

**EVALUACIÓN DEL MOVIMIENTO DEL TALUD
PARA LA VÍA TRONCAL CENTRAL LA ESTACIÓN MUNICIPIO DE GUAPOTA
EN EL SECTOR DEL K1+520 al K2+020**

LAURA REGINA LÓPEZ PRIETO

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDERUIS
FACULTAD DE FÍSICOMECAÑICAS
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
MAESTRÍA EN GEOTECNIA
BUCARAMANGA
2012**

**EVALUACIÓN DEL MOVIMIENTO DEL TALUD
PARA LA VÍA TRONCAL CENTRAL LA ESTACIÓN MUNICIPIO DE GUAPOTA
EN EL SECTOR DEL K1+520 al K2+020**

LAURA REGINA LÓPEZ PRIETO

**Trabajo de grado Maestría en Geotecnia para optar
al título de Magister en Geotecnia**

**Director
HEBENLY CELISLEGUIZAMO
Ingeniero Civil**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDERUIS
FACULTAD DE FÍSICOMECAÑICAS
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
MAESTRÍA EN GEOTECNIA
BUCARAMANGA
2012**

A mi ángel inspirador por darme la fuerza

cada día

y ser mi admirable consejero.

A mi familia por creer siempre en mí.

AGRADECIMIENTOS

Al Dr. Horacio Serpa Uribe y al Ing. Edgar Augusto Pedraza Gómez, por su apoyo en el logro de este sueño.

Al Ing. Jaime Suarez por su sabiduría y alegría.

A la Ing. Hebenly Celis Leguizamo, Ing. Wilfredo del Toro, Ing. Vladimir Merchán, Geólogo José Neyith Contreras e Ing. Edward Quintanilla, por su acompañamiento, orientación y apoyo.

A mis compañeros de la maestría en geotecnia, por su amistad y aprendizaje.

A Paola, José y Milena estudiantes de ingeniería civil, que participaron en este proyecto.

CONTENIDO

Pág.

INTRODUCCIÓN	18
<u>1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA</u>	<u>22</u>
<u>2. JUSTIFICACIÓN.....</u>	<u>28</u>
2.1 OBJETIVOS.....	29
2.1.1 OBJETIVO GENERAL.....	29
2.1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	29
<u>3. MARCO REFERENCIAL</u>	<u>30</u>
3.2 CLASIFICACIÓN DE LOS DESLIZAMIENTOS EN LADERAS	33
3.2.1 CAÍDOS O DERRUMBES.....	33
3.2.1.1 Desprendimientos	33
3.2.1.2 Vuelcos o Volteos	34
3.2.2 DESLIZAMIENTOS.....	34
3.2.2.1 Rotacionales	34
3.2.2.2 Traslacionales.....	34
3.2.3 FLUJOS.....	35
3.2.3.1 FLUJOS DE LODO.....	35
3.2.3.2 FLUJOS DE TIERRA O SUELO.....	35
3.2.3.3 Flujos o avalancha de detritos	35
3.2.3.4 Creep o flujo muy lento	35
3.2.3.5 Lahar	35
3.2.4 OTROS PROCESOS DE INESTABILIDAD.....	36
3.3 FACTORES QUE DETERMINAN LA INESTABILIDAD DE LADERAS	39
3.3.1 FACTOR DE SEGURIDAD	40
3.3.2 FACTORES INTERNOS	41
3.3.2.1 PROPIEDADES DE LOS SUELOS Y ROCAS	41
3.3.2.2 ESTRATIGRAFÍA Y ESTRUCTURAS GEOLÓGICAS.....	42
3.3.2.3 MECANISMO DE FALLA POR AUMENTO DE LA PRESIÓN DEL AGUA.....	43

3.3.3	FACTORES EXTERNOS.....	44
3.3.3.1	Lluvias intensas y prolongadas.....	44
3.3.3.2	SISMOS.....	46
3.3.3.3	ACTIVIDAD VOLCÁNICA.....	47
3.3.3.4	CARGAS SOBRE LA LADERA	47
3.3.4	CAUSAS HUMANAS O ANTRÓPICAS.....	48
3.3.4.1	Cambios en el régimen de la presión del agua del subsuelo	48
3.3.4.2	Cambio en la topografía de la ladera y la imposición de sobrecargas o sobre presiones.....	49
3.3.4.3	Deforestación.....	49
3.4	METODOLOGÍAS PARA ANÁLISIS DE ESTABILIDAD	50
3.4.1	MÉTODOS DE EQUILIBRIO LIMITE	50
3.4.2	MÉTODO SUPERFICIES DE FALLA EQUILIBRIO CARACTERÍSTICAS	50
3.5	DEFINICIÓN E INVESTIGACIÓN DEL DESLIZAMIENTO.....	51
4.	DESCRIPCIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO.....	55
4.1	LOCALIZACIÓN	55
4.2	CLIMA	56
4.2.1	CLIMA CÁLIDO HÚMEDO (CH).....	56
4.2.2	CLIMA TEMPLADO HÚMEDO (TH)	57
4.2.3	PRECIPITACIÓN.....	57
4.3	VEGETACIÓN.....	58
4.4	TOPOGRAFÍA.....	59
4.5	MARCO GEOLÓGICO.....	60
4.5.1	ESTRATIGRAFÍA	60
5.5.1.1	FORMACIÓN PAJA.....	62
5.5.1.2	FORMACIÓN TABLAZO	62
4.6	GEOLOGÍA LOCAL.....	63
4.6.1	ESTRATIGRAFÍA LOCAL	63
4.6.2	MARCO ESTRUCTURAL	66
4.6.2.1	FALLA DEL SUAREZ.....	67
4.6.2.2	SINCLINAL DE SUAITA–CHIMA	69
4.7	GEOMORFOLOGÍA.....	69
4.8	UNIDADES GEOLÓGICAS SUPERFICIALES(UGS).....	72
4.8.1.2	SUELOS RESIDUALES DE ROCAS BLANDAS SRKI.....	73
4.8.2	SUELOS COLUVIALES INACTIVOS Sco1.....	74
4.8.3	SUELOS COLUVIALES ACTIVOS Sco.....	75
4.9	UNIDADES GEOMORFOLOGICAS	76
4.9.1	UNIDADES GEOMORFOLÓGICAS DE ORIGEN DENUDACIONAL (OD)	76

4.9.1.1	LADERAS CON TERRACETAS Y/O PATAS DE VACA D11.....	76
4.9.1.2	LADERAS MODERADAS D6	77
4.9.1.3	DEPÓSITOS DE LADERA D13	78
4.9.1.3	PROCESOS MORFODINÁMICOS	79
4.9.1.4	DESLIZAMIENTOS DLZ	79
4.9.1.5	FENÓMENOS DE REMOCIÓN EN MASA	81
4.10	ANÁLISIS DE LA DESCRIPCIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO.....	85

5. METODOLOGÍA 87

5.1	MARCO REFERENCIAL	87
5.2	EXPLORACIÓN DEL SUBSUELO.....	87
5.2.1	ALCANCE DE LA INVESTIGACIÓN GEOTÉCNICA.....	88
5.2.1.1	LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO.....	88
5.2.1.2	MORFODINÁMICA.....	89
5.2.1.3	PRECIPITACIÓN	92
5.2.1.4	ÁREAS DE DRENAJE	95
5.2.1.5	APIQUES	96
5.2.2	SONDEOS GEOELÉCTRICOS	99
5.2.3	SONDEOS MECÁNICOS.....	100
5.2.3.1	ENSAYOS DE LABORATORIO	102
5.3	ESCENARIOS DE ESTABILIZACIÓN	102
5.4	ANÁLISIS DE LA METODOLOGÍA	103

6. RESULTADOS..... 104

6.1	ESTUDIO DEL SUBSUELO	104
6.1.1	LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO.....	104
6.1.2	SONDEOS GEOELÉCTRICOS	108
6.1.3	SONDEOS MECÁNICOS.....	112
6.1.4	ENSAYOS DE LABORATORIO	113
6.2	VALIDACIÓN DEL MODELO GEOLÓGICO-ESTABILIDAD.....	115
6.3	ANÁLISIS DE ESTABILIDAD	116
6.3.1	TERRENO SIN LA APLICACIÓN DE NINGÚN TIPO DE MEDIDAS PARA EL CONTROL DE DESLIZAMIENTO	119

6.3.1.2 MODELAMIENTO PSEUDOSTÁTICO 125

6.3.2	TERRENO CON LA APLICACIÓN DE MEDIDAS PARA EL CONTROL DE DESLIZAMIENTO.....	131
-------	--	-----

6.3.2.1	MODELAMIENTO ESTÁTICO	133
6.3.2.2	MODELAMIENTO PSEUDOSTÁTICO	135
6.3.2.3	MODELAMIENTO ESTÁTICO	138
6.3.2.4	MODELAMIENTO DINÁMICO	140
6.3.2.5	MODELAMIENTO ESTÁTICO	143
6.3.2.6	MODELAMIENTO PSEUDOESTÁTICO	145
6.4	ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS	147
7.	<u>DEFINICIÓN Y COSTOS DE LAS MEDIDAS DE MITIGACIÓN</u>	149
7.1	PRESUPUESTO TOTAL APROXIMADO PARA LA ALTERNATIVA NO. 1	152
7.2	PRESUPUESTO TOTAL APROXIMADO PARA LA ALTERNATIVA NO. 2	153
7.3	PRESUPUESTO TOTAL APROXIMADO PARA LA ALTERNATIVA NO. 3	155
8	<u>CONCLUSIONES GENERALES DEL ESTUDIO</u>	156
	<u>BIBLIOGRAFÍA</u>	158

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Segundo Desembolso Plan Vial Departamento de Santander	24
Tabla 2. Volúmenes de precipitación mensuales en porcentaje	58
Tabla 3. Datos estructurales.....	67
Tabla 4. Localización apiques.....	96
Tabla 5. Relación de ensayos de laboratorio ejecutados	102
Tabla 6. Resumen de los sondeos eléctricos verticales	111
Tabla 7. Resumen de ensayos SPT.....	113
Tabla 8. Resumen de ensayos plasticidad, sondeo N° 1	113
Tabla 9. Resumen de ensayos plasticidad, sondeo N° 2	113
Tabla 10. Resumen de ensayos plasticidad, sondeo N° 3.....	114
Tabla 11. Resultados de laboratorio para los apiques.....	114
Tabla 16. Resultados Factores de Seguridad Modelamiento Estático.....	124
Tabla 17. Resultados Factores de Seguridad Modelamiento Pseudostático	130
Tabla 18. Resultados Factores de Seguridad para la alternativa 1	137
Tabla 19. Resultados Factor de Seguridad para la alternativa N° 2.....	142
Tabla 20. Resultados Factor de Seguridad para la alternativa N° 3.....	147
Tabla 21. Presupuesto total para la alternativa 1.....	152
Tabla 22. Presupuesto total para la alternativa 1.....	153
Tabla 23. Presupuesto total para la alternativa 3.....	155

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Ejes Viales Plan Vial Departamento de Santander.....	23
Figura 2. Costos Estimados daño ola invernal DNP.....	25
Figura 3. Reporte Impactos sector Infraestructura DNP	25
Figura 4. Reporte sitios de Hundimientos UIS	26
Figura 5. Localización entrada al Municipio de Guapotá. Base de la Información	27
Figura6. Principales tipos de deslizamientos en laderas	36
Figura7. Definición de las características y partes que componen a) una ladera b) eventualmente un deslizamiento	37
Figura 8. Definición del factor de seguridad de una ladera	41
Figura9. Efectos de la presión del agua sobre la resistencia al esfuerzo cortante de los suelos, atendiendo al nivel que alcanza dentro de la ladera.....	43
Figura10. Representación esquemática de las fuerzas actuantes y resistentes que se desarrollan en una ladera: a) antes y b) durante un evento sísmico	47
Figura 11. Principales características de los métodos de equilibrio limite	51
Figura 12. Flujograma del Análisis e Investigación de Deslizamientos.....	53
Figura 13. Exploración como herramienta de investigación del subsuelo	54
Figura 14. Perspectiva del sitio del deslizamiento (sección transversal y planta)	56
Figura 15. Geología regional del sector entre Socorro –Confinos – Chima en Santander Kit= Fm Tablazo; Kip= Fm Paja; Kir= Fm Rosablanca.....	60
Figura 16. Columna estratigráfica generalizada de la cordillera oriental	61
Figura 17. Esquema Estructural del Departamento de Santander.....	68
Figura 18. Unidades Geológicas Superficiales de la zona de estudio.....	82
Figura 19. Perfil geológico - Eje 1	83
Figura 20. Perfil geológico - Eje 2	83
Figura 21. Perfil geológico - Eje 3	84
Figura 22. Perfil geológico - Eje 4	84
Figura 23. Perfil geológico - Eje 5	85
Figura 24. Planteamiento exploración deslizamiento	88
Figura 25. Pendientes, curvas de nivel e imágenes en el recorrido del sitio de estudio	90
Figura 26. Histograma Pluviómetro – Sitio La Estación	92
Figura 27. Vista de planta del K1+500 de la vía Estación Guapotá – municipio de Guapotá con la ubicación de los Sondeos Eléctricos Verticales SEV-1, SEV-2, SEV-3 y SEV-4 ..	101
Figura 28. Levantamiento con los ejes topográficos	105
Figura 29. Eje No. 1	106

Figura 30. Eje No. 2	106
Figura31. Eje No. 3	106
Figura 32. Eje No. 4.....	107
Figura 33. Eje No. 5.....	107
Figura 34. Plano topográfico regional con la ubicación de los Sondeos Eléctricos Verticales en el K1+500 de la vía Estación Guapotá al municipio de Guapotá	108
Figura 35. Perfil eléctrico para el sector inestable del K1+500vía Nacional –Guapotá	112
Figura 36. Perfil del terreno inicial y su falla	115
Figura 37. Resultados Factores de seguridad Back Análisis	116
Figura 38. Propiedades de los materiales.....	117
Figura 39. Perfil 1 (BISHOP)	119
Figura 40. Perfil 1 (JAMBU).....	119
Figura 41. Perfil 1 (SPENCER)	120
Figura 42. Perfil 2 (BISHOP)	120
Figura 43. Perfil L 2 (JAMBU)	121
Figura 44. Perfil 2 (SPENCER)	122
Figura 45. Perfil 3 (BISHOP)	122
Figura 46. PPerfil 3 (JAMBU)	123
Figura 47. PERFIL 3 (SPENCER)	124
Figura 48. Perfil 1 (BISHOP)	125
Figura 49. PERFIL 1 (JAMBU).....	125
Figura 50. PERFIL 1 (SPENCER)	126
Figura 51. Perfil 2 (BISHOP)	127
Figura 52. Perfil 2 (JAMBU).....	127
Figura 53. Perfil 2 (SPENCER)	128
Figura 54. Perfil 3 (BISHOP)	128
Figura 55. Perfil 3 (JAMBU).....	129
Figura 56. Perfil 3 (SPENCER)	130
Figura 58. Sección transversal alternativa No. 1	131
Figura 59. Sección transversal alternativa No. 2	132
Figura 60. Sección transversal alternativa No. 3	132
Figura 61. Perfil 3 (BISHOP)	133
Figura 62. Perfil 3 (JAMBU).....	134
Figura 63. Perfil 3 (SPENCER)	134
Figura 64. Perfil 3(BISHOP)	135
Figura 65. Perfil 3 (JAMBU).....	136
Figura 66. PERFIL 3 (SPENCER)	136
Figura 67. Perfil 3 (BISHOP)	138
Figura 68. Perfil 3 (JAMBU).....	139
Figura 69. Perfil 3 (SPENCER)	139

Figura 70. Perfil 3 (BISHOP)	140
Figura 71. Perfil 3 (JAMBU).....	141
Figura 72. Perfil 3 (SPENCER)	141
Figura 73. Perfil 3 (BISHOP)	143
Figura 74. Perfil 3 (JAMBU).....	144
Figura 75. Perfil 3 (SPENCER)	144
Figura 76. Perfil 3 (BISHOP)	145
Figura 77. Perfil 3 (JAMBU).....	145
Figura 78. Perfil 3 (SPENCER)	146
Figura 80. Obras de mitigación para la atención del deslizamiento – parte baja	150
Figura 81. Obras de mitigación para la atención del deslizamiento – parte alta.....	150
Figura 82. Detalle muro de contención.....	151
Figura 83. Detalle de drenaje horizontal y terrazas	152

LISTA DE FOTOGRAFÍAS

Pág.

Fotografía 1. Características de la cobertura vegetal del sector	59
Fotografía 2. Arcillolitas abigarradas y ocre de la Formación Tablazo. Tomada en PR 0+450 aproximadamente	63
Fotografía 3. Lodolitas con partición tabletoidey shale, café violáceo de la Formación Tablazo	64
Fotografía 4. Lodolitas orgánicas con nódulos y recubrimientos en calcita, Formación Tablazo.	64
Fotografía 5. Areniscas de grano medio, color café, Formación Tablazo. Se encuentran en la rasante de la vía en PR 2+020 y PR 2+220, aproximadamente.....	65
Fotografía 6. Arcillolitas abigarradas y ocre, Formación Tablazo. Se encuentran en PR 4+120, aproximadamente	65
Fotografía 7. Depósitos Cuaternarios. En el PR 1+800, corresponde a suelos de ladera.	66
Fotografía 8. Evidencia de algunas estructuras como plegamientos denudados por la erosión	69
Fotografía 9. Morfología de lomas alargadas, debido a un control litológico, asociadas a unidades de paisaje denudacional	70
Fotografía 10. Morfología de cuevas que dan aspecto de graderías, asociadas a unidades de paisaje denudacional con control estructural	71
Fotografía 11. Grietas del terreno y algunos nuevos deslizamientos por la tectónica regional	71
Fotografía 12. Afloramiento de la Unidad de Roca Sedimentaria Kit	73
Fotografía 13. Detalle del Aspecto de los suelos.....	74
Fotografía 14. Suelos Coluviales Inactivos en la parte baja del deslizamiento.....	75
Fotografía 15. Evidencia de la presencia de suelos de tipo coluvial en la zona de estudio y movimientos activos del terreno	76
Fotografía 16. Laderas con terracetas en la zona de estudio.....	77
Fotografía 17. Laderas de pendiente moderada en la zona de estudio	77
Fotografía 18. Movimiento del terreno reciente que compromete la margen izquierda de la vía a Guapotá	78
Fotografía 19. Depósito de Ladera de magnitud considerable sobre el talud de la vía cerca de la zona de estudio.....	78
Fotografía 20. Deslizamiento activo sobre el talud superior de la vía	79
Fotografía 21. Deslizamiento que se encuentra afectando el lindero de un lote adyacente a la vía.....	80

Fotografía 22. Deslizamiento que está removiendo material de suelos y roca fuertemente alterada.....	80
Fotografía 23. Fenómeno de remoción en masa que amenaza la integridad de los habitantes de la vivienda.....	81
Fotografía 24. Remoción en masa que afecta el talud superior de la vía.....	81
Fotografía 25. Presencia de fisura longitudinal y desprendimiento del talud inferior en el K1+520 el 19 de Abril de 2011.....	93
Fotografía 26. Desprendimiento de la calzada en el talud inferior (h: 80 cm) en el K1+520 el 15 de Mayo de 2011.....	94
Fotografía 27. Perdida de 2.50 m de calzada en el K1+520 el 15 de Diciembre de 2011.	95
Fotografía 28. Perdida de 2.50 m de calzada en el K1+520 el 15 de Diciembre de 2011	95
Fotografía 29. Área de drenaje global	95
Fotografía 30. Toma muestras apique No.1	97
Fotografía 31. Toma muestras apique No. 2	97
Fotografía 32. Toma muestras apique No. 4	98
Fotografía 33. Toma de muestras apique 5.....	98
Fotografía 34. Detalle de la ejecución de los sondeos geoelectricos.....	99
Fotografía 35. Detalle de la ejecución de los sondeos mecánicos	100

LISTA DE ANEXOS

	Pág.
Anexo A. Informe Geoelectrico	163
Anexo B. Perfiles Estratigraficos.....	210
Anexo C. Resultados de Ensayos de Laboratorio	214
Anexo D. Planos.....	293

TITULO: Evaluación del movimiento del talud para la vía troncal central la estación municipio de guapota en el sector del k1+520 al k2+020.*

AUTOR: Laura Regina López Prieto. **

PALABRES CLAVE: Talud, cambios climáticos, coluvión, propiedades de los suelos, geología.

