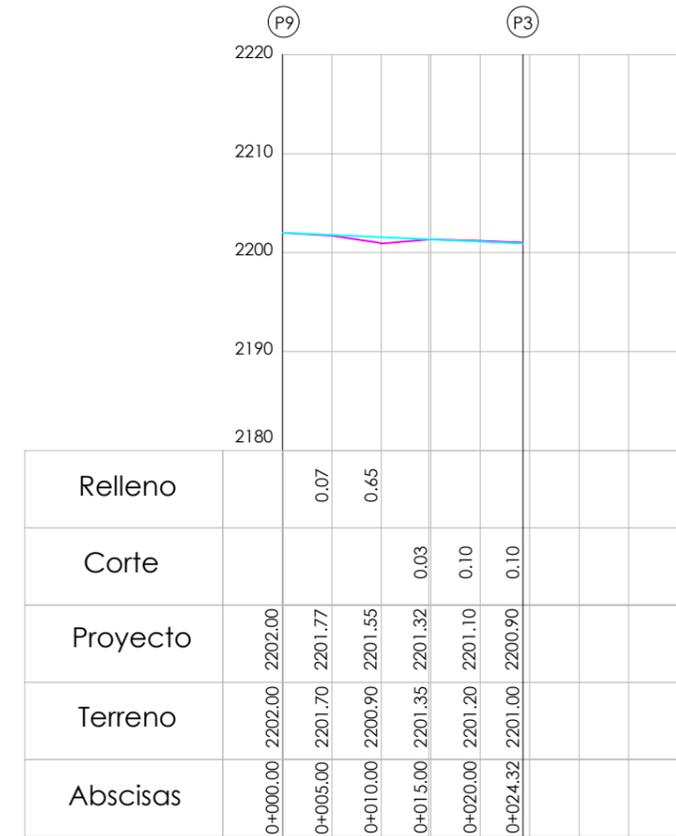
Alineación Tramo P7-P2

Escalas: H - 1:1 / V - 1:1



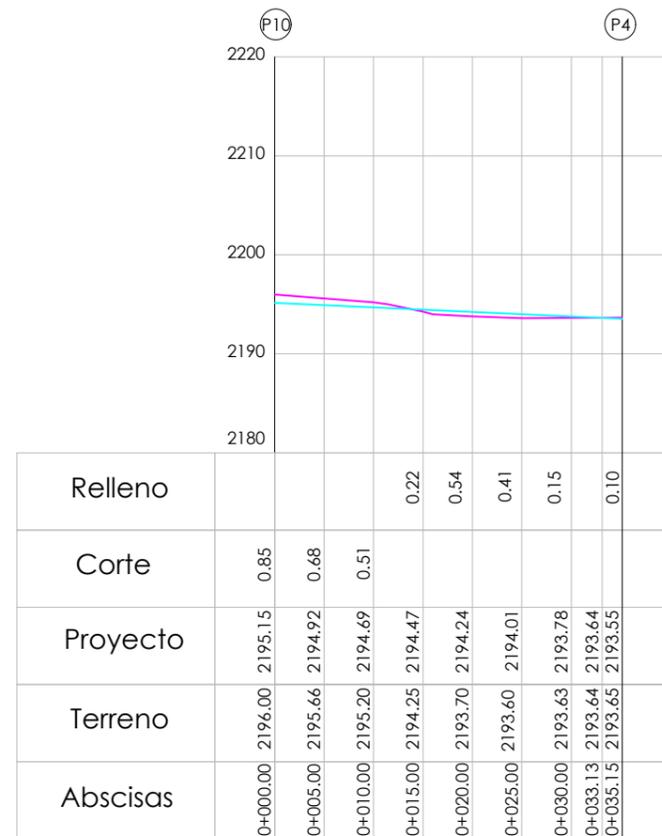
Alineación Tramo P8-P3

Escalas: H - 1:1 / V - 1:1



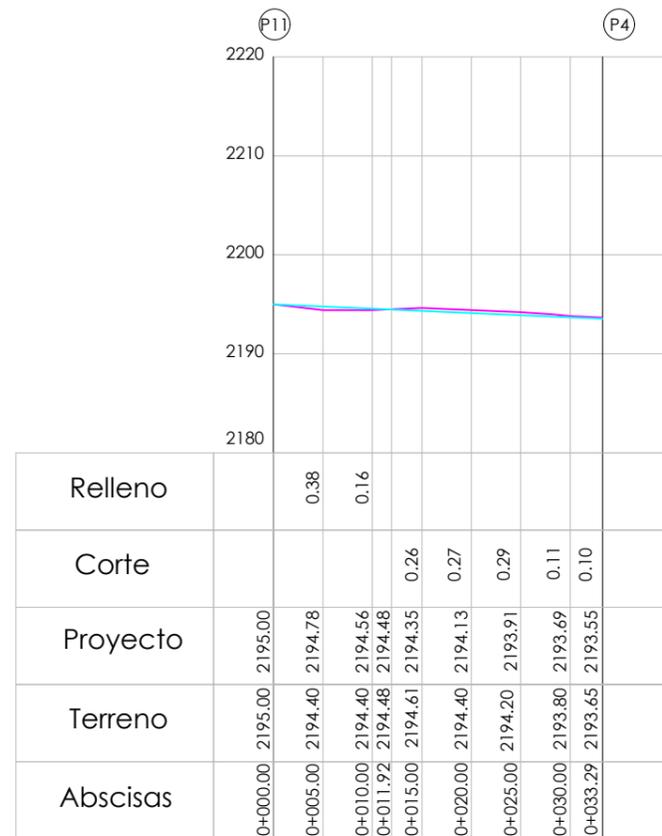
Alineación Tramo P9-P3

Escalas: H - 1:1 / V - 1:1



Alineación Tramo P10-P4

Escalas: H - 1:1 / V - 1:1

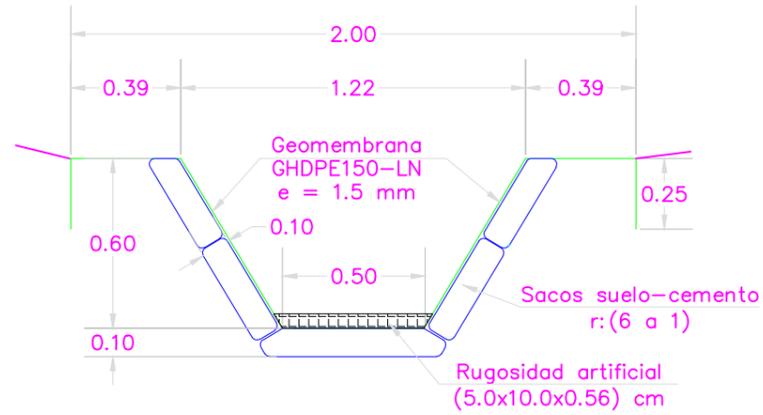


Alineación Tramo P11-P4

Escalas: H - 1:1 / V - 1:1

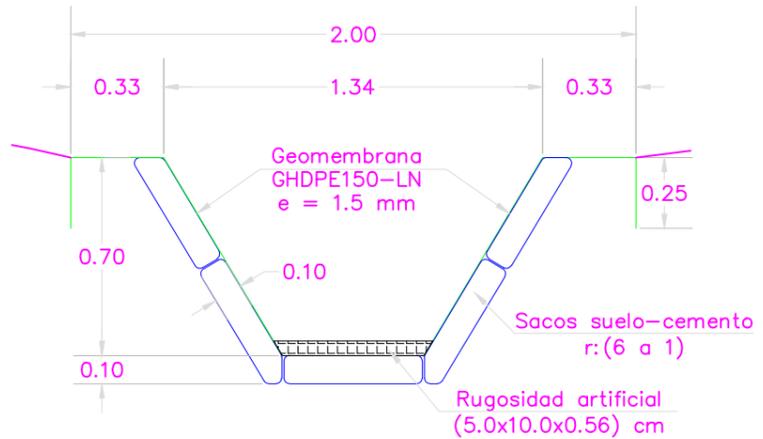
<b>UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA</b>			
PROYECTO: <b>ESTABILIZACIÓN TALUD APC, SECTOR BELÉN, Km 2+900.00</b>		FECHA: Junio - 2017	
CONTIENE: <b>PERFILES LONGITUDINALES DEL PROYECTO DE DRENAJE</b>		ESCALA: 1-----1000	
	DIRECTORA:  MSC. CARMEN ESPARZA	DISEÑO:  ING. MIREYA BERMEO CASTILLO	REVISIÓN:  
	LAMINA: <b>2</b> DE 4		

Ancho de franja

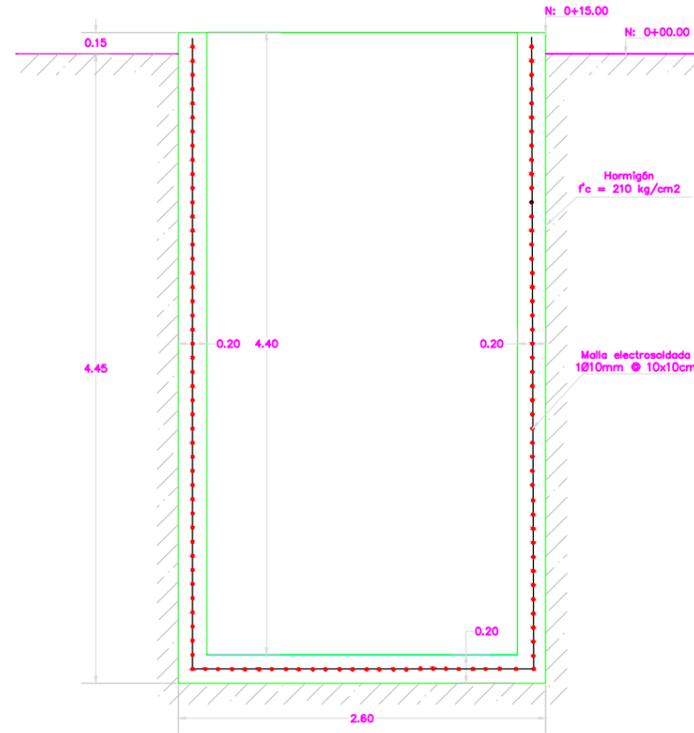


**RUGOSIDAD ARTIFICIAL**  
**CANAL 1 (TRAMO P3 - P4)** Escala: 1:25

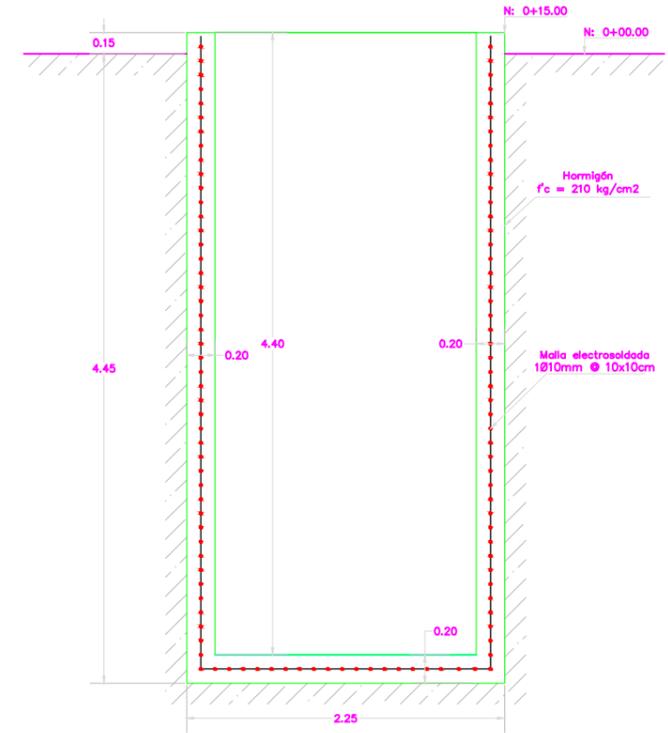
Ancho de franja



**RUGOSIDAD ARTIFICIAL**  
**CANAL 1 (TRAMO P4 - P5)** Escala: 1:25

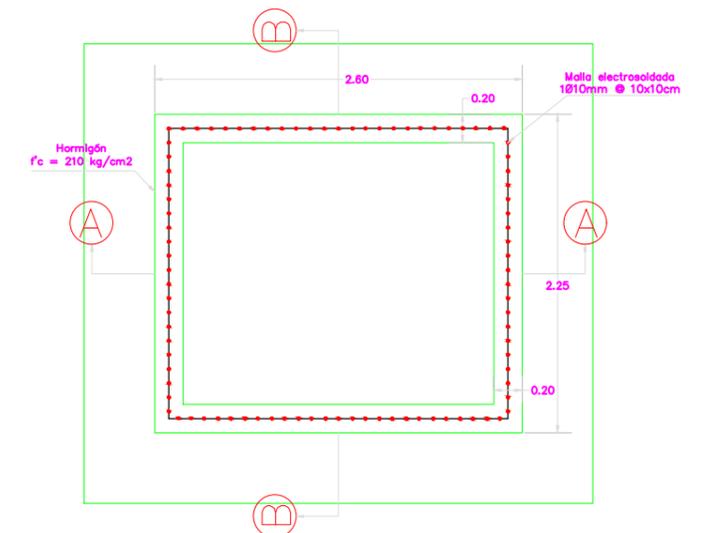


**CAJA DE DESCARGA**  
**CORTE A-A**



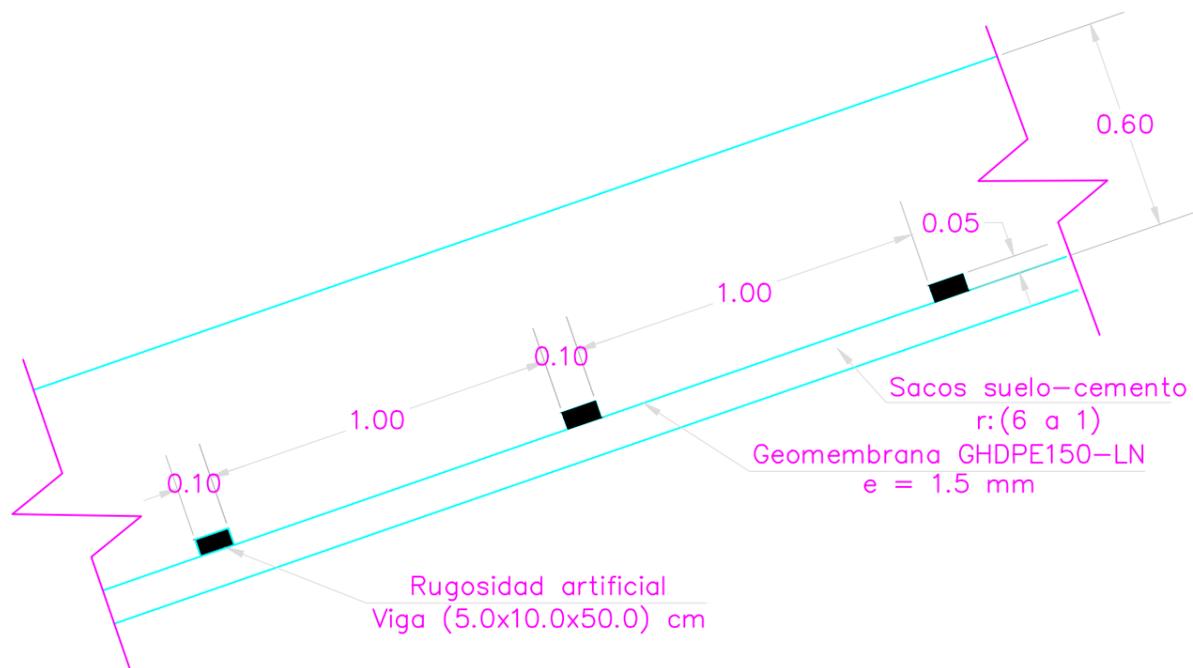
**CAJA DE DESCARGA**  
**CORTE B-B**

Escala: 1:50



**CAJA DE DESCARGA**  
**VISTA EN PLANTA**

Escala: 1:50



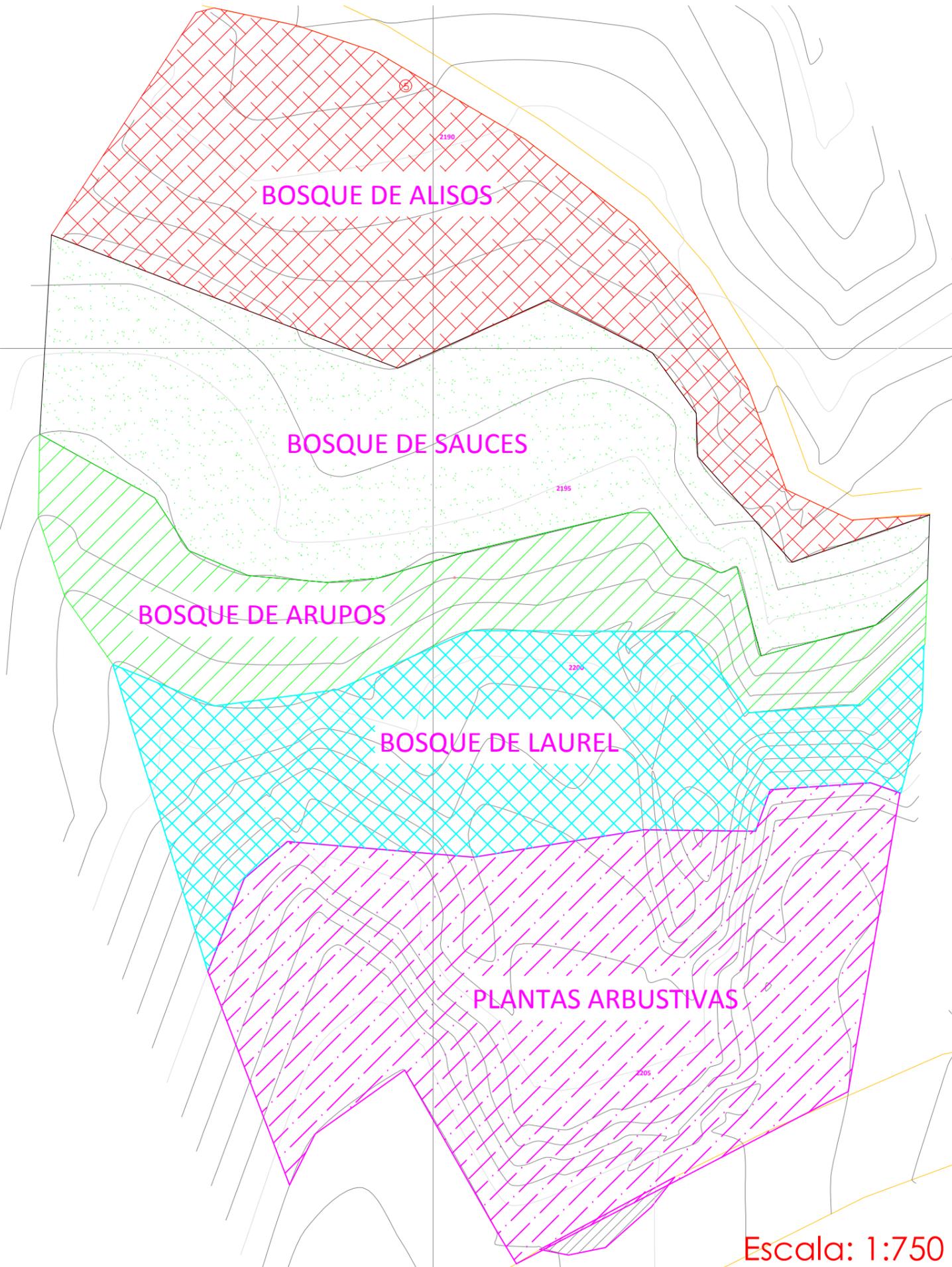
**DETALLE DE ELEMENTOS DE RUGOSIDAD ARTIFICIAL**  
**CANAL 1**

Escala: 1:20

<b>UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA</b>			