Ante la diversidad de requerimientos de la comunidad, los recursos públicos deben ser utilizados de la manera más rentable y evaluar la incertidumbre generada por los cambios climáticos; de allí la importancia fundamental en la prevención y entendimiento de desastres naturales, como las remociones en masa en general.

Se requiere considerar los cambios climáticos y las acciones que identifiquen las causas de la problemática que permitan definir las acciones que minimicen los impactos negativos del fenómeno, además, maximizar las oportunidades que se presenten a partir de las atenciones en los sitios críticos de manera eficaz.

La geotecnia permite evaluar, identificar y diseñar alternativas que solucionen de manera adecuada la problemática presente proporcionando una obra eficiente y económicamente factible.

Esta proyecto plantea analizar el comportamiento geotécnico del talud inferior en el K1+500 sobre la vía Troncal Central (La Estación) – Guapotá para ello, se debe estudiar la geología, evaluar las condiciones iniciales del talud, las propiedades de los suelos, la capacidad portante y modelar la estabilidad, para así definir y diseñar las obras de mitigación.

Para establecer la inestabilidad de la ladera y la disminución de la resistencia de los suelos se hace una revisión general de la zona en estudio sobre temas como topografía, clima, vegetación, geología, geomorfología y descripción de las exploraciones geotécnicas ; los resultados de las características físico-mecánicas del subsuelo luego de efectuar la exploración del mismo, definen las obras de mitigación que cumplen los factores de seguridad en las modelaciones por los métodos estático y pseudostático.

*Proyecto de Grado para optar por el título de Master en Ingeniería Civil.

**Facultad de Ingenierías Físico- Mecánicas. Escuela de Ingeniería Civil. Directora Hebenly Celis Leguizamo.

TITLE: Evaluation of the slope movement in the main trunkway station, municipality of guapota sector k1 k2 +520 to +020. *

AUTHOR r: Laura Regina Lopez Prieto. **

KEYWORDS: Slope, Climate changes, Colluvium, Ground Properties, Geology.

Because of diversity of the community needs, public resources should be used in the most profitable and evaluate the uncertainty created by climate changes, hence the fundamental importance in understanding and prevention of natural disasters, such as mass removals in general.

It requires consideration of climate changes and actions to identify the causes of problems for defining the actions that minimize the negative impacts of the phenomenon also maximize the opportunities arising from the care in critical sites effectively.

The geotechnical to evaluate, identify and design alternatives to adequately solve this problem by providing an efficient and economically feasible work.

This project proposes to analyze the behavior of slope geotechnical lower in K1 +500 on the trunk road Central (Station) - Guapotá, you should study geology, evaluate the initial conditions of the slope, the ground properties, the bearing capacity and shape stability, thereby defining and designing mitigation works.

To set the slope instability and decreased ground resistance a general review of the study area on topics such as topography, climate, vegetation, geology, geomorphology and geotechnical description explorations, the results of the physical- mechanical subsurface exploration after making it, define mitigation works that meet the safety factors in the modeling of static and pseudostatic methods.

* Draft Grade to opt for a Master's degree in Civil Engineering.

** Mechanical and Physical Engineering school. Civil Engineering School. Celis Hebenly Leguizamo Principal.

INTRODUCCIÓN

El número y la magnitud de los desastres vinculados con fenómenos naturales han aumentado vertiginosamente en el mundo, como lo expone Cárdenas (2011), al igual que las incontables pérdidas en la infraestructura del país.

La conectividad entre los centros poblados ha sido seriamente golpeada por estos fenómenos climáticos, que unido con la variabilidad que estos ocasionan a las condiciones naturales de los suelos, requiere de una profundización en la investigación de los mismos, para tomar decisiones que permitan implementar las obras que atiendan dicha problemática.

La geotecnia permite aplicar los principios geológicos, la mecánica de suelos, ingeniería geológica y de otras disciplinas relacionadas a la construcción en ingeniería civil para dar soluciones a las necesidades de la comunidad.

El presente trabajo de grado consistió de un estudio geotécnico para analizar las causas del deslizamiento del talud ubicado en el talud inferior en el K1+500 sobre la vía Troncal Central (La Estación) – Guapotá, establecer su comportamiento en diferentes condiciones del suelo y mediante la modelación de diferentes alternativas, definir las acciones de control que se requieran del sitio en análisis.

En el capítulo 1 se presenta el planteamiento del problema, enfocado desde el punto de vista de la obtención de recursos en inversión pública y la afectación por el fenómeno climático del año 2011.

En el capítulo 2 se plantea la justificación, el objetivo general, los objetivos específicos planteados para el presente estudio.

En el capítulo 3 se describe un marco referencial sobre la teoría relacionada con los movimientos en remoción en masa y que apoya la toma de decisiones.

En el capítulo 4 se hace una revisión general de la zona en estudio sobre temas como topografía, clima, vegetación, geología, geomorfología.

En el capítulo 5 se hace describen las exploración geotécnicas en la zona en estudio a través de las características topográficas, geológicas, precipitación, toma de muestras.

En el capítulo 6 se presenta los resultados de las características físico-mecánicas del subsuelo luego de efectuar la exploración del mismo y se define las obras de mitigación que cumplen los factores de seguridad en las modelaciones por los métodos estático y pseudostático.

Finalmente se plantea las conclusiones generales del estudio y la bibliografía consultada.

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El Gobierno Departamental, con el apoyo integral y la asistencia técnica e institucional del Ministerio de Transporte, a través del programa Plan Vial Regional (creado mediante documento CONPES 3480 del 23 de junio de 2007), elaboró el Plan Vial Departamental (Secretaría de Transporte e Infraestructura Grupo de Vías, 2009) como herramienta de planificación del sector.

El Plan Vial Departamental de Santander 2009-2018 tiene como propósito orientar eficientemente las inversiones en la Red Vial Secundaria, enmarcando sus objetivos dentro del desarrollo nacional y departamental, respondiendo a criterios de priorización regionales contenidas en el plan de intervenciones y en el programa de inversiones, igualmente propone mecanismos de gestión para su implementación. Sin duda la infraestructura del transporte es la que ofrece mayores desafíos hacia el futuro. El tener una de las geografías más abruptas del país y contar con un conjunto de municipios alejados del principal polo de desarrollo, constituye un reto grande para la conectividad y la competitividad. Su finalidad última es mejorar los niveles de articulación entre redes viales, áreas productivas y mercados regionales, nacionales e internacionales.

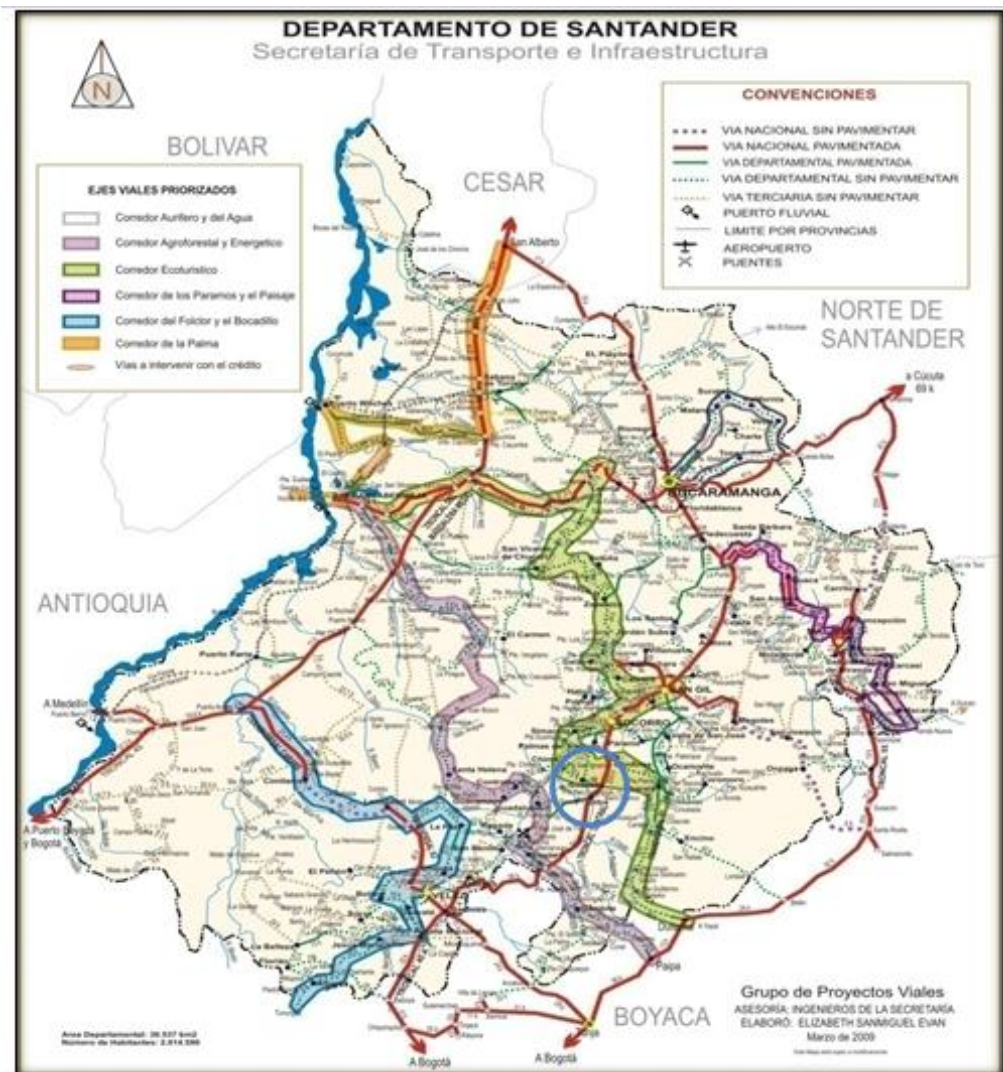
El Plan Vial determinó el grado de importancia de la red vial para el desarrollo departamental y estableció el orden en que serán atendidos, favoreciendo el uso adecuado y eficiente del transporte, brindando así mejores rendimientos para la movilización de pasajeros y carga por kilómetro.

La clasificación en orden de importancia de los ejes viales departamentales se ha realizado considerando la importancia de las áreas de desarrollo que integran, la conectividad que representan y la población que articula en su recorrido. Se identificaron seis ejes viales (Secretaría de Transporte e Infraestructura Grupo de Vías, 2009) que conectan transversalmente al Departamento para unir la Troncal

del Magdalena o ruta del sol con la Troncal Central y la Troncal del Norte, los cuales son: Corredor aurífero y del agua, Corredor agroforestal y energético, Corredor ecoturístico, Corredor de la palma, Corredor del folklore y el bocadoillo, Corredor de los páramos y el paisaje

En la Figura 1 se ilustran los ejes viales priorizados en el Departamento y se señala el sitio de ubicación sobre el corredor Eco-turístico en donde se ubica el proyecto en estudio:

Figura 1. Ejes Viales Plan Vial Departamento de Santander



Fuente. Secretaria de Transporte e Infraestructura Departamental (2009)

En la solicitud del segundo desembolso del Plan Vial Departamental, se asignó dentro del corredor Ecoturístico para la vía Troncal Central – Guapotá, se asignó recursos para la ejecución del mejoramiento de los 8 Km de longitud de la vía.

Tabla 1. Segundo Desembolso Plan Vial Departamento de Santander

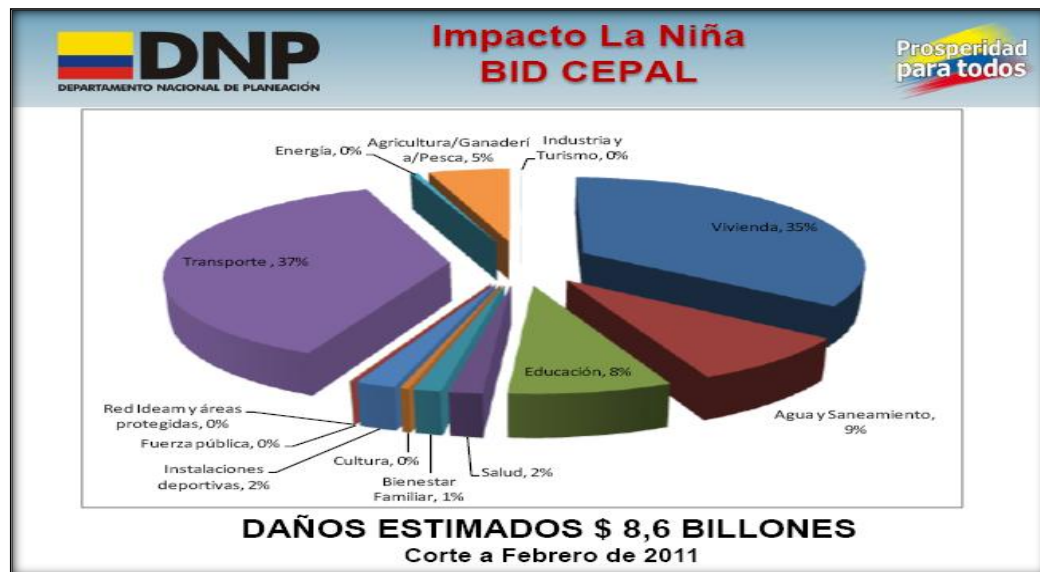
SEGUNDO DESEMBOLSO DEL CRÉDITO POR \$100,000 MILLONES (VIGENCIA 2010)			
CORREDOR ESTRATÉGICO:	KM	VÍA	VALOR ASIGNADO (\$MILLONES)
FOLCLOR Y EL BOCADILLO	2	Vélez - Chipatá	2.000
AGROFORESTAL Y ENERGÉTICO	9	Vadoreal-Gambita-Paipa	9.000
	6	Suaita-San José de Suaita-E Tirano	6.000
	9	Barrancabermeja-campo 23 (sector ye del intra-puerta del 11)	9.000
DE LA PALMA	33	Barrancabermeja-Puerto Wilches (sector El Llanito-Puerto Wilches)	33.000
ECOTURISTICO	9	Cruce Guane - Galán	9.000
	8	Troncal Central-Guapota	8.000
	7	San Gil-Cabrera	7.000
PARAMOS Y EL PAISAJE	10	Enciso - Carcasí	10.000
AURÍFERO Y DEL AGUA	7	Matanza-Surata	7.000
TOTAL CRÉDITO VIGENCIA 2010			100.000

Fuente. Secretaria de Transporte e Infraestructura Departamental(2009)

El inicio de la ejecución de este ambicioso Plan en los periodos 2010 y 2011 coincidió con una de las más devastadoras olas invernales que el país haya tenido, ocasionado por el fenómeno de la Niña, el cual modificó los regímenes e intensidades de lluvias que se presentaban en el territorio nacional desde hace 50

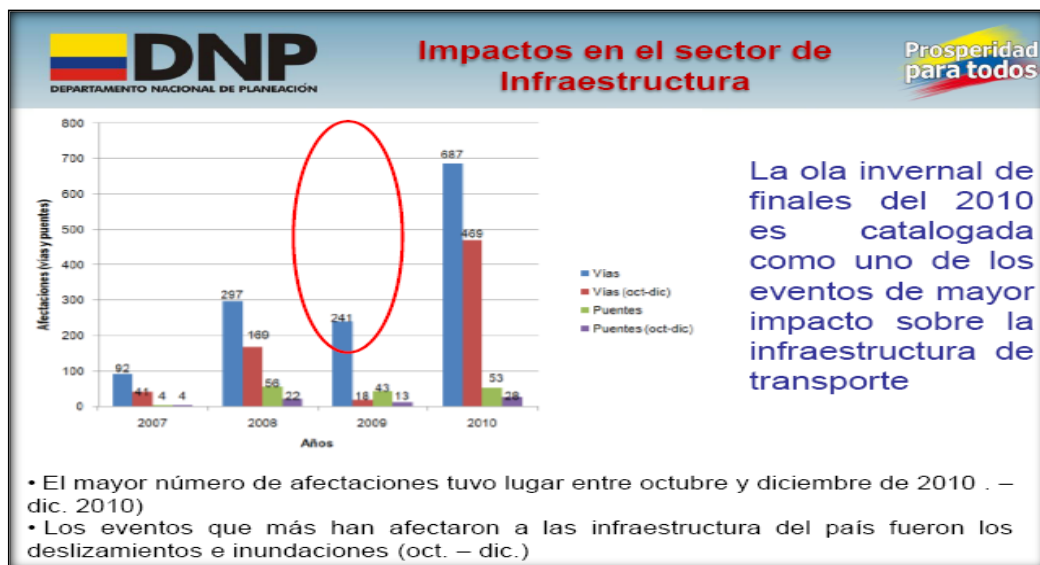
años, en donde se evidenció la vulnerabilidad histórica de la infraestructura del país y la afectación de más del 92% del territorio nacional. Los daños estimados durante la ola invernal en Colombia fueron registrados por el Departamento Nacional de Planeación (**DNP**) y se presentan en las Figuras 2 y 3.