PROYECTO: <b>ESTABILIZACIÓN TALUD APC, SECTOR BELÉN, Km 2+900.00</b>		FECHA: Junio - 2017	
CONTIENE: <b>CAJA DE DESCARGA - ELEMENTOS DE RUGOSIDAD ARTIFICIAL</b>		ESCALA: Indicadas	
	DIRECTORA: MSC. CARMEN ESPARZA	DISEÑO: ING. MIREYA BERMEO CASTILLO	REVISIÓN:
	LAMINA: <b>3</b> DE 4		

# ÁREAS DE REVEGETACIÓN DE TALUDES

# DETALLE DE ESPECIES VEGETALES



Tipo arbóreo	Área	U / 16 m2	Cantidad
Aliso	1684,00	4,00	443,00
Sauce	1864,00	4,00	490,00
Arupo	1081,00	4,00	284,00
Laurel	1498,00	4,00	394,00

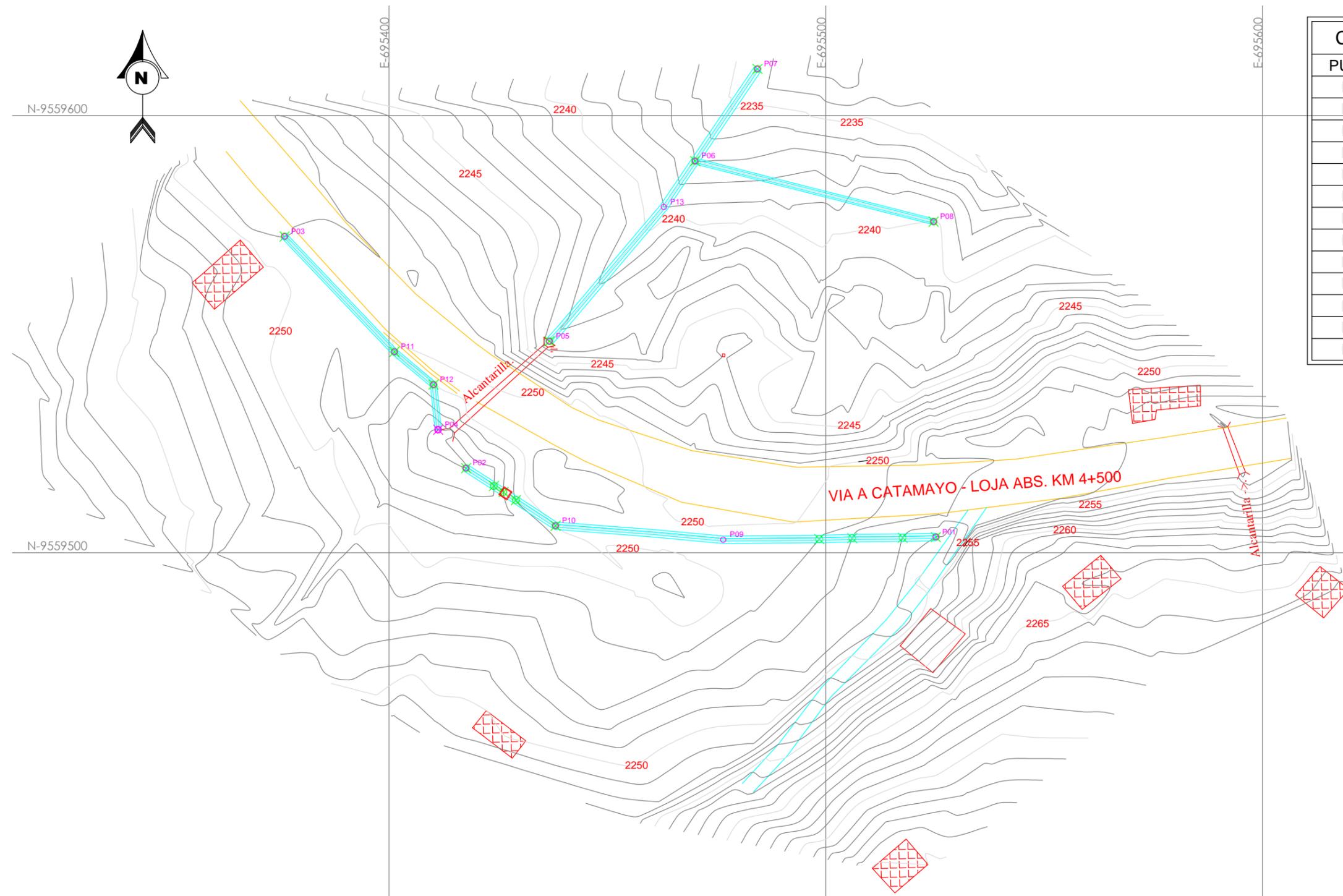
Tipo	Área (m2)	kg/m2	Cantidad (kg)
Arbustivo	2360,00	0,02	49,00
Herbáceo	8487,00	0,02	175,00