Figura 2. Costos Estimados daño ola invernal DNP



Fuente. DPN (2011)

Figura 3. Reporte Impactos sector Infraestructura DNP

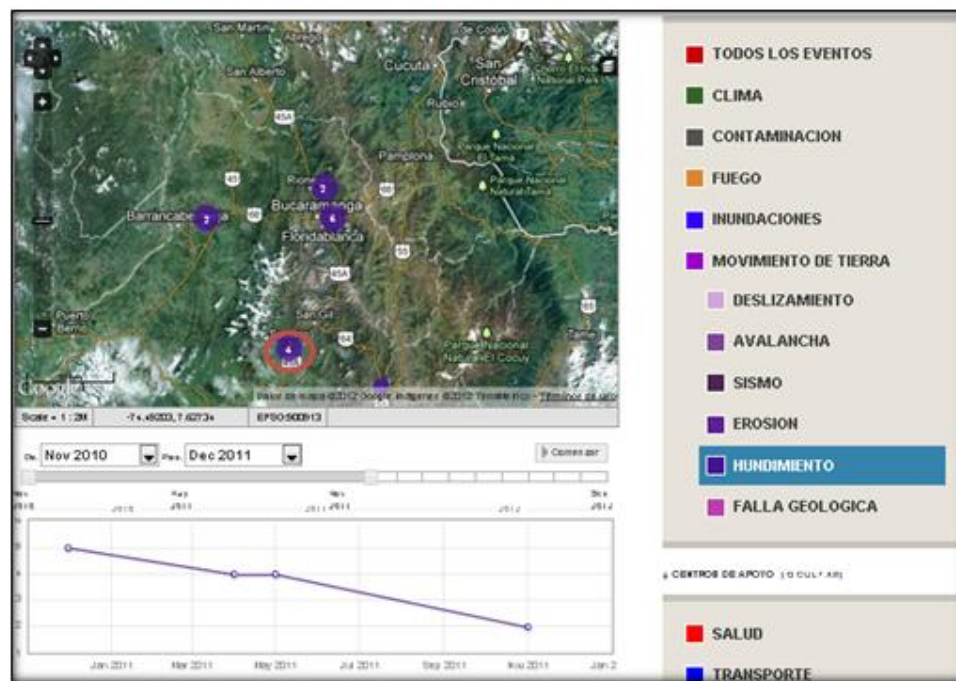


Fuente. DPN (2011)

El cambio climático ocasionó grandes desastres en el Departamento de Santander, afectando el sector transporte, vivienda, aguas y saneamiento básico, educación y agricultura. Santander se ubicó dentro de los cinco primeros departamentos más afectados a nivel nacional y los reportes por eventos de movimientos de tierra (deslizamientos, avalanchas, hundimientos, falla geológica) definieron diversos puntos críticos en todo el territorio que requerían ser atendidos; la provincia comunera fue la segunda más afectada con 4 eventos. (Centro de Información para los reportes de emergencias Universidad Industrial de Santander, 2010).

➤ Hundimientos

Figura 4. Reporte sitios de Hundimientos UIS



Fuente. Universidad Industrial de Santander (2010)

La ejecución de las obras en los trayectos viales planteados dentro del Plan Vial no fueron excluidos dentro de esta afectación y tramos como Puente Nacional – Jesús María, Matanza – Surata, Suaita – San José de Suaita – El Tirano, Vélez – Chipatá y Troncal Central (La Estación) – Guapota, sufrieron las consecuencias de esta particular y critica ola invernal. La vía Troncal Central (La Estación) –

Guapotá se vio afectada por la ola invernal del año 2.010 y 2.011 y se activaron movimientos en masa en todo el trayecto vial. Este corredor se ubica al sur Municipio del Socorro y al Norte del Municipio de Oiba y el sitio denominado la Estación se ubica sobre la Troncal Central y es una de las entradas, de las dos existentes, hacia el Municipio de Guapotá.

Figura 5. Localización entrada al Municipio de Guapotá. Base de la Información



Fuente. Informe final, Consorcio PI LTDA- Rafael Zafrá

La vía tiene una longitud de 8 Km sobre la cordillera oriental y forma parte del corredor Ecoturístico, con un área de influencia en un sector de la región Comunera: Guapotá, Chima, Contratación y Guacamayo. Su trazado geométrico, sobre terreno montañoso, evidenció durante la etapa de mejoramiento problemas de estabilidad de la banca que se aceleraron con el periodo invernal del 2010 y 2011, en el sector que corresponde al K1+520 al K2+020, poniendo en alto riesgo el usuario que circula sobre la vía nacional (Troncal Central) y la vía secundaria (Troncal Central (La Estación) – Guapotá, por eventuales deslizamientos.

2. JUSTIFICACIÓN

Ante la diversidad de requerimientos de la comunidad, los recursos públicos deben ser utilizados de la manera más rentable y evaluar la incertidumbre generada por los cambios climáticos; de allí la importancia fundamental en la prevención y entendimiento de desastres naturales, como las remociones en masa en general.

Cárdenas (2011) en su artículo menciona “El número y la magnitud de los desastres vinculados con fenómenos naturales han aumentado vertiginosamente en el mundo: durante los últimos treinta años, el número de desastres se multiplicó por cinco y el valor de las pérdidas que originaron se multiplicó por quince”

Se requiere considerar los cambios climáticos y las acciones que identifiquen las causas de la problemática que permitan definir las acciones que minimicen los impactos negativos del fenómeno, además, maximizar las oportunidades que se presenten a partir de las atenciones en los sitios críticos de manera eficaz.

La geotecnia permite evaluar, identificar y diseñar alternativas que solucionen de manera adecuada la problemática presente proporcionando una obra eficiente y económicamente factible. Para ello, se requiere de la ejecución de estudios del suelo, de rocas y caracterización de las propiedades de los materiales que permitan determinar la variabilidad del comportamiento con las condiciones climáticas.

La ejecución del Mejoramiento y Pavimentación de la vía Troncal Central (La Estación) – Guapota, se desarrolló entre los años 2010 y 2011, periodo que coincidió con la temporada invernal. El fenómeno climático reactivó un proceso antiguo de erosión y de deslizamiento, en el talud inferior ubicado desde el

K1+520, en una franja horizontal de 53 m cuya longitud inclinada es aproximadamente es 360 m, que puso en riesgo la pérdida total de la banca y la inversión que el Departamento de Santander ejecutó sobre este trayecto vial, en cumplimiento del Plan Vial Departamental.

Por lo anterior, se requiere analizar el comportamiento geotécnico de dicha ladera para ello, se debe estudiar la geología, evaluar las condiciones iniciales del talud, las propiedades de los suelos, la capacidad portante y modelar la estabilidad, para así definir y diseñar las obras de mitigación y mejorar la calzada sobre la vía Troncal Central (La Estación) – Guapotá.

2.1 OBJETIVOS

2.1.1 Objetivo General

Identificar las causas del deslizamiento del talud para la vía Troncal Central La Estación Municipio de Guapota en el sector K1+520 al K2+020.

2.1.2 Objetivos Específicos

- Caracterizar el talud ubicado en el sector del K1+520 al K2+020 de la vía Troncal central (La Estación) Municipio de Guapota en los aspectos: geológicos, tipo de suelo, geomorfología, topográfica, pluviosidad, georeferenciación.
- Analizar los datos obtenidos mediante un software.
- Diseñar obras de mitigación y presupuesto de obra.

3. MARCO REFERENCIAL

Según Terzaghi (1.950) la activación de un deslizamiento podría obedecer a dos razones principales: Causas externas cuyo resultado es un aumento de las fuerzas de cortante o a causas internas que producen una disminución a la resistencia al cortante de los materiales del talud.

La estabilidad de taludes tradicionalmente se ha manejado sobre el criterio simple de Terzaghi y el análisis se ha dirigido principalmente a desarrollar metodologías y modelos de equilibrio límite, Suarez (2.009).

Según Massey y Pang (1.988) el comportamiento y la resistencia al corte de los materiales son una función de:

- La naturaleza de la roca original.
- La mineralogía y micro fábrica derivada de los procesos de meteorización física y química.
- El grado de saturación y los cambios inducidos por modificaciones del contenido de humedad.
- La presencia, orientación, espaciamiento persistencia e imperfecciones de las discontinuidades heredadas, junto con la naturaleza de los rellenos o coberturas.
- La presencia, forma y distribución de material de roca menos meteorizada en forma de bloques o bandas dentro de la matriz más fuertemente meteorizada.

El mecanismo de falla de un talud es más complejo y las causas de los movimientos tienen su razón en el mismo ambiente natural externo e interno (régimen hidrológico, humedad, temperatura, la geología, la topografía escarpada) el cual puede sufrir modificaciones que hacen que un talud estable pueda convertirse en un deslizamiento.

Los suelos residuales son el producto de la meteorización en el sitio de las formaciones rocosas. El resultado es un perfil compuesto por materiales muy heterogéneos que van desde la roca sana hasta el "suelo" o material completamente meteorizado (Brand y Phillipson, 1.985).

Estos son muy comunes en los países tropicales donde se encuentran en grandes espesores y son escasos en las regiones no tropicales. Como características pueden mencionarse las siguientes (Brand, 1.985).

- No pueden considerarse aislados del perfil de meteorización del cual son solo una parte componente (Pueden ser más importantes las características del perfil que las propiedades del material en sí).
- Son generalmente muy heterogéneos y difíciles de muestrear y ensayar.
- Comúnmente están en estado húmedo no saturado lo cual representa una dificultad para evaluar su resistencia al corte.
- Generalmente poseen altas permeabilidades lo que los hace muy susceptibles a cambios rápidos de humedad y saturación.

“Los suelos residuales son por su misma estructura muy susceptibles a deslizamiento y el problema es agravado por el régimen de lluvias y humedad de los trópicos. Comúnmente se les encuentra acompañados por coluviones y un gran porcentaje de los movimientos son relacionados con estos”, Suarez (2.009).

Los coluviones se les encuentra muy relacionados con los suelos residuales especialmente como abanicos coluviales en el pie de las laderas y en la literatura técnica se les agrupa dentro de los materiales residuales. El coluvión es un material derivado de la descomposición de las rocas, el cual ha sido transportado ladera abajo por las fuerzas de gravedad. Puede variar en composición desde un conglomerado de bloques sin matriz, hasta un material fino con solo algunos bloques. En los coluviones generalmente se generan corrientes de agua sobre la interface entre el coluvión y el material de base, sector en el cual se forma una

banda de materiales más permeables. Se han reportado casos en los cuales aparece material menos arcilloso en el contacto coluvión-roca, pero experiencias en Colombia muestran un perfil con material más permeable (menos arcilloso), inmediatamente arriba del contacto con una capa delgada de arcilla depositada exactamente sobre la interface. Los coluviones se comportan en forma similar al suelo residual y en ocasiones es difícil diferenciar entre un coluvión y un material del sitio especialmente cuando solo se dispone de información de sondeos (Brand, 1.985).

En la mayoría de los deslizamientos que ocurren en suelos residuales la superficie de falla coincide en áreas importantes con grupos de discontinuidades heredadas, las cuales algunas veces están rellenas de materiales débiles comúnmente arcillas las cuales absorben agua, se expanden y se ablandan muy fácilmente (Massey y Pang, 1.988).

Campos (1.991) expresa cuando el contacto Suelo Residual - Roca es relativamente uniforme y continuo puede actuar como superficie preferencial para la ocurrencia de movimientos. Un caso común en ambientes tropicales son los deslizamientos de coluviones de materiales arcillosos sobre superficies rocosas. Generalmente los procesos de hidrología interna y descomposición permiten la acumulación de partículas de arcilla sobre el contacto suelo-roca formando una capa delgada o patín de arcilla sobre el cual se produce el movimiento, esta capa puede ser de solo algunos milímetros.

La causa primaria de todos los deslizamientos es la fuerza de la gravedad. La ocurrencia de deslizamientos está relacionada con la pendiente del talud y el espesor del manto de suelo subsuperficial. A mayor pendiente del terreno mayor es la componente de la gravedad que actúa en la dirección potencial de movimiento. Sin embargo se ha conocido de movimientos de masa en pendientes tan pequeñas hasta de dos grados (Mac Gregor y McManus, 1.991). De acuerdo a

Mendoza y Domínguez (2.009) se puede clasificar los Deslizamientos en laderas, conforme a los siguientes criterios:

3.2 CLASIFICACIÓN DE LOS DESLIZAMIENTOS EN LADERAS

El deslizamiento de una ladera es un término general que indica el movimiento hacia abajo y hacia afuera de suelos, rocas y vegetación, bajo la influencia de la gravedad; estos materiales se mueven por derrumbe o caída, deslizamiento, flujo y desplazamiento lateral. Algunos deslizamientos son rápidos por que ocurren en segundos, mientras que otros pueden tomar horas, semanas, meses, o aun lapsos mayores para que se desarrollen, Mendoza y Domínguez (2.008).

Con el fin de tener una concepción más amplia de los problemas de inestabilidad que pueden presentarse en las laderas naturales, en las secciones siguientes se da una descripción detallada de estos movimientos, haciendo énfasis en la forma en que ocurren y en el tipo de materiales o formaciones geológicas en los que son más frecuentes.

3.2.1 Caídos o Derrumbes

Movimientos abruptos de suelos y fragmentos aislados de rocas que se originan en pendientes muy fuertes, fig. 6a, por lo que el movimiento es prácticamente de caída libre, rodando y rebotando; incluye:

3.2.1.1 Desprendimientos

Caída de suelos producto de la erosión o de bloques rocosos, atendiendo a discontinuidades estructurales (grietas, planos de estratificación o fracturamiento) proclives a la inestabilidad.

3.2.1.2 Vuelcos o Volteos

Caída de bloques rocosos con giro hacia adelante y hacia afuera, propiciado por la presencia de discontinuidades estructurales (grietas de tensión o diaclasas) que tienden a la vertical.

3.2.2 Deslizamientos

Movimientos de una masa de materiales térreos pendiente abajo, sobre una o varias superficies de falla delimitadas por la masa estable o remanente de una ladera, fig. 6b. Por la forma de la superficie de falla, se distinguen:

3.2.2.1 Rotacionales

Deslizamientos en los que su superficie principal de falla resulta Cóncava hacia arriba (forma de cuchara o concha), definiendo un movimiento rotacional de la masa inestable de suelos y/o fragmentos de rocas con centro de giro por encima de su centro de gravedad. A menudo estos deslizamientos rotacionales ocurren en suelos arcillosos blandos, aunque también se presentan en formaciones de rocas blandas muy intemperizadas.

3.2.2.2 Traslacionales

Deslizamientos en los que la masa de suelo y/o fragmentos de rocas se desplazan hacia afuera y hacia abajo, a lo largo de una superficie de falla más o menos plana, con muy poco o nada de movimiento de rotación o volteo. Usualmente determinan deslizamientos someros en suelos granulares, o bien están definidos por superficies de debilidad en formaciones rocosas, tales como planos de estratificación, juntas y zonas de diferente alteración o meteorización de las rocas, con echado propicio al deslizamiento.

3.2.3 Flujos

Movimientos de suelos y/o fragmentos de rocas pendiente abajo de una ladera, en donde sus partículas, granos o fragmentos tienen movimientos relativos dentro de la masa que se mueve o desliza sobre una superficie de falla, fig. 6c. Los flujos pueden ser de muy lentos a muy rápidos, así como secos o húmedos; pueden distinguirse:

3.2.3.1 Flujos de lodo

Masa de suelo y agua que fluye pendiente abajo muy rápidamente, y que contiene por lo menos 50% de granos de arena y limo, y partículas arcillosas.

3.2.3.2 Flujos de tierra o suelo

Masa de suelo y agua que fluye pendiente abajo muy rápidamente, y que contiene por lo menos 50% de granos de grava, arena y limo.

3.2.3.3 Flujos o avalancha de detritos

Movimiento rápido de una mezcla en donde se combinan suelos sueltos, fragmentos de rocas, y vegetación con aire y agua entrampados, formando una masa viscosa o francamente fluida que fluye pendiente abajo.

3.2.3.4 Creep o flujo muy lento

A diferencia de los casos anteriores, es un movimiento constante pero muy lento de suelos y rocas pendiente abajo, en el que no se define con precisión la superficie de falla.

3.2.3.5 Lahar

Flujo de suelos o detritos que se origina en las laderas de un volcán, generalmente disparado por lluvias intensas que erosionan depósitos volcánicos, deshielo repentino por actividad volcánica, o bien por rotura o desbordamiento de represas de agua.

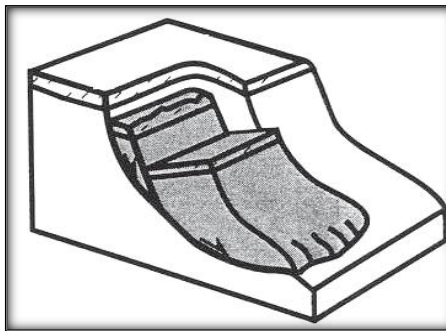
3.2.4 Otros Procesos de Inestabilidad

Podrían reconocerse asimismo, los desplazamientos laterales que consisten en movimientos de masas térreas que ocurren en pendientes muy suaves, que dan como resultado desplazamientos casi horizontales. Con frecuencia son causados por licuación, donde los sedimentos sueltos y saturados (arenas y limos) se transforman en un estado fluido, por las vibraciones de un sismo.

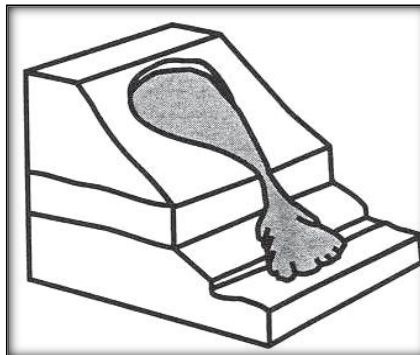
Figura 6. Principales tipos de deslizamientos en laderas



a) Caídos o derrumbes



b) Deslizamientos

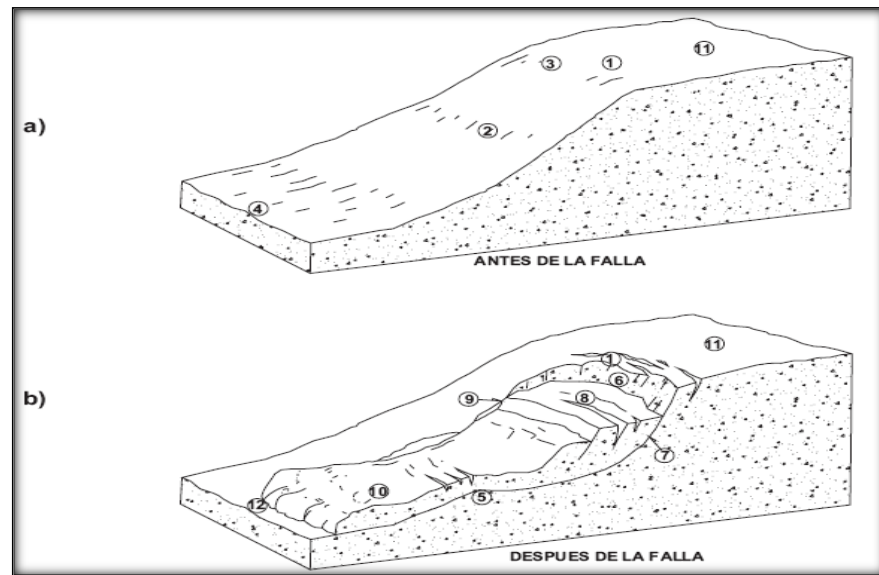


c) Flujos

Fuente. Suarez, 2.009

Con la finalidad de hacer más fácil la definición y la identificación de los términos utilizados para describir una ladera y los rasgos que distinguen a un deslizamiento, se hará referencia a la Figura 7, que se presenta a continuación:

Figura 7. Definición de las características y partes que componen a) una ladera b) eventualmente un deslizamiento



Fuente. Suarez, 2.009

De acuerdo a la Figura 7 se presenta la siguiente nomenclatura siguiente:

➤ **Nomenclatura de la Figura 7**

- *Corona:* El material que aún permanece en su lugar, prácticamente no desplazado y adyacente a las partes más altas de la escarpa principal.
- *Superficie original del terreno:* Es la superficie inclinada o talud de una ladera antes de que ocurra el movimiento o deslizamiento.
- *Hombro:* Es la zona que se encuentra en la transición de la superficie inclinada o talud de una ladera y la corona.
- *Pie de la ladera:* Parte más baja de la ladera.
- *Pie de la superficie de falla:* La línea de intersección (en ocasiones cubierta) entre la parte inferior de la superficie de falla y la superficie original del terreno.