Tipo	Área (m2)	kg/m2	Cantidad (kg)
Fertilizante	8487,00	0,10	875,00

Escala: 1:750

<b>UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA</b>			
PROYECTO: <b>ESTABILIZACIÓN TALUD APC, SECTOR BELÉN, Km 2+900.00</b>		FECHA: Junio - 2017	
CONTIENE: <b>ÁREAS DE REVEGETACIÓN DE TALUDES</b>		ESCALA: 1:---1000	
	DIRECTORA:	DISEÑO:	REVISIÓN:
	MSC. CARMEN ESPARZA	ING. MIREYA BERMEO CASTILLO	
			LAMINA: <b>4</b> DE 4

# IMPLANTACIÓN DE SISTEMA DE DRENAJE

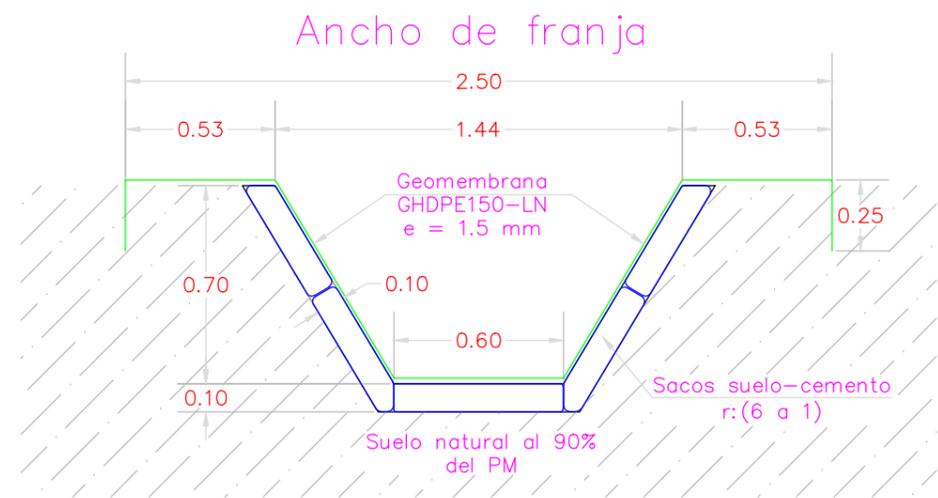


CUADRO DE COORDENADAS		
PUNTO	ESTE	NORTE
P01	695525.205	9559503.593
P02	695417.657	9559519.368
P03	695376.109	9559572.341
P04	695411.262	9559528.156
P05	695436.728	9559548.371
P06	695470.082	9559589.598
P07	695484.369	9559610.666
P08	695524.688	9559575.728
P09	695476.544	9559502.975
P10	695438.129	9559506.191
P11	695401.251	9559545.972
P12	695410.185	9559538.457
P13	695462.940	9559579.070

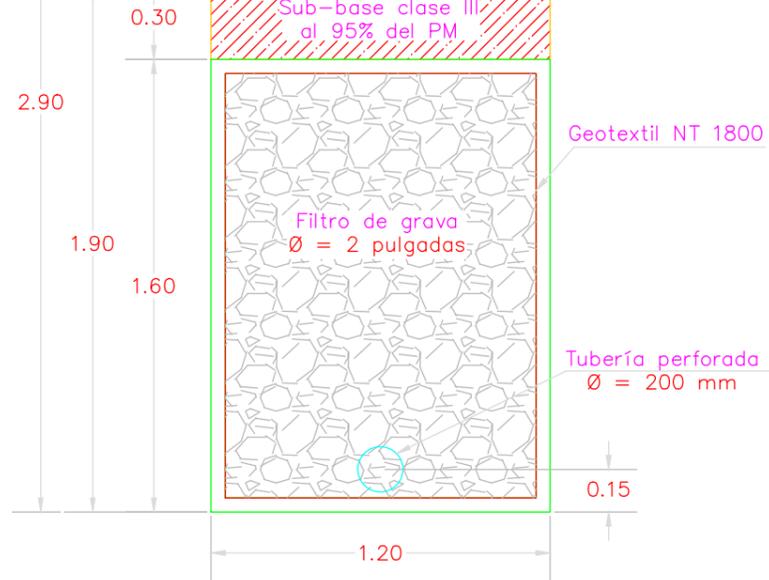
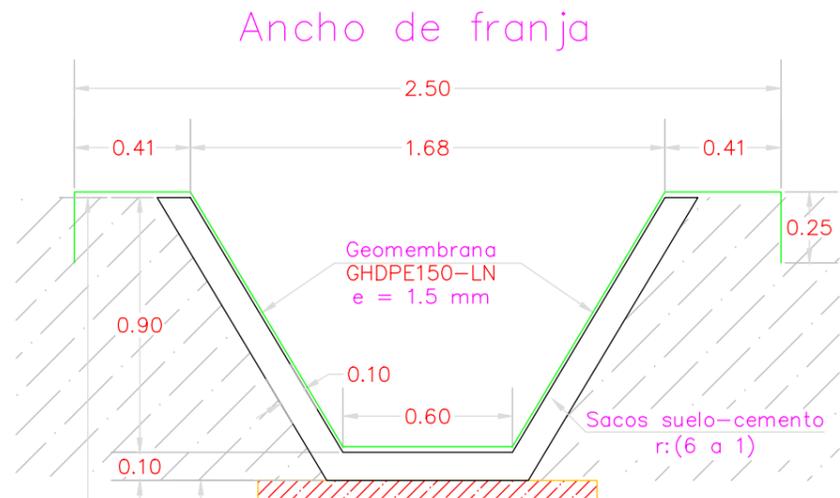
**SIMBOLOGIA:**

	Viviendas
	Alcantarilla
	Hito BM

<b>UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA</b>			
PROYECTO: <b>ESTABILIZACIÓN TALUD URNA, SECTOR EL PLATEADO Km 4+500.00</b>		FECHA: Junio - 2017	
CONTIENE: <b>IMPLANTACIÓN DE SISTEMA DE DRENAJE SUPERFICIAL</b>		ESCALA: 1:1000	
	DIRECTORA: _____ <small>MSC. CARMEN ESPARZA</small>	DISEÑO: _____ <small>ING. MIREYA BERMEO CASTILLO</small>	REVISION: _____
			LAMINA: <div style="border: 1px solid black; border-radius: 50%; width: 30px; height: 30px; display: flex; align-items: center; justify-content: center; margin: 0 auto;"> <span style="font-size: 24px; font-weight: bold;">1</span> </div> DE 6