- *Escarpa principal de falla:* Es el escalón o superficie abrupta localizada en la parte superior de la ladera y contigua a la corona; resulta del movimiento del talud pendiente abajo y forma parte de la superficie de falla.
- *Superficie de falla o de ruptura:* Zona o lugar geométrico donde se rompe o pierde el equilibrio de una porción de los materiales que componen una ladera y se deslizan ladera abajo por la acción de la gravedad, separándose de la ladera remanente.
- *Cuerpo principal:* Aquella parte del material desplazado sobre la superficie de ruptura; en ocasiones ese material permanece sobre la superficie de deslizamiento (falla contenida), pero otras veces se “vacía” totalmente, dando como resultado los flujos.
- *Flanco:* El costado de un deslizamiento de tierras. Se indica derecho o izquierdo, refiriéndose al deslizamiento observado desde la corona.
- *Zona de acumulación o base:* El área dentro de la cual el material desplazado queda encima de la superficie original del terreno; esto es el área cubierta por el material fallado, abajo del pie de la superficie de falla.
- *Plataforma:* Porción superior del talud más allá de la corona.
- *Punta o uña:* El punto de la base del deslizamiento que se encuentra más distante de la corona.

Adicionalmente, se ha considerado conveniente incluir un glosario breve con algunos términos geotécnicos empleados en este capítulo, a fin de facilitar su comprensión.

- **Cavidades kársticas.** Son huecos o cavernas que se generan en los mantos de rocas calizas por la disolución de la roca al entrar en contacto con aguas que contienen dióxido de carbono.
- **Ingeniería geotécnica.** Se encarga de la aplicación de métodos científicos y principios ingenieriles a la adquisición, interpretación y uso del conocimiento de

los materiales de la corteza terrestre, a la solución de problemas de ingeniería civil.

- **Planos de discontinuidad.** Superficies en una formación rocosa en donde se rompe la continuidad, tales como grietas, fisuras, juntas, y diaclasas (grietas sensiblemente verticales que delimitan formaciones rocosas de basaltos columnares).
- **Presión de poro.** Presión en el agua que ocupa los poros o vacíos de un suelo.
- **Suelos alterados o residuales.** Suelos no transportados producto de la descomposición química (meteorización) de las rocas, debida a las condiciones climáticas.

3.3 FACTORES QUE DETERMINAN LA INESTABILIDAD DE LADERAS

En términos generales se puede decir que los factores que propician los problemas de deslizamientos o de inestabilidad de laderas se dividen en internos y externos; y tienen que ver directa o indirectamente con los esfuerzos cortantes actuantes y resistentes que se desarrollan en la potencial superficie de falla o de deslizamiento. En no pocas ocasiones dichos factores se combinan, resultando difícil distinguir la influencia de cada uno de ellos durante la falla de una ladera. Los cambios en el ambiente y las perturbaciones al entorno natural por actividades humanas, son causas que también pueden desencadenar los deslizamientos de laderas.

En la medida que se conozca y se entienda cómo afectan estos factores la estabilidad o inestabilidad de una ladera, se tendrán más elementos para distinguirlos en campo, evaluar el grado o la magnitud de la amenaza, tomar medidas de prevención o de evacuación si fuera necesario y, de ser posible,

prevenir su falla mediante la aplicación de métodos de estabilización. Debido a que existen casos en los que es difícil distinguir cómo dichos factores afectan la estabilidad de una ladera, resulta conveniente estudiarlos por separado. A continuación se presenta una descripción de los principales factores internos y externos que afectan la estabilidad de laderas. Antes, se considera pertinente definir el concepto de factor de seguridad de una ladera.

3.3.1 Factor de seguridad

El factor de seguridad (FS) de una ladera, usualmente se expresa desde el enfoque clásico de un análisis de estabilidad global, como el cociente mínimo entre la resistencia media al esfuerzo cortante (τ_f), y el esfuerzo cortante medio que actúa en la potencial superficie de falla (τ); este esfuerzo actuante lo induce principalmente el peso del material adyacente al talud. Si se considera la existencia de una ladera, se debe asumir que $\tau_f > \tau$, y que por tanto el cociente FS es mayor que la unidad. La condición de falla inminente en una ladera se presenta cuando se cumple $\tau_f = \tau$, y portanto $FS = 1$. Para que ello ocurra, el esfuerzo cortante medio actuante debe aumentar y/o la resistencia media al esfuerzo cortante del suelo debe disminuir, como se puede ver en la figura 8.

Los factores externos e internos a la ladera determinan los cambios que pueden sufrir estas dos variables (τ_f y τ) debido a fenómenos naturales o artificiales. Entre los primeros, que inciden directamente en el valor de τ , se pueden considerar las posibles cargas externas aplicadas, la modificación de la pendiente o de la altura de la ladera, etc. Por otro lado, entre los segundos se pueden englobar los mecanismos que provocan una reducción de la resistencia cortante, τ_f ; tales como el intemperismo y la erosión, que generan disgregación y descomposición de materiales. Sin embargo, el mecanismo más simple y rápido para modificar la resistencia es la generación de presión de poro (presión en el

agua que ocupa los intersticios del suelo o las grietas de formaciones rocosas); ello ocurre cuando el agua se acumula en el material térreo de la ladera.

Figura 8. Definición del factor de seguridad de una ladera

Factor de seguridad	Ladera estable	Falla
$FS = \frac{\tau_f}{\tau}$	$FS > 1$ $(\tau_f > \tau)$	$FS = 1$ $(\tau_f = \tau)$

Fuente. Suarez, 2.009

3.3.2 Factores Internos

Los factores internos están directamente relacionados con el origen y las propiedades de los suelos que componen la ladera, así como por su distribución espacial y, de manera muy particular, por la presencia de agua, la que por la presión que ejerce dentro de la masa de suelo, provoca la disminución de su resistencia al esfuerzo cortante. El agua, ya sea por lluvias o cualquier otra fuente, es la principal causa que provoca una disminución de la resistencia de los suelos en la potencial superficie de falla.

3.3.2.1 Propiedades de los suelos y rocas

Las características de resistencia al esfuerzo cortante de los suelos y de las rocas que forman las laderas son variables que dependen principalmente de las condiciones geológicas y climáticas de una región, y varían en el espacio y en el tiempo. La resistencia al esfuerzo cortante de los suelos puede ser determinada mediante pruebas de campo o de laboratorio. Las fuerzas actuantes por peso propio y por cargas aplicadas se determinan con suficiente precisión a partir de sus condiciones geométricas y de pesos volumétricos.

Con ello, es posible realizar el análisis cuantitativo de estabilidad en el que se determina un factor de seguridad global para cada caso. Las debilidades

inherentes en las rocas y en los suelos frecuentemente se combinan con uno o más eventos desestabilizadores (factores externos), tales como lluvias intensas, cambios en el nivel del agua dentro del terreno, actividad sísmica o actividad volcánica. La lluvia, por ejemplo, produce un aumento en la saturación del terreno y en el aumento del peso del suelo; y de manera más trascendente, en la elevación del nivel del agua, lo que se traduce en el incremento de su presión.

Las heladas y las bajas temperaturas constituyen otro factor de degradación y alteración que gradualmente reducen la resistencia al esfuerzo cortante de los suelos y de las rocas. La formación de láminas o lentes de hielo dentro de la masa del suelo pueden generar empujes horizontales y un aumento de presión de poro durante el deshielo. Así mismo, la resistencia al esfuerzo cortante de los suelos se puede ver reducida por la formación de grietas y fisuras que facilitan el ingreso de agua.

Otras fuentes de ingreso de agua hacia las laderas las constituyen las fugas en los sistemas de drenaje y de distribución de agua de zonas urbanas que se desarrollan en áreas aledañas a las laderas.

3.3.2.2 Estratigrafía y estructuras geológicas

En la literatura existen varios casos documentados sobre deslizamientos que han sido favorecidos por las condiciones estratigráficas y geológicas de los materiales que constituyen las laderas. Los planos de estratificación, las discontinuidades o las zonas de contacto de estructuras geológicas, se convierten con frecuencia en potenciales superficies de falla de una ladera, principalmente cuando los planos de estratificación y las zonas de contacto adquieren pendientes inclinadas o francamente paralelas a la superficie de los taludes o laderas naturales.

Otros casos de inestabilidad de laderas asociados a planos de estratificación o contactos geológicos proclives a los deslizamientos, se presentan en depósitos de

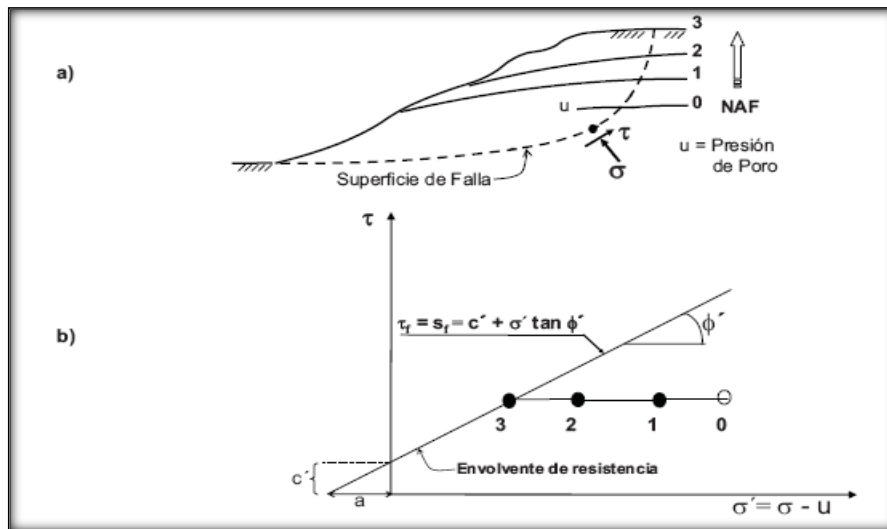
origen sedimentario que han sido plegados por esfuerzos tectónicos de la corteza terrestre. Ello ha dado como resultado la formación de montañas y cerros constituidos por materiales estratificados, cuyos planos de estratificación deformados son proclives a los deslizamientos, volviéndose la mayoría de las veces, en francas superficies de falla.

3.3.2.3 Mecanismo de falla por aumento de la presión del agua

En cada ladera ocurren fluctuaciones en los niveles del agua del terreno, de acuerdo con las variaciones estacionales y cambios climáticos a los que año con año está expuesta. Así, en la temporada de sequía el suelo se mantiene parcialmente saturado, generándose incluso tensión o presión negativa en el agua, lo que define temporalmente una resistencia cortante relativamente alta del material.

Al ocurrir precipitaciones intensas y prolongadas esa succión se pierde e incluso se genera una presión positiva en el agua (también conocida como presión de poro); en la figura 12 se esquematiza el aumento del tirante de agua dentro del suelo de la ladera (niveles 0, 1, 2 y 3), que es lo que sucedería internamente ante lluvias intensas. El aumento de presión de poro (u) en la superficie potencial de falla va en detrimento de la resistencia del suelo, atendiendo al principio de los esfuerzos efectivos; en efecto, cuando la presión de poro aumenta (por la elevación del nivel de aguas freáticas, NAF), el nivel de esfuerzos efectivos disminuye, y consecuentemente también se reduce la resistencia efectiva del suelo, dada su naturaleza friccionante; en la figura 5.3b aparece la trayectoria de esfuerzos efectivos al aumentar la presión de poro, hasta tocar la envolvente de resistencia.

Figura 9. Efectos de la presión del agua sobre la resistencia al esfuerzo cortante de los suelos, atendiendo al nivel que alcanza dentro de la ladera



Fuente. Suarez, 2.009

3.3.3 Factores externos

Los factores externos que propician la inestabilidad de laderas son aquellos sistemas ajenos a la ladera que perturban su estabilidad; usualmente producen un incremento de los esfuerzos cortantes actuantes, aunque de manera indirecta pueden producir un cambio en la resistencia al esfuerzo cortante del material que compone el talud. Los factores externos pueden ser originados ya sea por fenómenos naturales, tales como las lluvias intensas y prolongadas, los sismos fuertes y la actividad volcánica; o bien por actividades humanas.

3.3.3.1 Lluvias intensas y prolongadas

Uno de los factores externos que más contribuyen a la inestabilidad de laderas es la lluvia; por el efecto que tiene en la saturación del terreno, en el aumento del peso volumétrico del suelo y, de manera más trascendente, en la reducción de la resistencia al esfuerzo cortante de los suelos (por efecto de la presión de poro); asimismo, las corrientes extraordinarias por el pie propician socavación, deslaves y cambios en la geometría de las laderas.

Adicionalmente a la ocurrencia de las lluvias existen otras fuentes de aportación de agua al interior de las laderas que provocan inestabilidades. Entre estas fuentes adicionales de aportación de agua se pueden citar a las fugas en los sistemas de drenaje y de distribución de agua potable, el riego de jardines y las fugas de agua de los tanques de almacenamiento que frecuentemente se construyen zonas elevadas como lomas y cerros. Por lo tanto, no es extraño que en algunas zonas del país hayan ocurrido deslizamientos ajenos a las temporadas de lluvias, pero relacionados con la presencia de agua.

Para tomar en cuenta el efecto de la lluvia en los análisis de evaluación del riesgo de deslizamiento de laderas se requiere, en primer lugar, contar con información confiable sobre la intensidad y la duración de la lluvia que cae en una zona o región, y su relación con los deslizamientos de laderas y el tipo de suelos que las forman. También son importantes los datos sobre ubicación del sitio, altura y pendiente de la ladera, distancia de recorrido y velocidad del deslizamiento, fecha y hora de ocurrencia, límites de afectación, volumen removido y tipo de deslizamiento, así como información sobre los daños directos ocasionados por el deslizamiento (pérdida de vidas humanas y costos económicos).

El análisis de información histórica sobre los registros de lluvias y la ocurrencia de deslizamientos de laderas, en una ciudad o región, así como su correlación con el tipo de materiales que las forman, permitiría identificar los umbrales de lluvia (intensidad y duración) para los cuales se producen deslizamientos en una zona determinada y sus periodos de retorno. La lluvia acumulada en días también es un factor muy importante por conocer, ya que en muchas zonas los deslizamientos ocurren después de que una ladera ha estado sometida a varios días de lluvias, saturando el terreno y creando escurrimientos o flujos superficiales de agua.

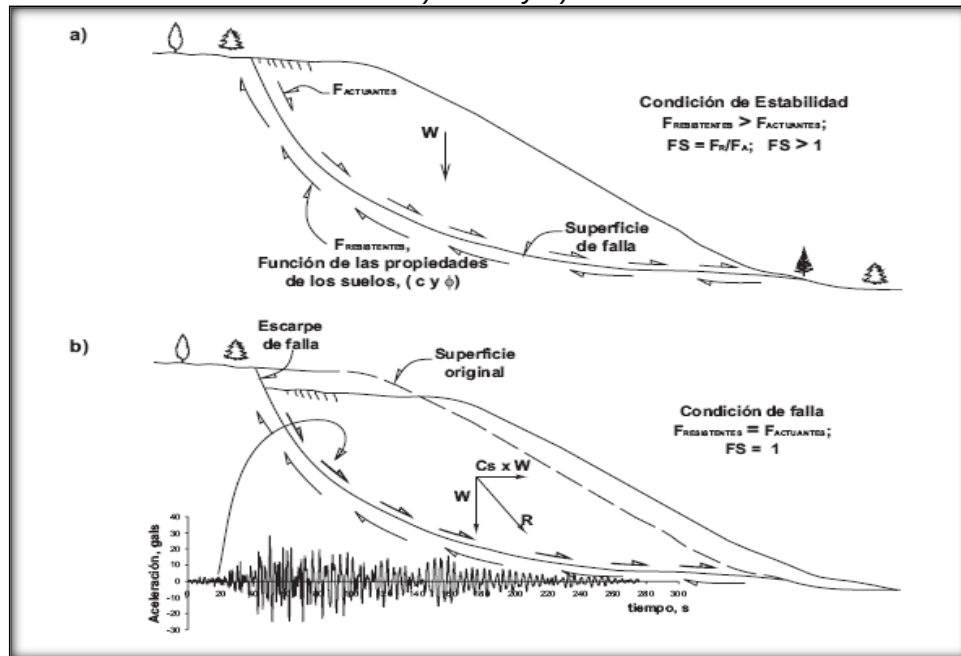
3.3.3.2 Sismos

Los sismos ocupan un lugar muy importante dentro de las causas naturales o factores externos que activan o disparan la inestabilidad de laderas. De acuerdo con una estadística mundial sobre los 25 deslizamientos más catastróficos ocurridos en el Siglo XX (Schuster, 1.996), el 36 por ciento de ellos fueron disparados por acciones sísmicas; sólo 4 por ciento por abajo de las lluvias que son el principal factor detonante de inestabilidad de laderas. Ello muestra la gran importancia que representan los sismos como fuente detonadora de deslizamientos.

Cuando ocurre un evento sísmico se generan fuerzas inerciales dentro de la ladera, las cuales determinan el aumento de los esfuerzos cortantes actuantes en la potencial superficie de deslizamiento. Una forma simple de visualizar este efecto es a través del esquema que se muestra en la figura 13, donde se representan las fuerzas que actúan a favor del deslizamiento y las fuerzas resistentes del subsuelo que se oponen al mismo. Diversas actividades humanas pueden propiciar la inestabilidad de una ladera al momento de ocurrir un sismo; tal sucede cuando se modifican las condiciones naturales del entorno, por ejemplo el aumento de cargas externas y/o la modificación de su geometría por la realización de obras, cortes y terrazas en el cuerpo de la ladera.

El efecto de las acciones sísmicas da como resultado una fuerza horizontal, a favor del deslizamiento, que equivale a una fracción del peso de la masa potencialmente deslizante, delimitada por la superficie de falla; y que se calcula como el producto de un coeficiente sísmico multiplicado por el peso de la masa potencialmente inestable. Así pues, para que ocurra un deslizamiento durante un sismo, es suficiente que las fuerzas actuantes y resistentes en la potencial superficie de falla se igualen.

Figura 10. Representación esquemática de las fuerzas actuantes y resistentes que se desarrollan en una ladera: a) antes y b) durante un evento sísmico



Fuente. Suarez, 2.009

3.3.3.3 Actividad volcánica

Ante eventos volcánicos debe preverse la posibilidad de flujos o avalanchas de detritos, consistentes en movimientos masivos rápidos de mezclas de suelos y fragmentos de rocas, así como vegetación con aire y agua atrapados, que forman una masa viscosa o francamente fluida que fluye pendiente abajo, y que resulta muy destructiva. También es posible que se desarrolle un lahar, que se origina en el talud de un volcán por el deshielo repentino que provoca la actividad volcánica; o bien, por rotura o desbordamiento de represas de agua.