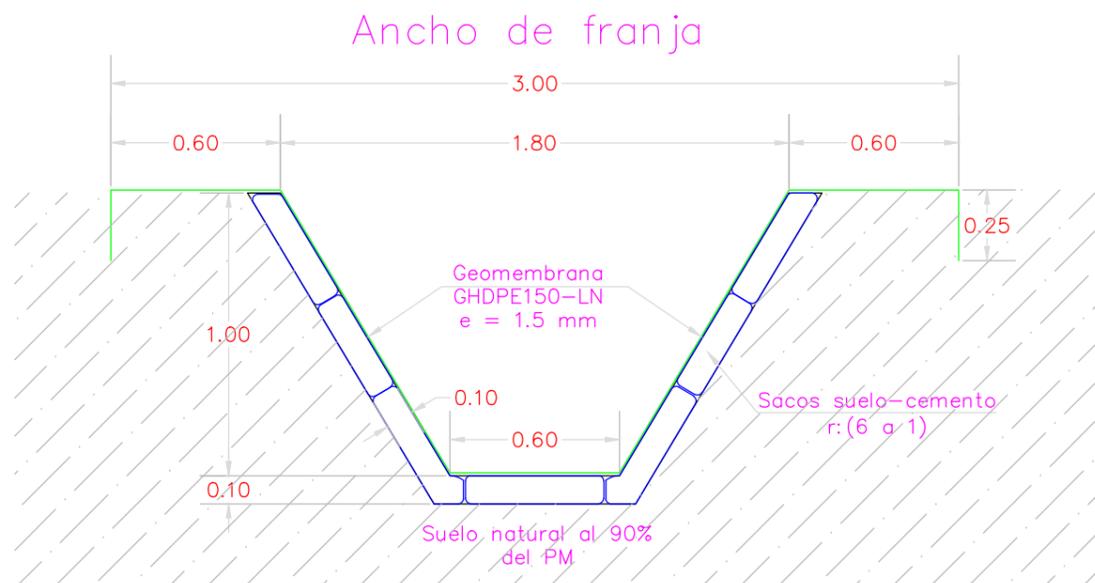
SECCIÓN TRANSVERSAL  
CANAL 2



CANAL 1  
SUBDREN DE ZANJA TIPO A Escala: 1:25



SECCIÓN TRANSVERSAL  
CANAL 3

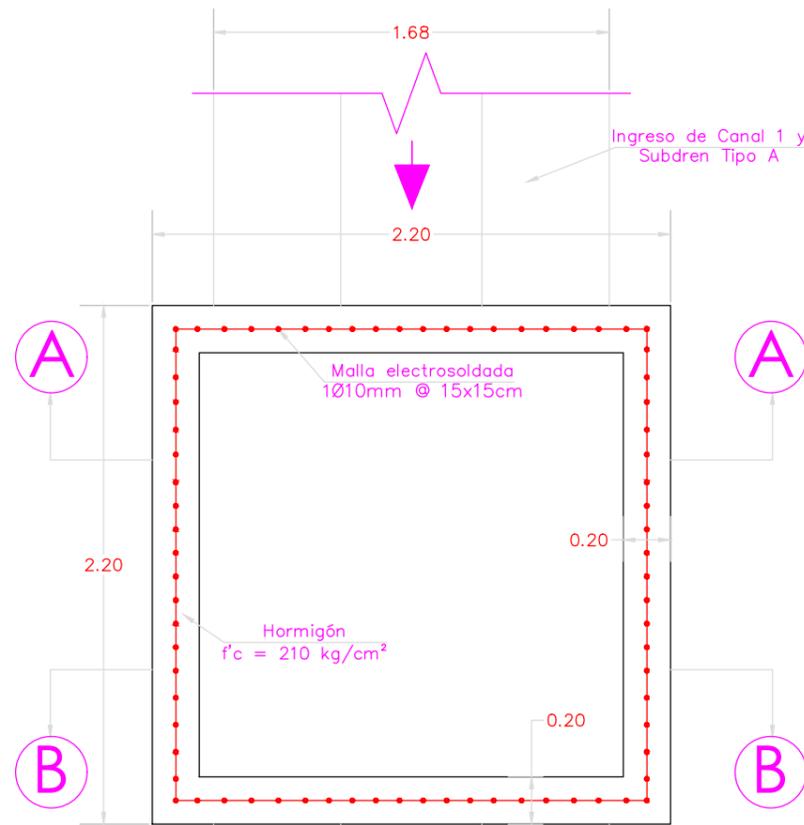


SECCIÓN TRANSVERSAL  
CANAL 4

Escala: 1:25

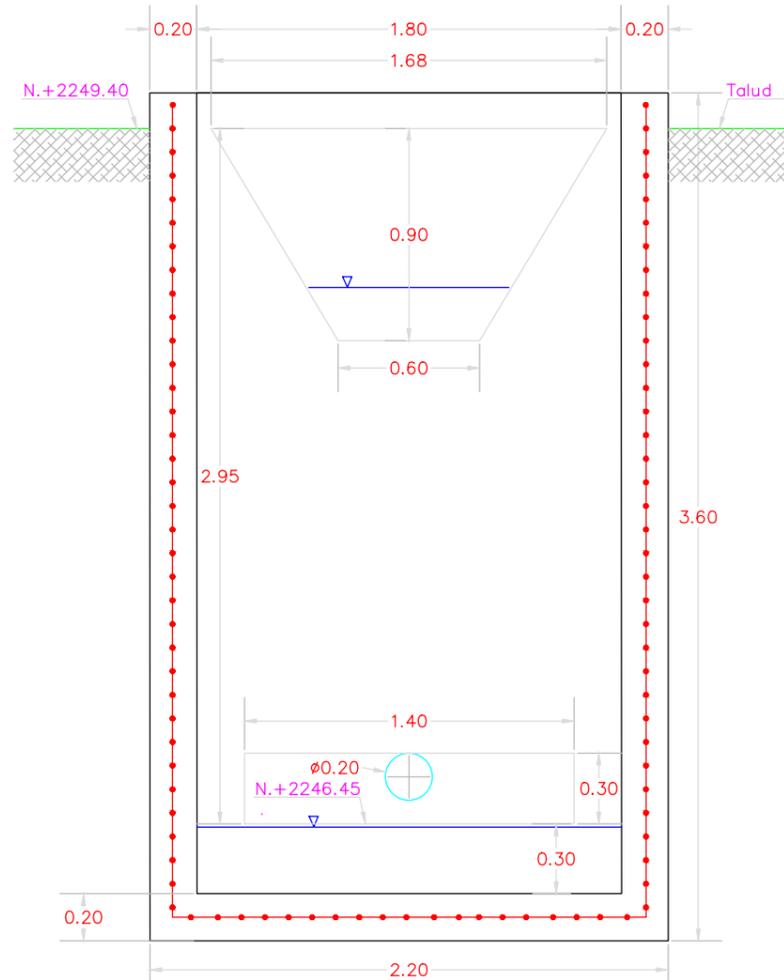
## CORTE TRANSVERSAL DE CANALES Y SUBDREN de ZANJA TIPO A

<b>UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA</b>				
PROYECTO: <b>ESTABILIZACIÓN TALUD URNA, SECTOR EL PLATEADO Km 4+500.00</b>			FECHA: Junio - 2017	
CONTIENE: <b>DETALLE DE CANALES COLECTORES Y SUBDREN DE ZANJA TIPO A</b>			ESCALA: 1---1000	
	DIRECTORA:	DISEÑO:	REVISIÓN:	LAMINA:
	MSC. CARMEN ESPARZA	ING. MIREYA BERMEO CASTILLO		<b>2</b> DE 6



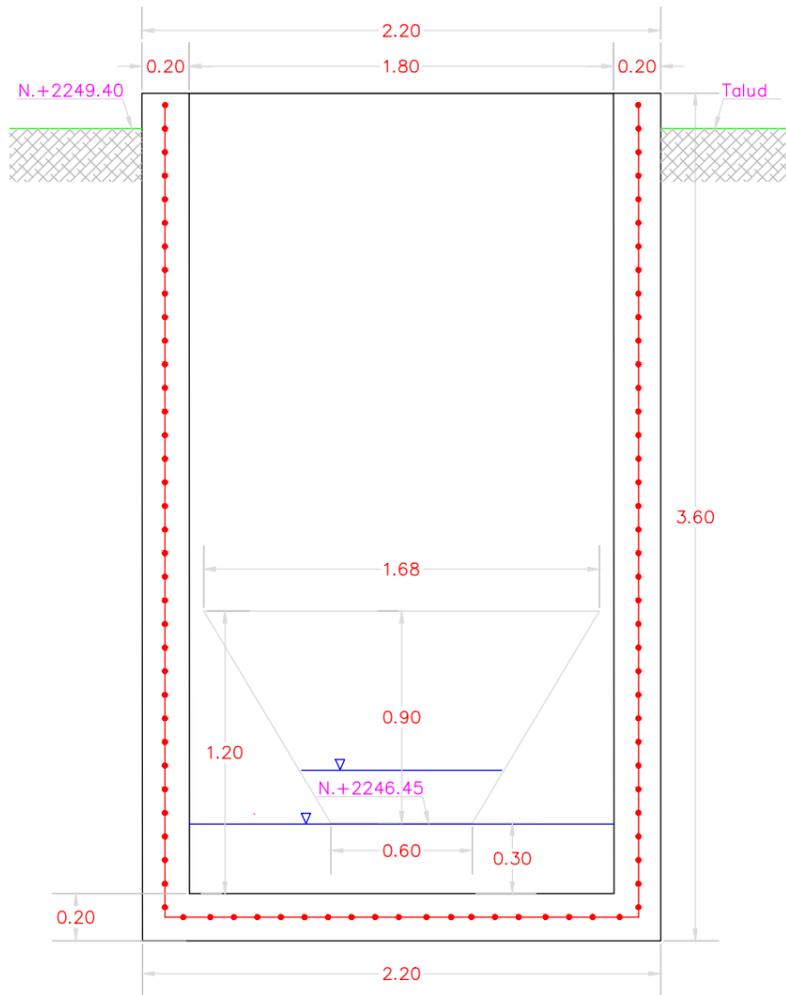
**CAJA DE DESCARGA  
VISTA EN PLANTA**

Escala: 1:30



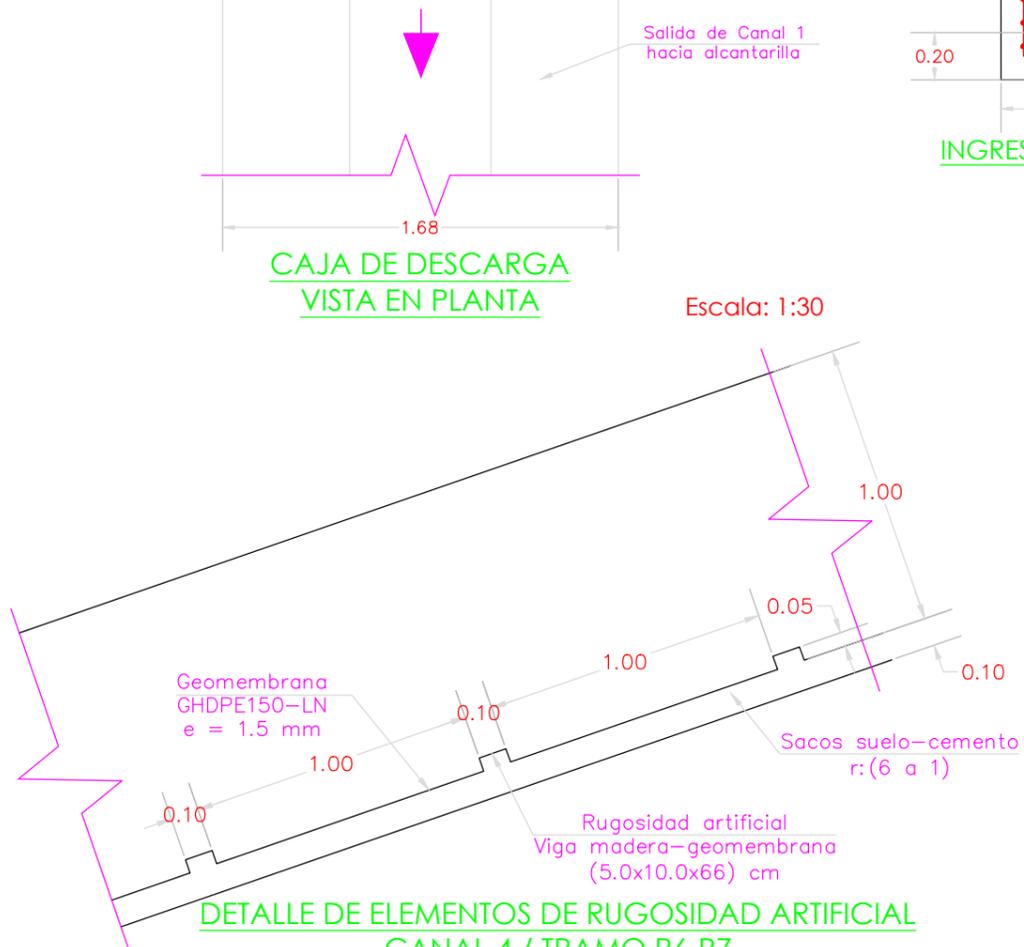
**INGRESO DE CANAL 1 Y SUBDREN DE ZANJA TIPO A  
CAJA DE DESCARGA / CORTE A-A**

Escala: 1:30



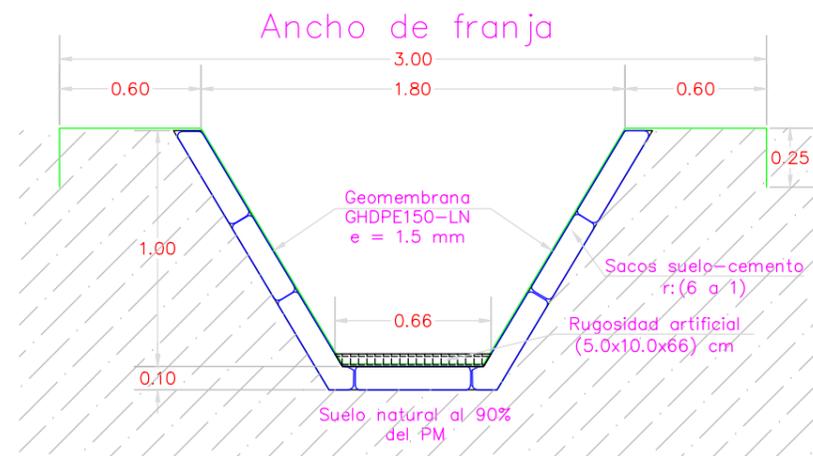
**SALIDA DE CANAL 1 HACIA ALCANTARILLA  
CAJA DE DESCARGA / CORTE B-B**

Escala: 1:30



**DETALLE DE ELEMENTOS DE RUGOSIDAD ARTIFICIAL  
CANAL 4 / TRAMO P6-P7**

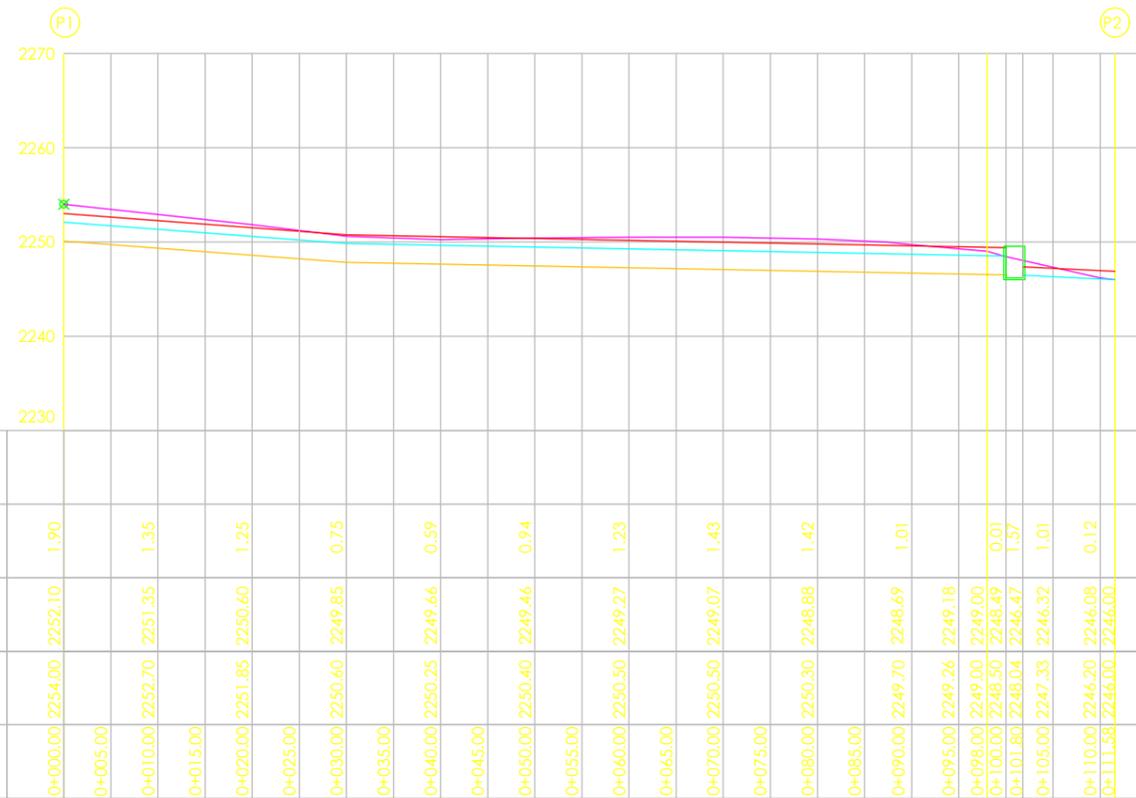
Escala: 1:25



**RUGOSIDAD ARTIFICIAL  
CANAL 4 / TRAMO P6-P7**

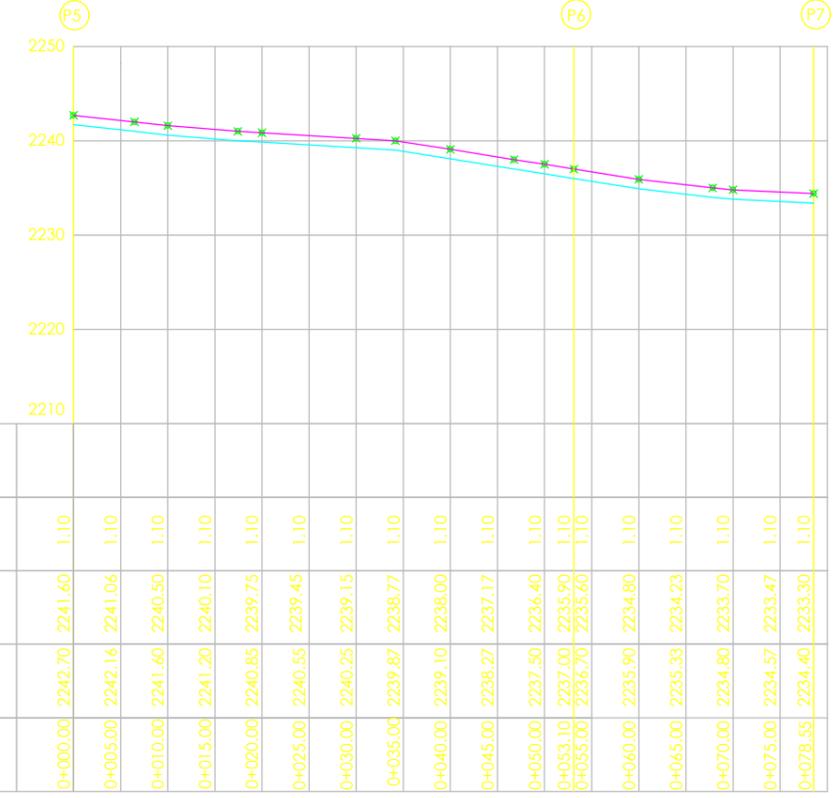
Escala: 1:30

UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA			
PROYECTO: <b>ESTABILIZACIÓN TALUD URNA, SECTOR EL PLATEADO Km 4+500.00</b>	FECHA: Junio - 2017		
CONTIENE: <b>DETALLES DE CAJA RECOLECTORA Y RUGOSIDAD ARTIFICIAL</b>	ESCALA: 1---1000		
	DIRECTORA: MSc. CARMEN ESPARZA	DISEÑO: ING. MIREYA BERMEO CASTILLO	REVISIÓN: _____
			LAMINA: <b>3</b> DE 6