3.3.3.4 Cargas sobre la ladera

La aplicación de cargas sobre la ladera, ya sea por la construcción de obras o por la acumulación de materiales, es un factor determinante en los incrementos de los esfuerzos cortantes actuantes en la potencial superficie de falla. El desarrollo de asentamientos humanos en el talud y en la corona de una ladera tiene aspectos

negativos en la estabilidad, ya que además del peso que transmiten a la ladera por la construcción de viviendas, se generan otras condiciones proclives a los deslizamientos como son: fugas en drenajes y en los servicios de agua potable, cortes y terrazas para la construcción de obras y acumulación de cargas accidentales producidas por tránsito de vehículos y por la vibración de maquinaria.

La construcción de edificios pesados muy cerca del hombro de una ladera puede llegar a producir un problema de inestabilidad local, que puede convertirse en una amenaza para las construcciones u obras de infraestructura ubicadas talud abajo, con la posibilidad de convertirse en un deslizamiento general de la ladera.

Peck (1.967) menciona varios casos donde pequeños cambios en las condiciones de estabilidad de antiguos deslizamientos, provocaron un proceso de reactivación de los movimientos y, posteriormente, un deslizamiento general de los materiales.

3.3.4 Causas humanas o antrópicas

Existen actividades humanas que agudizan o francamente causan de manera directa la ocurrencia de deslizamientos. Debe reconocerse un hecho bien establecido: bajo condiciones de altura, pendiente y geomateriales similares, un área urbana es más susceptible a los deslizamientos que un área rural. Tres son los factores globales de origen antrópico que causan deslizamientos en laderas; ellos son los que se detallan a continuación:

3.3.4.1 Cambios en el régimen de la presión del agua del subsuelo

- Concentración de infiltraciones por la rotura de drenajes o de los sistemas de abastecimiento de agua.
- Cambio en el régimen de las aguas superficiales
- Cambio o incluso impedimento de cauces en cañadas
- Construcción de vasos o tanques de almacenamiento
- Infiltraciones por fosas sépticas

- Impermeabilización para la urbanización, lo que reduce la evaporación e infiltración, y aumenta la escorrentía.

3.3.4.2 Cambio en la topografía de la ladera y la imposición de sobrecargas o sobre presiones

- Aumento del ángulo del talud por la ejecución de cortes.
- Sobrecargas por la construcción de muros de retención, rellenos, casas y edificios.
- Vibraciones provocadas por maquinaria.
- Explosiones para la explotación de canteras, minas y bancos de material.
- Inyección de morteros cerca del talud.

3.3.4.3 Deforestación

- Tala de bosques.
- Agricultura, pastoreo y quema.
- Modificaciones del uso del suelo.

Debe señalarse que los cambios que se impongan a una ladera no necesariamente provocan su inestabilidad, por lo que la construcción de un muro, la colocación de un relleno o la realización de un corte son actividades que bien pueden ejecutarse, siempre y cuando haya una evaluación geotécnica pertinente. De entre los factores antes citados, se enfatiza que la vegetación en el talud de una ladera y en la plataforma más allá de su corona, juega un rol muy importante en su estabilidad. La deforestación disminuye la succión y con ello la resistencia al esfuerzo cortante de los suelos, propicia la infiltración masiva y rápida del agua de lluvia, y elimina la acción benéfica de las raíces.

3.4 METODOLOGÍAS PARA ANÁLISIS DE ESTABILIDAD

Dentro de las metodologías disponibles se encuentran los métodos de equilibrio límite, los métodos numéricos y los métodos dinámicos para análisis de caídos de roca y flujos, entre otros.

3.4.1 Métodos de equilibrio limite

El análisis de los movimientos de los taludes o laderas durante muchos años se ha realizado utilizando las técnicas del límite de equilibrio. El sistema de límite de equilibrio supone que en el caso de una falla, las fuerzas actuantes y resistentes son iguales a lo largo de la superficie de falla equivalentes a un factor de seguridad de 1.0. El análisis se puede realizar estudiando directamente la totalidad de la longitud de la superficie de falla o dividiendo la masa deslizada en tajadas o dovelas. Los métodos de Bishop (1.955) y Janbú (1.954) han sido muy utilizados en los últimos 50 años y se han desarrollado métodos de análisis más precisos y complejos como los de Morgenstern y Price (1.965) y Spencer (1.967), ayudados por programas de software, los cuales permiten realizar análisis muy rigurosos. Generalmente los métodos son de iteración y cada uno de los métodos posee un cierto grado de precisión.

3.4.2 Método Superficies de falla equilibrio características

En la Figura 11 Principales características de los métodos de equilibrio límite se presentan las principales características de los métodos de equilibrio límite.

Figura. 11. Principales características de los métodos de equilibrio limite

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

Fuente. Suarez, 2009

3.5 DEFINICIÓN E INVESTIGACIÓN DEL DESLIZAMIENTO

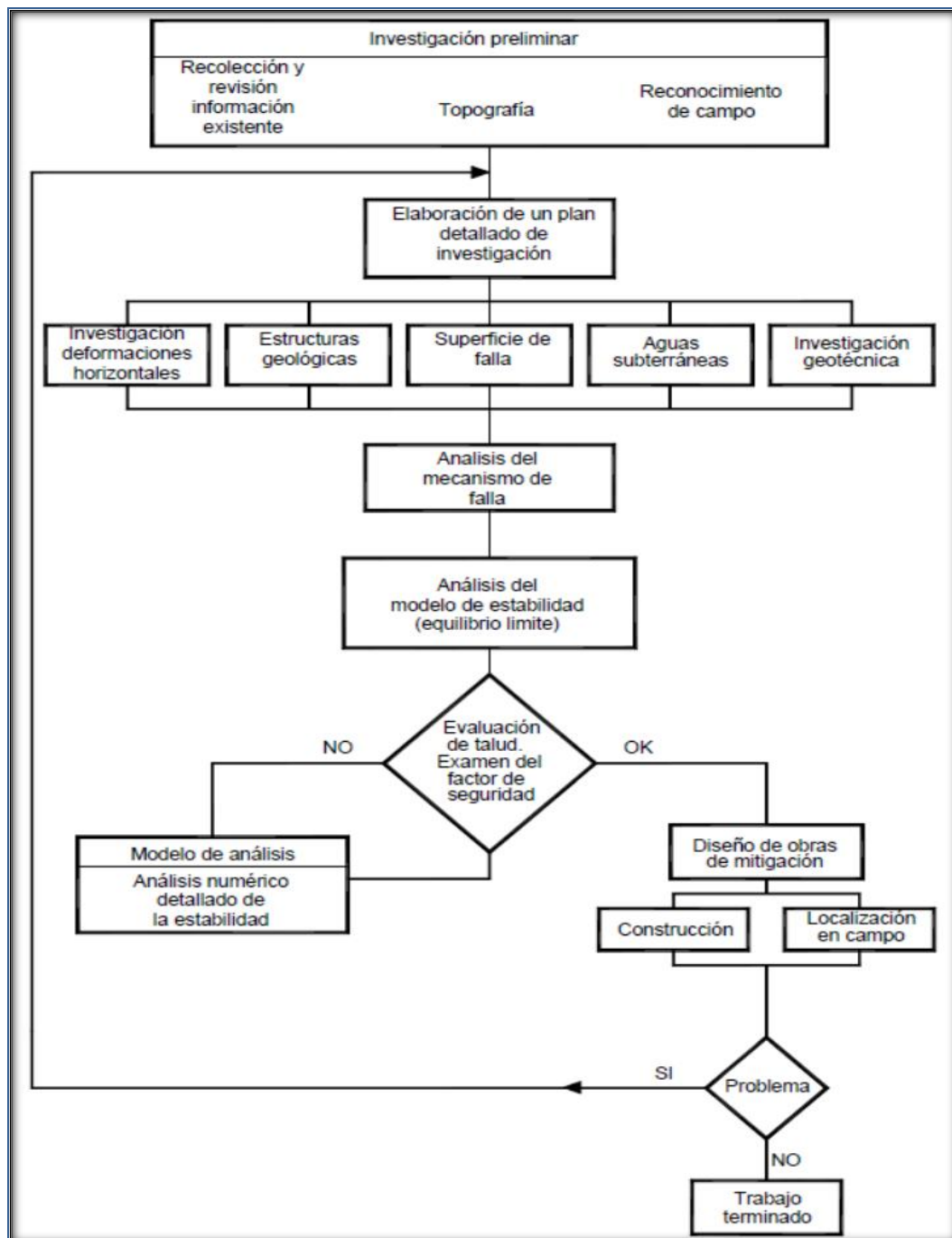
Grases y otros (1.997), establecen una guía para la identificación de problemas de deslizamientos, partiendo de 3 aspectos:

- La identificación de los mecanismos de falla más comunes en los distintos tipos de materiales geológicos;
- El establecimiento de criterios para la recolección de información;
- La búsqueda e interpretación de efectos claves para identificar la posible inestabilidad de los taludes.

Según Suarez (2.009) para poder cuantificar los parámetros que afectan la estabilidad de un talud, diagnosticar y diseñar las obras de estabilización, recomienda efectuar un estudio que incluya las siguientes etapas:

- Reconocimiento e identificación del sitio.
- Análisis de la información existente.
- Estudio de las características superficiales del sitio que permitan la caracterización topográfica y geotécnica.
- Investigación de campo que incluya sondeos, toma de muestras y ensayos “in situ” para cuantificar los parámetros del suelo.
- Investigación de laboratorio.
- Elaboración del modelo conceptual de los mecanismos de las fallas actuales o potenciales.
- Modelación matemática utilizando software.
- Instrumentación y monitoreo.
- Elaboración del plan de manejo y diseño de obras de remediación.

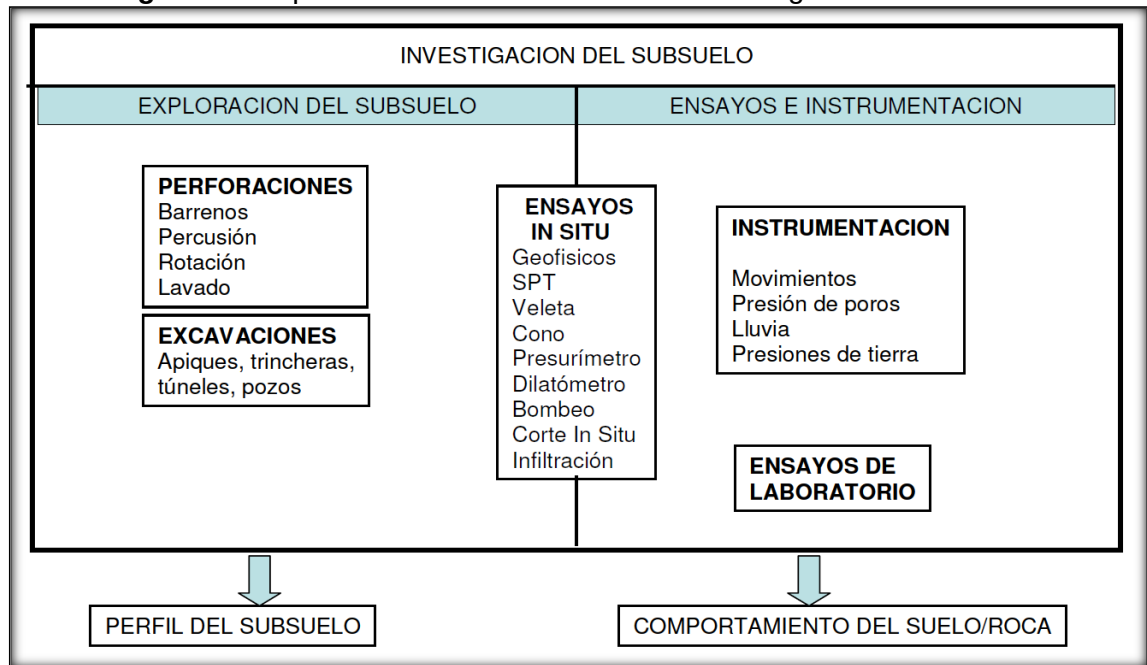
Figura 12. Flujograma del Análisis e Investigación de Deslizamientos



Fuente. Suarez, 2.009

Ojeda (2.010), define que la exploración determina el perfil del sub-suelo como el comportamiento del suelo, ver figura 13.

Figura 13. Exploración como herramienta de investigación del subsuelo



Fuente. Ojeda, 2010

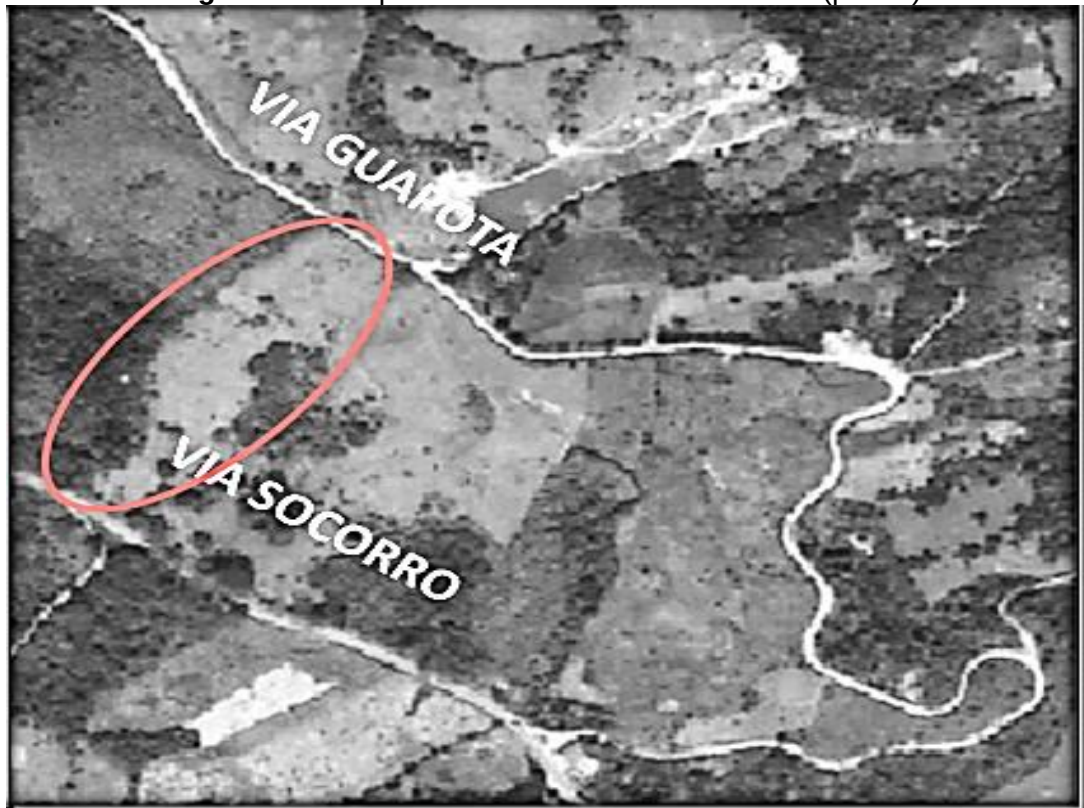
4. DESCRIPCIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO

En cumplimiento del Plan Vial el Departamento de Santander se celebró el contrato No. 1294/2010 con el Consorcio PI Ltda. – Rafael Zafra cuyo objeto es la Interventoría para el Mejoramiento de la vía Troncal Central (La Estación) – Guapota, dentro del cual se contrató el ajuste de los estudios para el Mejoramiento y Pavimentación de los 8 Km de vía, cuyo investigación en las áreas Clima y Vegetación, Geológica y Precipitación son soporte para el presente estudio, en cuanto a la descripción de la zona en estudio.

4.1 LOCALIZACIÓN

El sitio de análisis se encuentra ubicado en el talud inferior entre el K1+520 al K2+020 sobre la vía Troncal Central (La Estación) – Guapota Departamento de Santander. Geográficamente el sitio del deslizamiento se encuentra delimitado de una manera imaginaria entre las márgenes de la vía que comunica al Municipio de Guapotá, tiene un área aproximada de 18.240 m², una longitud de 360 m y una altura de 45 m.

Figura 14. Perspectiva del sitio del deslizamiento (planta)



Fuente. Autor, IGAC vuelo C-2207/97 a 99 y C-2475/29 A 31

4.2CLIMA

La zona presenta un clima clasificado como “SUPERHÚMEDO” en su totalidad, con poca o ninguna deficiencia de agua durante el año. Está ubicado a una altitud entre 850 y 1750 m.s.n.m., lo que determina que la temperatura en el sector oscile entre 19.5 y 24.5°C. En el Municipio de Guapotá existen dos unidades climáticas, ambas húmedas.

4.2.1 Clima Cálido Húmedo (CH)

Esta unidad climática se presenta en la parte más baja del Municipio de Guapotá, caracterizada por presentar precipitaciones entre los 2.800 mm y los 3.000 mm y hasta mayores de 3.000 con temperaturas entre 23 y 24° C, con un rango de

altitud entre los 850 y los 1000 m.s.n.m. Ocupa un área de 18,48 Km², distribuidos a lo largo del Río Suarez con sus suaves laderas al margen derecho aguas abajo, entre las veredas de Cabras, Gualilo, Centro y Las Flores, representando un 27,86% del territorio municipal.

4.2.2 Clima Templado Húmedo (TH)

Este clima se disfruta en la mayor parte del municipio de Guapotá, de norte a sur y de oriente a occidente; la temperatura oscila entre los 23⁰ y los 18⁰C con una precipitación anual entre 2700 y 3000 mm y altitudes desde los 1000 m.s.n.m. hasta los 1750 m.s.n.m., con una extensión de 47,84 Km² distribuidos en territorios de las veredas Las Flores, Morario, Agua Fría, Centro, Gualilo y Cabra, incluyendo el casco urbano, ocupando un 72,14% del territorio municipal.

4.2.3 Precipitación

La precipitación a lo largo del año tiene un comportamiento bimodal en el cual se identifican dos períodos secos y dos húmedos, que suelen denominarse verano o invierno respectivamente. La precipitación en el Municipio de Guapotá se comporta de manera similar a la mayor parte de la región andina Colombiana, con un período seco en los meses de Diciembre, Enero y Febrero, y un período de transición en el mes de Marzo que da paso a los meses lluviosos que van desde mediados de Marzo hasta Mayo; a continuación se presenta un periodo seco comprendido entre los meses de Junio hasta parte de Agosto; un periodo lluvioso desde mediados de Agosto hasta Noviembre. Los volúmenes de precipitación mensual en porcentaje, tomados de la estación CHIMA con un valor medio de 2.935 milímetros al año, se observan en la Tabla 2.

Tabla 2. Volúmenes de precipitación mensuales en porcentaje

Mes	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
%	3.4	5.2	7.5	10.1	11.1	6.7	7.4	8.5	10.6	13.6	10.5	4.8

Fuente. Estación CHIMA

En el cuadro anterior se observa que la temporada lluviosa del segundo semestre registra un mayor volumen de agua precipitada. La distribución temporal de la precipitación a lo largo del año se origina por fenómenos convectivos locales, que tienen su origen en el valle del Magdalena Medio y por la influencia de la zona de convergencia intertropical (ZCIT), que es una franja a donde llegan las corrientes de aire cálido y húmedo provenientes de los grandes cinturones de alta presión, situados en la zona subtropical de los hemisferios norte y sur, dando origen a la formación de grandes masas nubosas y abundantes precipitaciones. El desplazamiento de la ZCIT, sigue el movimiento aparente del Sol y lleva un retraso de uno a dos meses respecto a él; a comienzos del año se ubica cerca de los 6° de latitud sur sobre el continente y en Julio o Agosto se halla ligeramente al norte de las costas Colombianas.