Canal 1 - Cuneta coronación Escalas: H: 1:1 V: 1:1

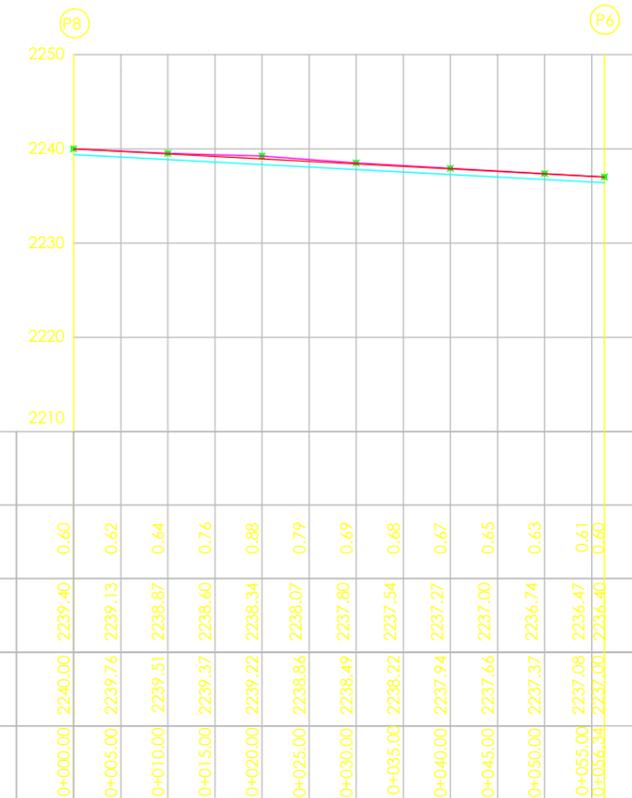
Escala 1:750



Canal 4 Tramo P5-P6-P7

Escalas: H - 1:1 / V - 1:1

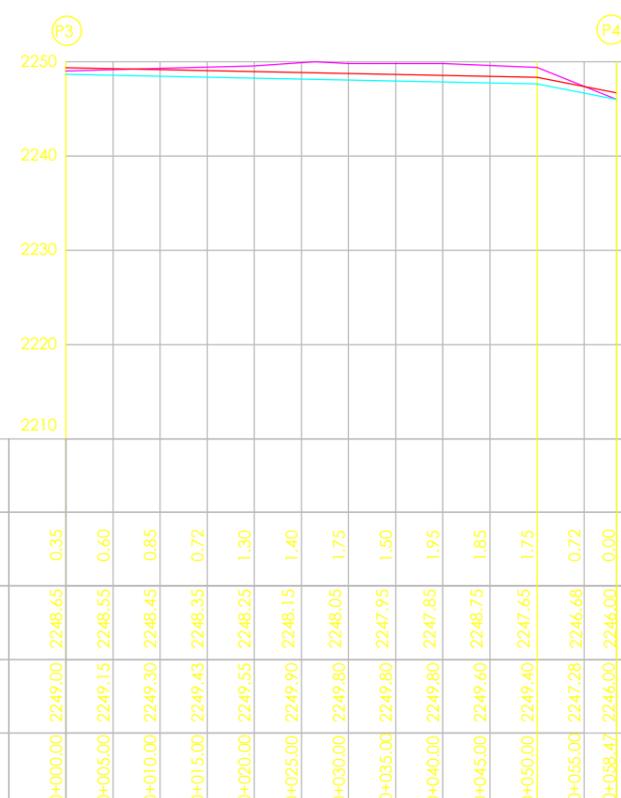
Escala 1:750



Canal 3 Tramo P8-P6

Escalas: H - 1:1 / V - 1:1

Escala 1:750

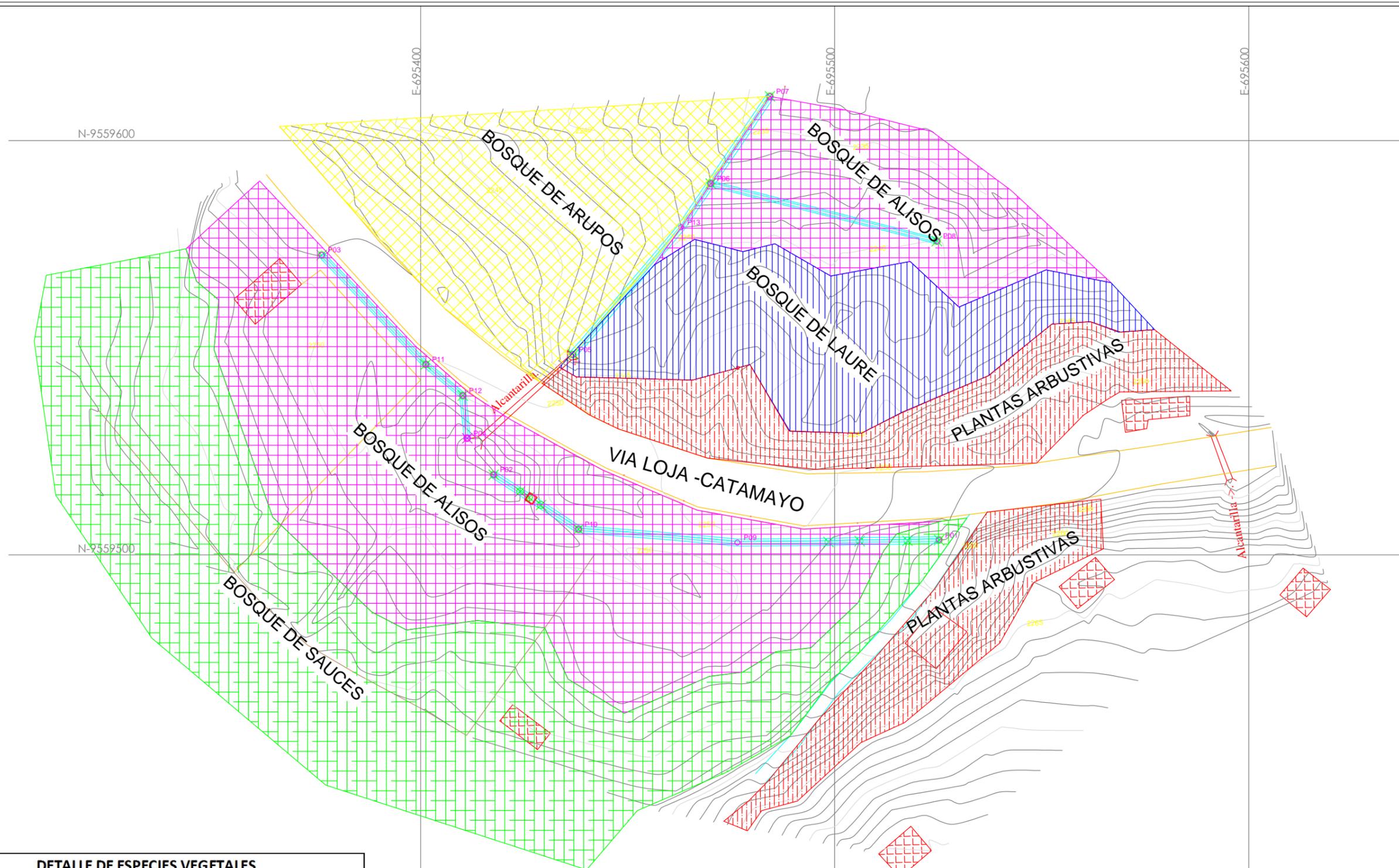


Canal 2 Tramo P3-P4

Escalas: H - 1:1 / V - 1:1

Escala 1:750

<b>UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA</b>			
PROYECTO: <b>ESTABILIZACIÓN TALUD URNA, SECTOR EL PLATEADO Km 4+500.00</b>		FECHA: Junio - 2017	
CONTIENE: <b>PERFILES LONGITUDINALES DEL PROYECTO</b>		ESCALA: INDICADAS	
	DIRECTORA:  MSC. CARMEN ESPARZA	DISEÑO:  ING. MIREYA BERMEJO CASTILLO	REVISION:  
			LAMINA:  <b>4</b> DE 6



**DETALLE DE ESPECIES VEGETALES**

Tipo arbóreo	Área	U / 25 m2	Plantas (U)
Alisos	11145,00	4,00	1784,00
Sauce	9860,00	4,00	1578,00
Arupo	4220,00	4,00	676,00
Laurel	3460,00	4,00	554,00

Tipo	Área (m2)	kg/m2	Semillas (kg)
Arbustivo	4198,00	0,02	87,00
Herbáceo	32883,00	0,02	678,00

Tipo	Área (m2)	kg/m2	Cantidad (kg)
Fertilizante	32883,00	0,10	3387,00

**Implantación de especies vegetales**

Tipo	Cota inicio (m)	Cota final (m)	Área (m2)	Cantidad	Unidades
Aliso	2.249,00	2.253,50	8397,00	1344,00	u
Aliso	2.233,00	2.240,50	2749,00	440,00	u
Sauce	2.253,50	2.263,00	9860,00	1578,00	u
Arupo	2.234,00	2.249,00	4222,00	676,00	u
Laurel	2.240,50	2.245,00	3460,00	554,00	u
Arbustivas	2.245,00	2.253,00	2507,00	52,00	kg
Arbustivas	2.252,00	2.264,00	2693,00	56,00	kg
Herbáceas	2.233,00	2.264,00	33.888,00	699,00	kg
Fertilizante	2.233,00	2.264,00	33.888,00	3491,00	kg

**UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA**

PROYECTO: **ESTABILIZACIÓN TALUD URNA, SECTOR EL PLATEADO Km 4+500.00**

FECHA: Junio - 2017

CONTIENE: **ÁREAS ESTABILIZADAS CON VEGETACIÓN**

ESCALA: 1:1000



DIRECTORA:

DISEÑO:

REVISIÓN:

LAMINA:

MSC. CARMEN ESPARZA

ING. MIREYA BERMEO CASTILLO

**5** DE 6

Cuneta de coronación		Tramo :	P1-P2
Punto	Abscisa	Cota Terreno	Cota Proyecto
	X	Z	Z
P1	0,00	2254,00	2252,10
	7,60	2253,00	2251,53
	10,00	2252,70	2251,35
	19,15	2252,00	2250,66
	20,00	2251,85	2250,60
	26,71	2251,00	2250,10
	30,00	2250,60	2249,85