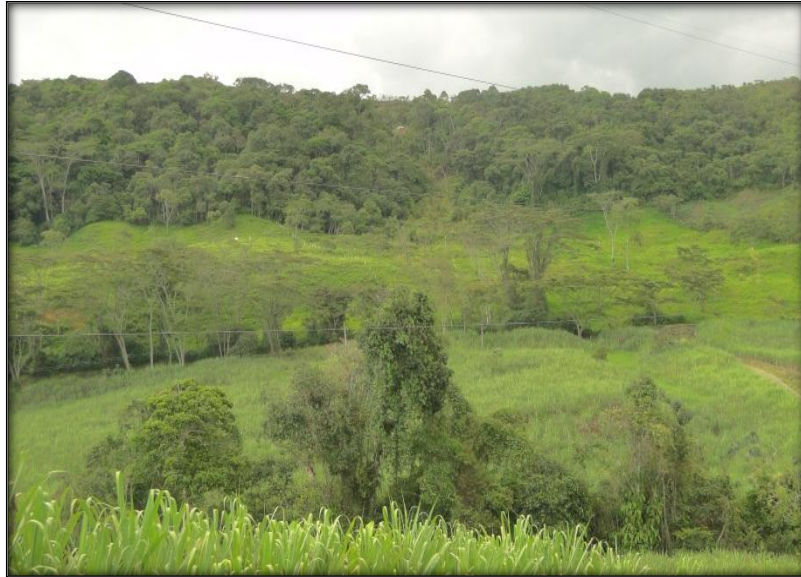
La temporada lluviosa en la zona de Guapotá tiene su máxima expresión entre los meses de octubre, abril y mayo, siendo octubre el mes más lluvioso, con 342.21 mm de precipitación media mensual. La temporada de sequía se presenta en el período de Diciembre, Enero y Febrero siendo enero el mes más seco, con 94.24 mm de precipitación media mensual; los meses de Junio y Noviembre se consideran de transición entre la temporada seca y húmeda.

4.3 VEGETACIÓN

Aunque en algunos sectores se observan relictos de vegetación protectora Fotografía 1, las actividades agrícolas (cultivo de café y caña de azúcar) y

pecuarias, que se llevan a cabo en la zona, exponen el suelo factores ambientales que afectan el grado de estabilidad de los mismos.

Fotografía 1. Características de la cobertura vegetal del sector



Fuente: Autor

4.4 TOPOGRAFÍA

El sector analizado se encuentra ubicado en la cordillera oriental y caracterizada por una topografía ondulada y montañosa, con taludes naturales cuya pendiente varía de media a alta.

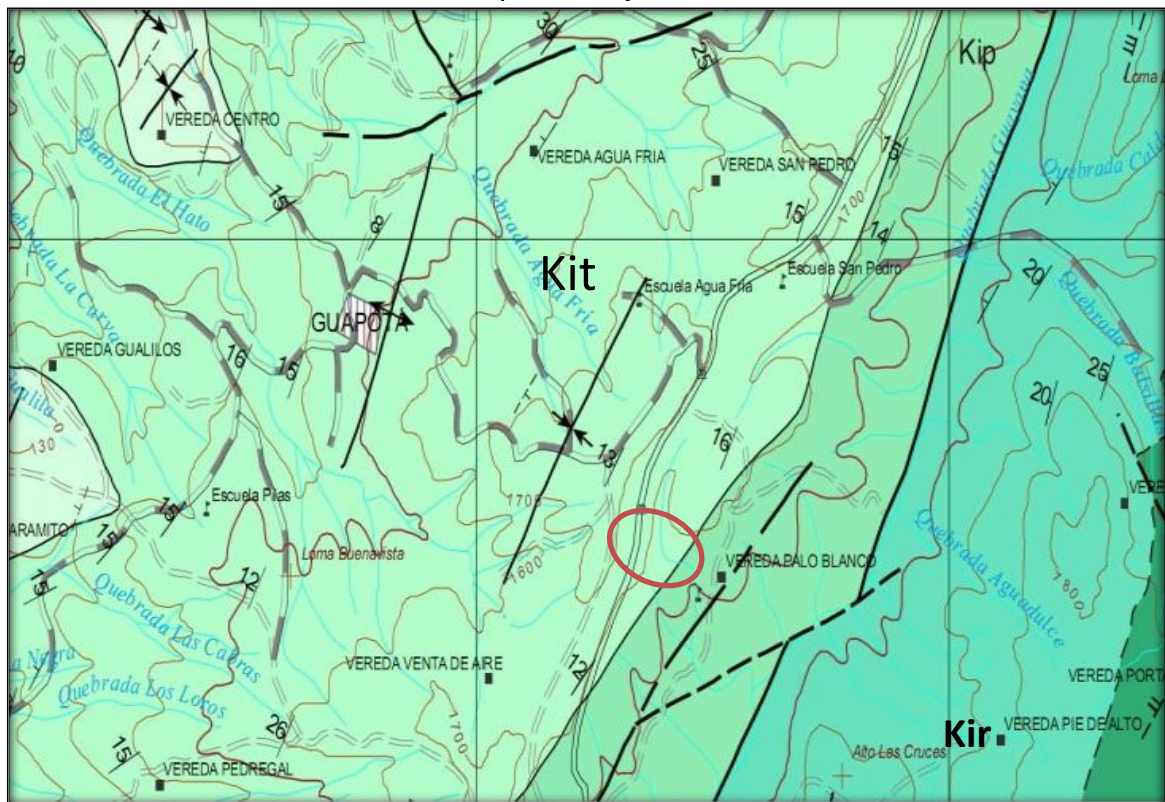
Históricamente el sector del K1+520 ha presentado deslizamientos tanto del talud inferior como en el talud superior en diferentes periodos de tiempo, con desprendimientos de suelo afectando la conectividad del Municipio de Guapotá con la Troncal Central en varias oportunidades; la mayor afectación se presentó en el año 2011, donde la pérdida de la calzada alcanzó aproximadamente el 50%.

4.5 MARCO GEOLÓGICO

4.5.1 Estratigrafía

En el sur del Departamento de Santander predominan las rocas Cretácicas, conformadas por intercalaciones de capas duras y blandas, de las Formaciones Rosa Blanca, Paja, Tablazo y Simití, constituidas por lodolitas con altos contenidos orgánicos, shales, calizas y areniscas, pertenecientes a las unidades sedimentarias de la cordillera oriental. De manera general la geología de la zona de estudio, comprende las Formaciones Paja y Tablazo. Estas son formaciones sedimentarias depositadas en ambientes marinos epicontinentales, están constituidas litológicamente por lodolitas y arcillolitas intercaladas con niveles calcáreos y areniscas glauconíticas bien gradadas.

Figura 15. Geología regional del sector entre Socorro –Confines – Chima en Santander
Kit= Fm Tablazo; Kip= Fm Paja; Kir= Fm Rosablanca



Fuente. Geología de las planchas 135 (San Gil) y 151 (Charalá) Cuadrángulo
112.INGEOMINAS, 2009

Figura 16. Columna estratigráfica generalizada de la cordillera oriental

SISTEMA	SERIE	UNIDAD LITOESTRATIGRAFICA	SIMBOLO	LITOLOGIA	DESCRIPCION
TERCIARIO	CUAT. HOL.		Qtf		Terrazas y aluviones
	PLIO.	GRUPO MESA	TQ		Gravas, arenas y conglomerados. Espesor: 300 - 545 m.
	MIOCENO	GRUPO REAL	Tmp		Discontinuidad estratigráfica (?)
					Areniscas, lodolitas y conglomerados. Espesor: 500 - 700 m.
	OLIGOCENO	GRUPO CHUSPAS	Tom		Discontinuidad estratigráfica (?)
					Lodolitas rojas y areniscas conglomeráticas. Espesor: 935 - 1.250 m.
		FM. COLORADO			
	EOCENO	FM. MUGROSA	Teo		Lodolitas y capas delgadas de areniscas. Espesor: 550 - 850 m.
		FM. ESMERALDA			Areniscas, lodolitas y capas delgadas de carbón. Espesor: 180 - 575 m.
		FM. LA PAZ	Tpe		Areniscas conglomeráticas con estratificación cruzada. Espesor: 240 - 800 m.
CRETACICO	PAL.	FM. LISIANA			Lodolitas areniscas y capas delgadas de carbón. Espesor: 300 - 950 m.
	SUPERIOR	FM. UMIR	1Ks		Lodolitas con concreciones ferruginosas y capas explotables de carbón. Espesor: 800 - 1.400 m.
			Kalc		
	INFERIOR	FM. LA LUNA			Calizas, lodolitas calcáreas, concreciones calcáreas y rocas fosfóricas. Espesor: 280 - 630 m.
		FM. SIMITI	Kbal		Lodolitas principalmente, areniscas y calizas en menor proporción. Espesor: 250 - 660 m.
		FM. TABLAZO	1Kl		Calizas y lodolitas calcáreas. Espesor: 240 - 325 m.
		FM. PAJA			Lodolitas y areniscas. Espesor: 150 - 625 m.
		FM. ROSA BLANCA			Calizas, lodolitas y areniscas. Espesor: 290 - 450 m.
		FM. CUMBRE	Kben		Areniscas gris verdosas, cuarzosas, de grano fino, localmente lodosas, con intercalaciones de limolitas, arcillolitas y lodolitas de color gris, negro y rojizo, piritosas. Espesor: 25 - 100 m.
JURASICO	SUPERIOR	FM. GIRON	Js		Areniscas cuarzosas claras, localmente conglomeráticas y lodolitas pardo rojizas. Espesor: 150 - 650 m.
					Alternancia de areniscas y lodolitas gris amarillentas a pardo rojizas, localmente niveles conglomeráticos, pardo rojizos, masivos y lenticulares. Espesor: 3.000 - 4.500 m.

Fuente. Mapa Geológico de Santander INGEOMINAS 2001

Aparecen las siguientes descripciones para las formaciones mencionadas:

5.5.1.1 Formación Paja

Inicialmente descrita por Wheeler(en MORALES, et al., 1.958); su localidad tipo es el Cerro Rosablanca al oriente del puente sobre el Río Sogamoso. Esta unidad está constituida por lutitas y shales gris oscuros a azulosos, fosilíferos, con intercalaciones de areniscas gris amarillentas, de grano fino, con algunas intercalaciones de shales grises, localmente arenosos, calcáreos, fosilíferos, localmente limosos a arenosos, con intercalaciones de areniscas gris amarillentas, de grano fino, también pequeñas intercalaciones de calizas grises, localmente arenosas, fosilíferas. Se estima que su depósito tuvo lugar en un ambiente epicontinental. El espesor varía entre 125 y 625 m. El límite estratigráfico de esta unidad con la suprayacente Formación Tablazo es concordante. La edad ha sido determinada del Barremiano inferior al Aptiano inferior. Se compara en parte con la Formación Tibú-Mercedes.

5.5.1.2 Formación Tablazo

Descrita por Wheeler (en MORALES, et al., 1.958); la localidad tipo está en el sitio Tablazo, en el puente del cruce del Río Sogamoso de la vía Bucaramanga-San Vicente. La secuencia de esta unidad consiste en calizas gris a negras, fosilíferas, localmente glauconíticas y arcillosas de color negro, con niveles intercalados de arcillolitas grises a gris azulado, calcáreas, fosilíferas, en capas medianas a gruesas, con intercalaciones de areniscas grises, grano fino a medio, arcillosas, levemente calcáreas, en capas delgadas. El ambiente de depósito parece corresponder a condiciones neríticas, poco profundas. El espesor varía entre 150 y 325 m. La Formación Tablazo se encuentra en contactos concordantes con la infrayacente Formación Paja y la suprayacente Formación Simití. Su edad es considerada del Aptiano superior- Albiano inferior. Esta unidad en parte es crono estratigráficamente correlacionable con las formaciones Tibú-Mercedes y Aguardiante.

4.6 GEOLOGÍA LOCAL

4.6.1 Estratigrafía Local

Se encuentran rocas cretácicas de origen marino, descritas en la literatura formando parte de la Formación Tablazo y depósitos Cuaternarios constituidos por suelos recientes. Rocas duras y blandas de la Formación Tablazo, constituidas por intercalaciones de arcillolitas, lodolitas y shales, lodolitas orgánicas y niveles delgados de caliza, niveles de areniscas crema a café, areniscas lodosas y calcáreas.

Fotografía 2. Arcillolitas abigarradas y ocre de la Formación Tablazo. Tomada en PR 0+450 aproximadamente



Fuente. Mejoramiento y pavimentación de la vía troncal central (La Estación) Municipio de Guapotá, volumen V Consorcio PI LTDA- Rafael Zafra

Fotografía 3. Lodolitas con partición tabletoidey shale, café violáceo de la Formación Tablazo



Fuente. Mejoramiento y pavimentación de la vía troncal central (La Estación) Municipio de Guapotá, volumen V Consorcio PI LTDA- Rafael Zafra

Fotografía 4. Lodolitas orgánicas con nódulos y recubrimientos en calcita, Formación Tablazo.



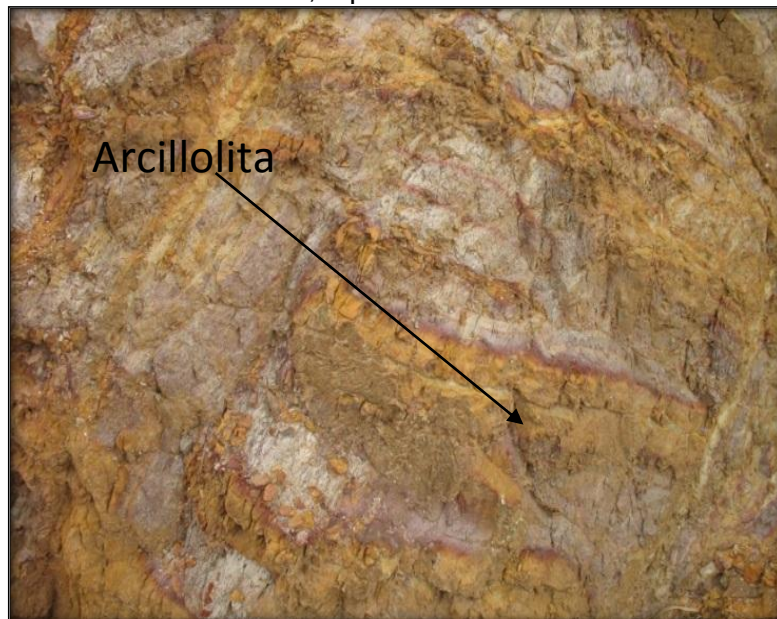
Fuente. Mejoramiento y pavimentación de la vía troncal central (La Estación) Municipio de Guapotá, volumen V Consorcio PI LTDA- Rafael Zafra

Fotografía 5. Areniscas de grano medio, color café, Formación Tablazo. Se encuentran en la rasante de la vía en PR 2+020 y PR 2+220, aproximadamente



Fuente. Mejoramiento y pavimentación de la vía troncal central (La Estación) Municipio de Guapotá, volumen V Consorcio PI LTDA- Rafael Zafra

Fotografía 6. Arcillolitas abigarradas y ocre, Formación Tablazo. Se encuentran en PR 4+120, aproximadamente



Fuente. Mejoramiento y pavimentación de la vía troncal central (La Estación) Municipio de Guapotá, volumen V Consorcio PI LTDA- Rafael Zafra

Es frecuente encontrar depósitos de ladera, coluviones y depósitos de derrubio asociados a deslizamientos o desprendimientos de magnitud no cartográfiables. ,
Fotografía 7.

Fotografía 7. Depósitos Cuaternarios. En el PR 1+800, corresponde a suelos de ladera.



Fuente. Mejoramiento y pavimentación de la vía troncal central (La Estación) Municipio de Guapotá, volumen V Consorcio PI LTDA- Rafael Zafra

4.6.2 Marco Estructural

En Santander, geológica y estructuralmente, la región se ubica en un ambiente compresivo, en el que se observan sinclinales y anticlinales como los de Suaita – Chima y otros menores en cercanías de Guapotá. Estas estructuras y las fallas regionales tienen una orientación predominante de SW a NE, afectadas localmente por estructuras transversales o pinadas a dicho sistema.

Al sur y centro de Santander predomina una fase compresiva, en la que debido a la mayor presencia de rocas relativamente blandas con respecto a las de carácter resistente, ocurre más la deformación que la rotura de los macizos. En este sector el macizo rocoso forma parte del anticlinal y sinclinal de Guapotá.

Aunque localmente se encuentran algunas estructuras de falla locales de bajo desplazamiento, éstas se deducen a partir de los cambios en la posición estructural de los estratos, más que por la superposición de Formaciones.

En la tabla 3 se muestran datos estructurales que definen la posición del macizo rocoso, sedimentario.

Tabla 3. Datos estructurales

Abcisa	Estratificación	Fractura	Litología
0+470	130/45SW	0/85W; 110/84N;2/64W	Fm Tablazo
1+730	52/12NW		Fm Tablazo
2+220	163/68NE		Fm Tablazo
2+520	105/6 SW		Fm Tablazo
3+050	123/8 SW		Fm Tablazo
3+880	32/18SE		Fm Tablazo
4+050	10/24SE		Fm Tablazo
4+370	45/65SE		Fm Tablazo
5+950	173/12SW		Fm Tablazo

Fuente. Mejoramiento y pavimentación de la vía troncal central (La Estación) Municipio de Guapotá, volumen V Consorcio PI LTDA- Rafael Zafra

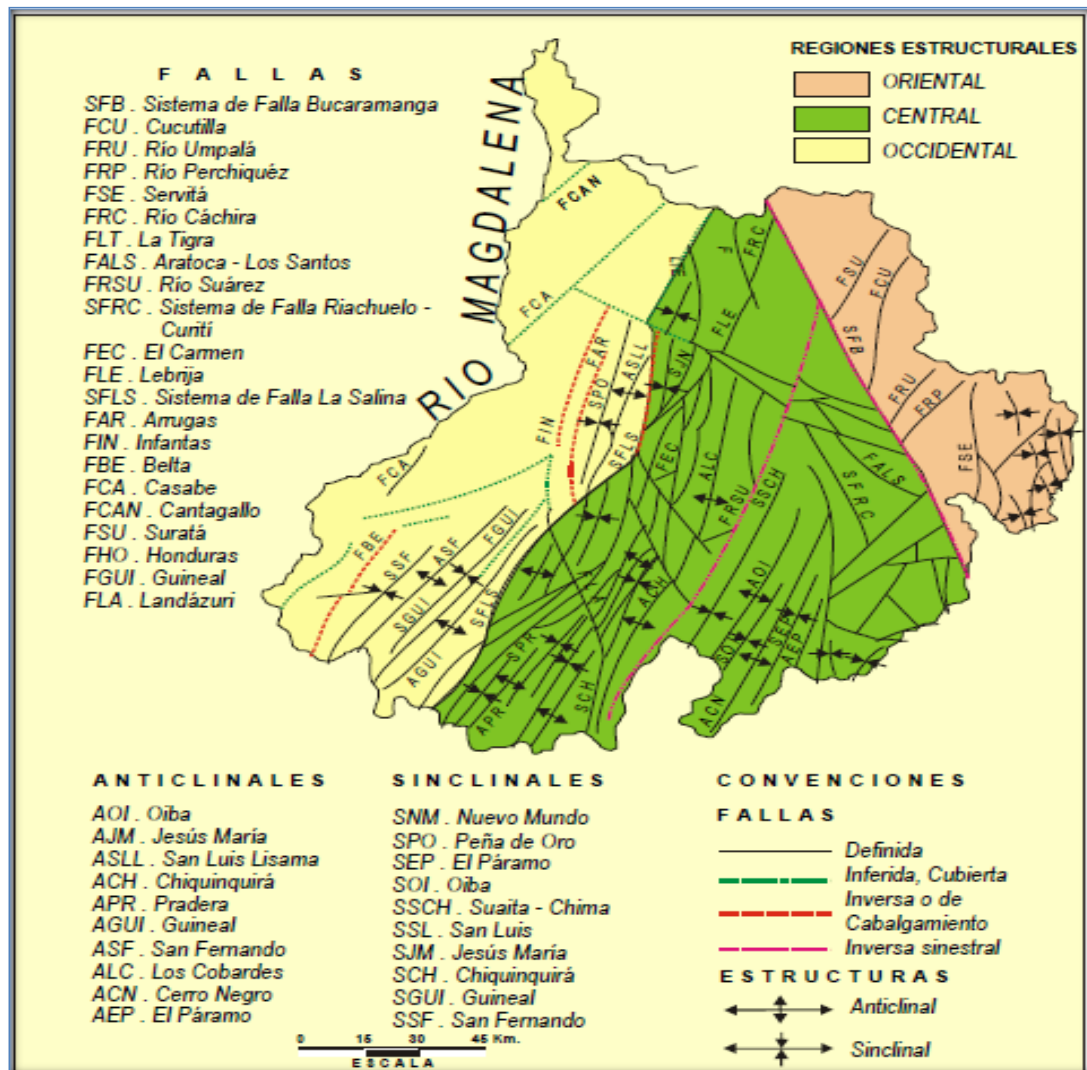
Se analizan dos tendencias de la dirección de los sentidos de buzamiento de la estratificación en dirección NW – SE, por tanto se interpreta como la presencia de una estructura geológica, falla o pliegue local o una combinación de las dos. Las estructuras geológicas relevantes que inciden en el sector sur de Santander son:

4.6.2.1 Falla del Suarez

Esta falla se extiende por una longitud de unos 120 km desde Barbosa al sur hasta la Falla de Bucaramanga-Santa Marta 5 km al norte de la capital santandereana; su trazo tiene una dirección N20°E y N25°E, con inclinación al occidente y sigue el curso de los ríos Suárez y Río de Oro. Es una falla inversa de ángulo alto, con una componente vertical importante. París y Sarria (1988) calculan una velocidad de desplazamiento vertical de 0,1 mm/año; además, se trata de una falla de rumbo con desplazamiento sinistral. El desplazamiento vertical se ha calculado entre 400

y 2.300 m (WARD, et al., 1973). La Falla del Suárez, al occidente del pueblo de Girón afecta capas de la Formación Girón, las cuales se pliegan por arrastre, alcanzando posiciones verticales y en algunos casos invertidos. En cercanías de la falla se observa un fuerte fracturamiento y un alto grado de meteorización de las rocas hasta el punto de llegarse a confundir con depósitos cuaternarios (JULIVERT, 1963).

Figura 17. Esquema Estructural del Departamento de Santander

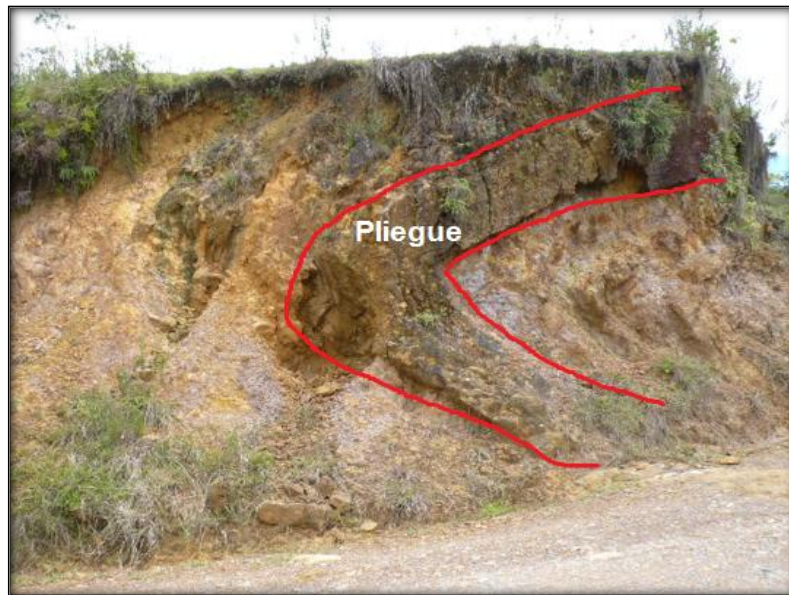


Fuentes. Vargas (1979); León (1986, 1991); Clavijo, et; al. (1993)

4.6.2.2 Sinclinal de Suaita–Chima

Es una estructura amplia, asimétrica, cuyo flanco occidental más inclinado que el oriental es cortado por la Falla del Suárez. En su flanco oriental se desarrollan numerosos pliegues secundarios de menor importancia estructural. Su eje tiene dirección N30°E y se extiende por una longitud alrededor de 65 km y se prolonga al sur en las planchas 170 y 171 dentro del Departamento de Boyacá. El núcleo de este sinclinal en la región de Chima, generalmente está conformado por rocas de la Formación Simití, mientras en el área de Guadalupe, está constituido por rocas de la Unidad Areniscas de Chiquinquirá del Cretácico superior.

Fotografía 8. Evidencia de algunas estructuras como plegamientos denudados por la erosión



Fuente. Autor

4.7 GEOMORFOLOGÍA

En el área de estudio, se presenta el contraste entre sectores con pendientes suave a moderadas generados por la presencia de rocas muy blandas, arcillolitas,

shales y lodolitas de la Formaciones Simití y Paja, con escarpes generados por el levantamiento y falla de rocas resistentes, calizas y areniscas de las Formaciones Rosablanca y Tablazo.

Como en el sur de Santander, se observa una marcada tendencia a presentar una morfología de montaña alineada en dirección de las principales estructuras, SW-NE, con pliegues y fallas en dicha orientación. El drenaje tiende a ser concentrado y de muy baja densidad, en quebradas y ríos perennes, con una tendencia a ser paralelos, típico de unidades geomorfológicas denudacionales con control estructural.

El sector caracterizado presenta geoformas de montaña con pendientes moderadas a abruptas, laderas largas que en la parte alta de la ladera en estudio es convexa, en el sector intermedio es cóncava y la parte baja es plana, que forman localmente unidades geomorfológicas denudacionales (Fotografía 9), y unidades denudacionales con control estructural (Fotografía 10). Esta última presenta sectores con una morfología que tiende a generar un aspecto de gradería debida a la posición de las rocas y al control litológico en los procesos erosivos.

Fotografía 9. Morfología de lomas alargadas, debido a un control litológico, asociadas a unidades de paisaje denudacional



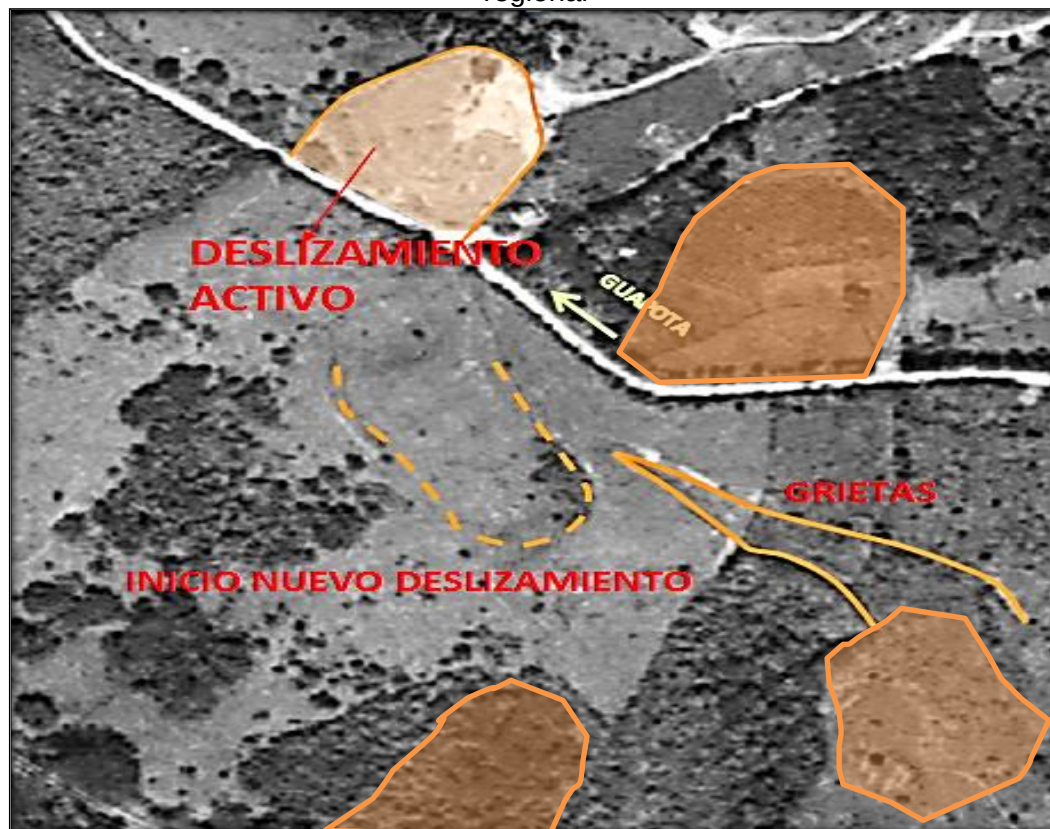
Fuente. Mejoramiento y pavimentación de la vía troncal central (La Estación) Municipio de Guapotá, volumen V Consorcio PI LTDA- Rafael Zafra

Fotografía 10. Morfología de cuestras que dan aspecto de graderías, asociadas a unidades de paisaje denudacional con control estructural



Fuente. Mejoramiento y pavimentación de la vía troncal central (La Estación) Municipio de Guapotá, volumen V Consorcio PI LTDA- Rafael Zafra

Fotografía 11. Grietas del terreno y algunos nuevos deslizamientos por la tectónica regional



Fuente. IGAC vuelo C-2207/97 a 99 y C-2475/29 A 31

De acuerdo a la anterior fotografía en la fase de exploración del sitio en estudio y con apoyo de una imagen satelital (IGAC vuelo C-2207/97 a 99 y C-2475/29 A 31) se apreció grietas en el terreno y algunos nuevos deslizamientos en el sector.

4.8 UNIDADES GEOLÓGICAS SUPERFICIALES (UGS)

4.8.1 Unidades de Roca

4.8.1.1 Rocas de la Formación Tablazo Kit

Corresponde a una sección aflorante sobre la vía al Municipio de Guapotá en la que se aprecian capas de geometría tabular de 25cm de espesor aproximadamente de color pardo amarillento de textura clástica de arenas medias a gruesas levemente calcáreas (posiblemente presenten cemento calcáreo), clasto soportadas, con cuarzo, moscovita, aluminosilicatos (arcillas en la matriz), posiblemente glauconita (material heterogéneo de color verde en la muestra).

Esta unidad corresponde al basamento rocoso sobre el cual se desarrollan diferentes unidades de depósitos sedimentarios y suelos residuales y transportados. Ésta unidad se identificó en cercanías a la zona de inestabilidad estudiada y se hace una correlación de su presencia en el área, mediante estudios geoelectricos de SEV; por tanto no aparece como unidad superficial en el plano, pero se modela su distribución en los perfiles geológicos.

Fotografía 12. Afloramiento de la Unidad de Roca Sedimentaria Kit



Fuente: Autor

4.8.1.2 Suelos Residuales de Rocas Blandas SrKi

Corresponde con una unidad de suelos de origen residual, desarrollados a partir de la meteorización de unidades de rocas sedimentarias clásticas y químicas de granulometrías principalmente finas, Son suelos de color pardo amarillento con espesores que van hasta los 1.5m, desarrollan en algunos sectores los tres horizontes edafológicos, donde se identifican zonas de rocas saprolizadas y fracturadas debido a la tectónica y la infiltración de aguas meteóricas. Los suelos son matriz soportados y localmente presentan dentro de su armazón, fragmentos de areniscas y calizas soportados en un matriz limo arcilloso localmente de afinidad calcárea. Estos suelos presentan problemas geotécnicos debido a que están siendo afectados por factores de intemperismo que provocan movimientos del terreno evidenciados en reptaciones, agrietamientos y deslizamientos. Estos suelos desarrollan una cobertura vegetal frondosa y de pastos naturales y

mejorados donde el nivel de suelos orgánicos tiene un espesor aproximado de 30cm.

Fotografía 13. Detalle del Aspecto de los suelos



Fuente. Autor

4.8.2 Suelos Coluviales Inactivos Sco1

Corresponde con el desarrollo de horizontes de suelo producto de la meteorización de los materiales transportados por un fenómeno de deslizamiento, pero que durante la caracterización del presente estudio se encuentran estables o por lo menos no se logran observar procesos de remoción activos. Se encuentra conformados por bloques, cantos, guijos y gravas de rocas sedimentarias mezclados con materiales de origen orgánico, presentan una distribución homogénea dentro de la zona de estudio y presentan espesores promedio de 15m, según información de sondeos y geoelectrónica.

Esta unidad es altamente susceptible a presentar reactivaciones del movimiento del terreno.

Fotografía 14. Suelos Coluviales Inactivos en la parte baja del deslizamiento



Fuente. Autor

4.8.3 Suelos Coluviales Activos Sco

Son materiales meteorizados, y transportados que presentan una distribución heterogénea y errática en la zona, debido a que éstos presentan actualmente movimientos, reptaciones y deslizamientos de materiales rocosos, suelos previamente conformados y materia orgánica. Están constituidos por bloques, cantos y gravas de rocas sedimentarias fracturadas en una matriz limo arenosa, de colores amarillentos y rojizos.

Esta unidad es la que presenta los problemas desde el punto de vistas geotécnicas más relevantes

Fotografía 15. Evidencia de la presencia de suelos de tipo coluvial en la zona de estudio y movimientos activos del terreno



Fuente. Autor

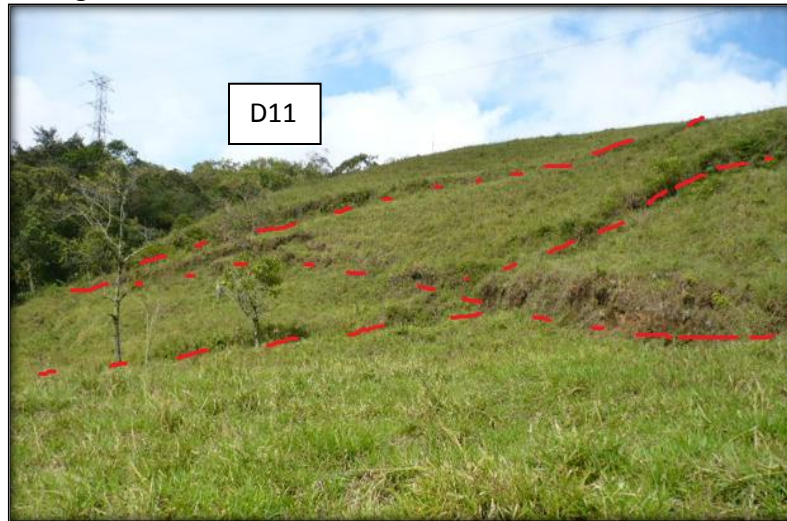
4.9 UNIDADES GEOMORFOLÓGICAS

4.9.1 Unidades Geomorfológicas de Origen Denudacional (OD)

4.9.1.1 Laderas con Terracetas y/o patas de vaca D11

Son agrietamientos y desplazamientos centimétricos que se presentan sobre el terreno natural, ocasionado por el ganado que microcompacta el suelo y cambia la escurrentía y la infiltración, lo que hace que se desarrollen peldaños donde se pierde la cobertura vegetal y por tanto se denuda el terreno con más facilidad (Fotografía 16). Este tipo de geoformas suelen representar estados previos a un movimiento de remoción en masa de mayor extensión.

Fotografía 16. Laderas con terracetas en la zona de estudio

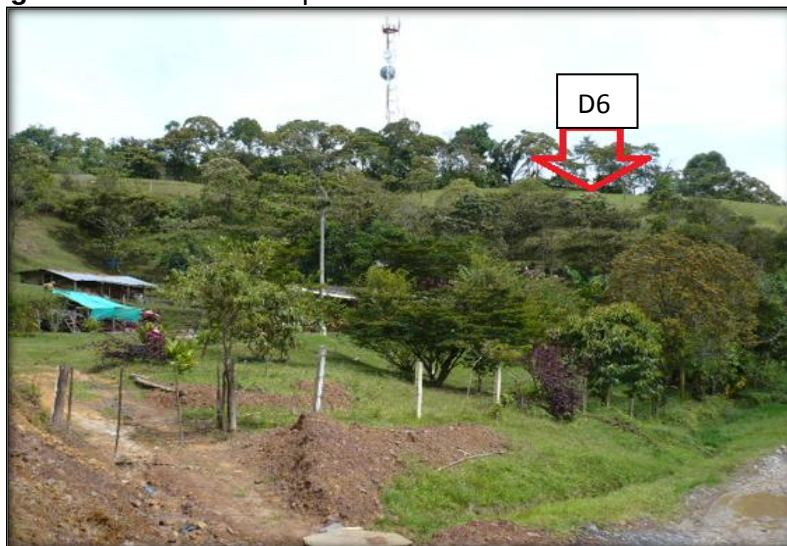


Fuente. Autor

4.9.1.2 Laderas Moderadas D6

Son superficies naturales del terreno que presentan pendientes entre 10° - 30° , con una longitud aproximada de 30m con laderas convexas y ocasionalmente concavas, sobre esta se muestran geometrías semiredondeadas, presentan coberturas de pastos y árboles dispersos (Fotografía 17).

Fotografía 17. Laderas de pendiente moderada en la zona de estudio



Fuente. Autor

4.9.1.3 Depósitos de Ladera D13

Son acumulaciones conformadas por materiales que se han sido removidos por deslizamientos y que alcanzan cierto grado de compactación se forman en zonas de remoción en masa activas.