	40,00	2250,25	2249,66
	50,00	2250,40	2249,46
	60,00	2250,50	2249,27
	70,00	2250,50	2249,07
	80,00	2250,30	2248,88
	87,22	2250,00	2248,74
	90,00	2249,70	2248,69
	98,00	2249,00	2248,53
	100,00	2248,50	2248,49
	101,80	2248,04	2246,47
	104,00	2247,55	2246,36
	105,61	2247,22	2246,32
	110,00	2246,20	2246,08
P2	111,58	2246,00	2246,00

Canal 2		Tramo :	P3-P4
Punto	Abscisa	Cota Terreno	Cota Proyecto
	X	Z	Z
P3	0,00	2249,00	2248,65
	10,00	2249,30	2248,45
	20,00	2249,55	2248,25
	30,00	2249,80	2248,05
	36,43	2250,00	2247,92
	38,53	2250,00	2247,88
	40,00	2249,80	2247,85
	48,11	2249,80	2247,69
	50,00	2249,40	2247,65
	51,42	2249,00	2247,37
	54,01	2248,00	2246,87
	55,00	2247,28	2246,68
	56,09	2247,00	2246,46
P4	58,47	2246,00	2246,00

Canal 3		Tramo :	P8-P6
Punto	Abscisa	Cota Terreno	Cota Proyecto
	X	Z	Z
P8	0,00	2240,00	2239,40
	5,00	2239,76	2239,13
	10,00	2239,51	2238,87
	15,00	2239,37	2238,60
	20,00	2239,22	2238,34
	20,44	2239,00	2238,31
	25,00	2238,86	2238,07
	30,00	2238,49	2237,80
	35,00	2238,22	2237,54
	39,11	2238,00	2237,32
	40,00	2237,94	2237,27
	45,00	2237,66	2237,00
	50,00	2237,37	2236,74
	55,00	2237,08	2236,47
P6	56,34	2237,00	2236,40

Canal 4		Tramo :	P5-P7
Punto	Abscisa	Cota Terreno	Cota Proyecto
	X	Z	Z
P5	0,00	2242,70	2241,60
	5,00	2242,16	2241,06
	6,47	2242,00	2240,90
	10,00	2241,60	2240,50
	15,00	2241,20	2240,10
	17,54	2241,00	2239,90
	20,00	2240,85	2239,75
	25,00	2240,55	2239,45
	30,00	2240,25	2239,15
	34,17	2240,00	2238,90
	35,00	2239,87	2238,77
	40,00	2239,10	2238,00
	40,37	2239,00	2237,90
	45,00	2238,29	2237,19
	46,75	2238,00	2236,90
	50,00	2237,50	2236,40
	53,10	2237,00	2235,90
	55,00	2236,70	2235,60
	59,46	2236,00	2234,90
	60,00	2235,90	2234,80
	65,00	2235,33	2234,23
	67,85	2235,00	2233,90
	70,00	2234,80	2233,70
	75,00	2234,57	2233,47
P7	78,55	2234,40	2233,30

<b>UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA</b>			
PROYECTO: <b>ESTABILIZACIÓN TALUD URNA, SECTOR EL PLATEADO Km 4+500.00</b>	FECHA: Junio - 2017		
CONTIENE: <b>COTAS DE TERRENO Y PROYECTO DE CANALES COLECTORES</b>	ESCALA: SIN ESCALA		
	DIRECTORA:  MSC. CARMEN ESPARZA	DISEÑO:  ING. MIREYA BERMEJO CASTILLO	REVISIÓN:  
			LAMINA: <b>6</b> DE 6