Fotografía 18. Movimiento del terreno reciente que compromete la margen izquierda de la vía a Guapotá



Fuente. Autor

Fotografía 19. Depósito de Ladera de magnitud considerable sobre el talud de la vía cerca de la zona de estudio



Fuente. Autor

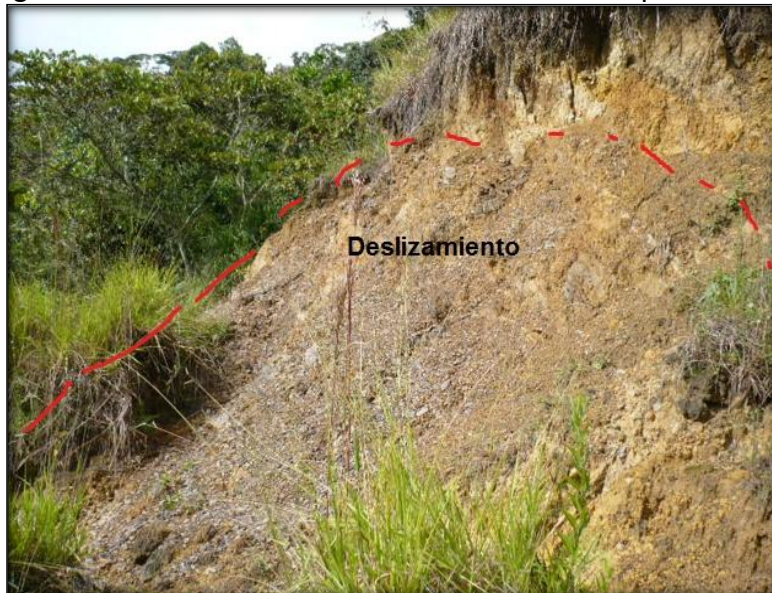
4.9.1.3 Procesos Morfodinámicos

Este tipo de procesos hacen referencia a la expresión de la erosión en el terreno, teniendo en cuenta el tipo de procesos que producen la pérdida de la cobertura vegetal en una primera instancia y que pueden incluso derivar en movimientos del terreno, expresados en forma de reptaciones, los fenómenos de remoción en masa pueden o no estar relacionados con el grado de avance de los procesos morfodinámicos, este tipo de fenómenos son los procesos de mayor magnitud en lo que se refiere a afectación.

4.9.1.4 Deslizamientos Dlz

Son caracterizados como movimientos del terreno que involucran cantidades considerables de materiales de suelo y roca, pero de menor envergadura que los movimientos en masa; estos deslizamientos se originan principalmente a la combinación de factores como: la erosión del agua superficial (principalmente lluvia) y la gravedad representada en las pendientes del terreno. En la zona en estudio afectan las laderas principalmente sobre los cortes de los taludes de la vía.

Fotografía 20. Deslizamiento activo sobre el talud superior de la vía



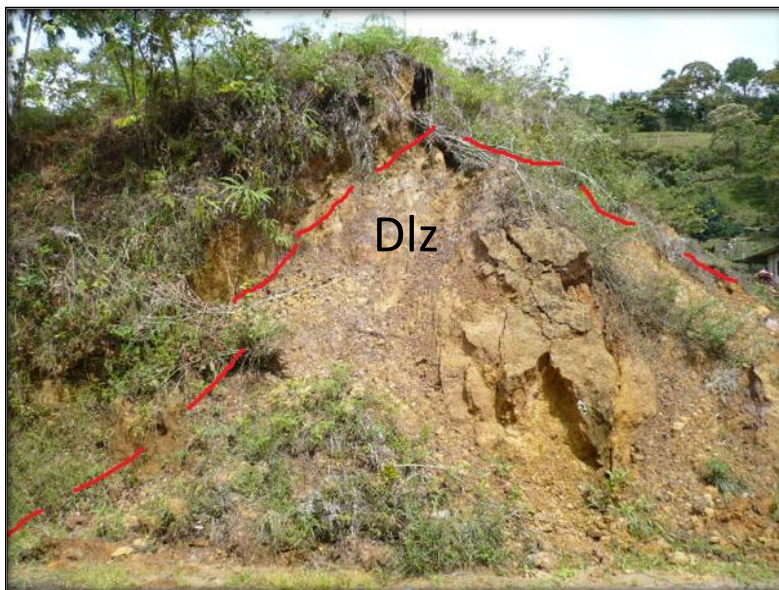
Fuente. Autor

Fotografía 21. Deslizamiento que se encuentra afectando el lindero de un lote adyacente a la vía



Fuente. Autor

Fotografía 22. Deslizamiento que está removiendo material de suelos y roca fuertemente alterada



Fuente. Autor

4.9.1.5 Fenómenos de Remoción en masa

Corresponden a cantidades considerables de materiales de roca y suelos (residuales), que son removidos por la acción de la gravedad al empobrecerse sus propiedades de cohesión cuyos empujes laterales hacen que este se desplace como una masa ligeramente uniforme ladera abajo. Este tipo de fenómeno afecta tanto la vía como algunos lotes y casas en la zona en estudio.

Fotografía 23. Fenómeno de remoción en masa que amenaza la integridad de los habitantes de la vivienda



Fuente. Autor

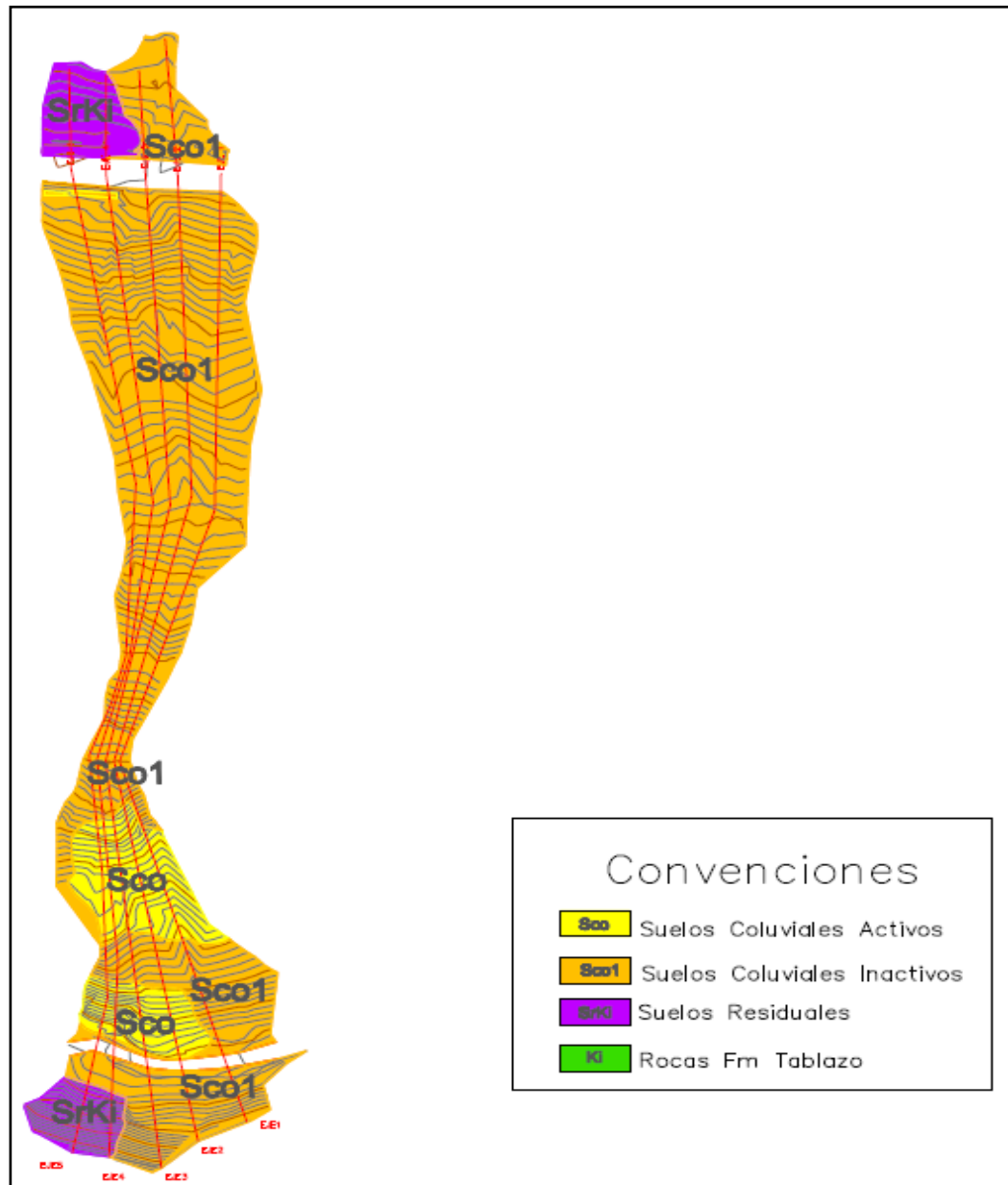
Fotografía 24. Remoción en masa que afecta el talud superior de la vía



Fuente. Autor

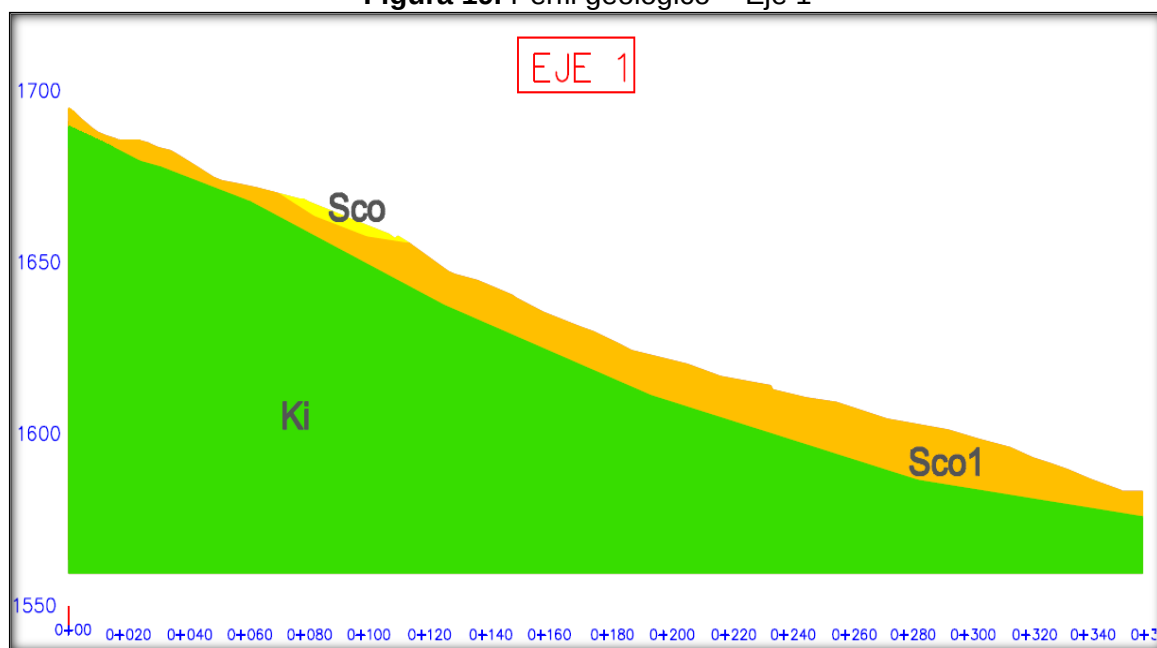
Las figuras 18 a la 23 esquematizan las Unidades Geológicas Superficiales de la zona estudio, en donde se encontró dos coluviones activos en la parte alta del deslizamiento, dos depósitos de suelo residual en la corona y pide del movimiento, que no coinciden con el drenaje principal y un depósito generalizado de suelo residual.

Figura 18. Unidades Geológicas Superficiales de la zona de estudio



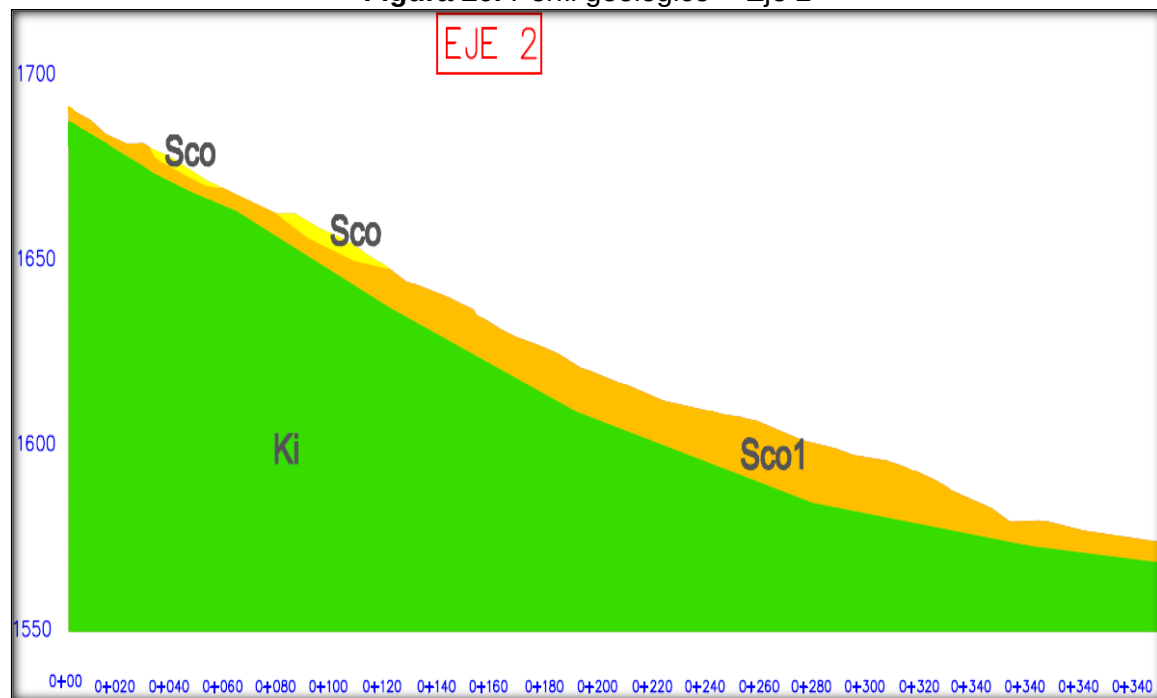
Fuente. Autor

Figura 19. Perfil geológico - Eje 1



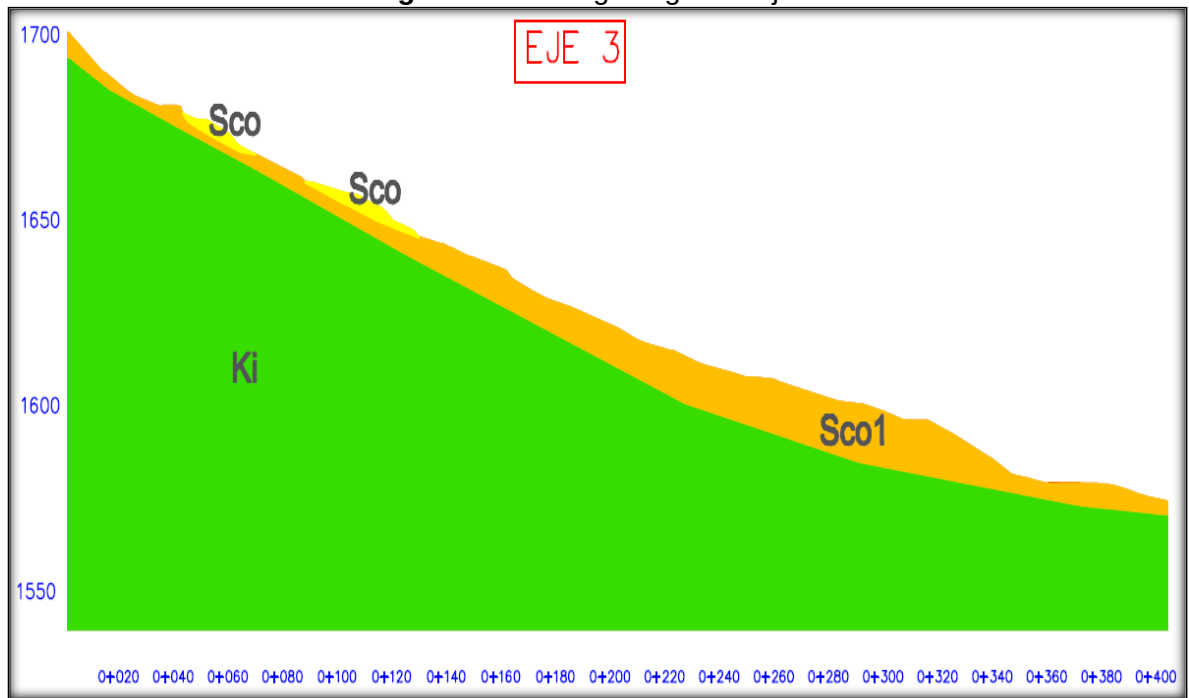
Fuente. Autor

Figura 20. Perfil geológico - Eje 2



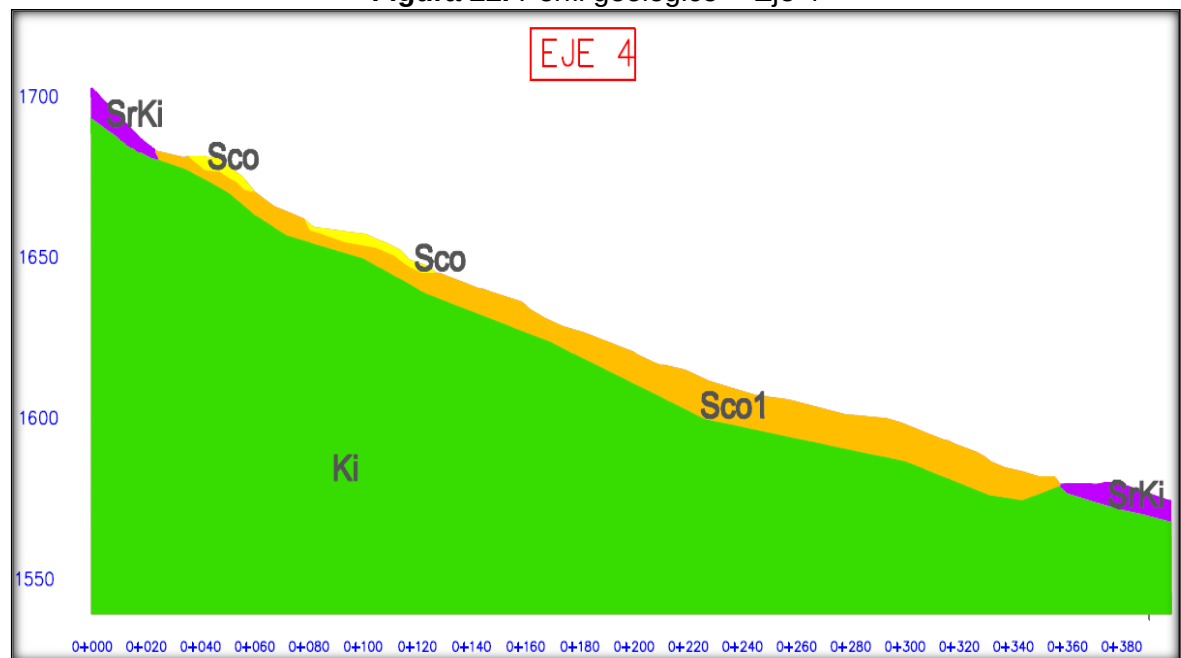
Fuente. Autor

Figura 21. Perfil geológico - Eje 3



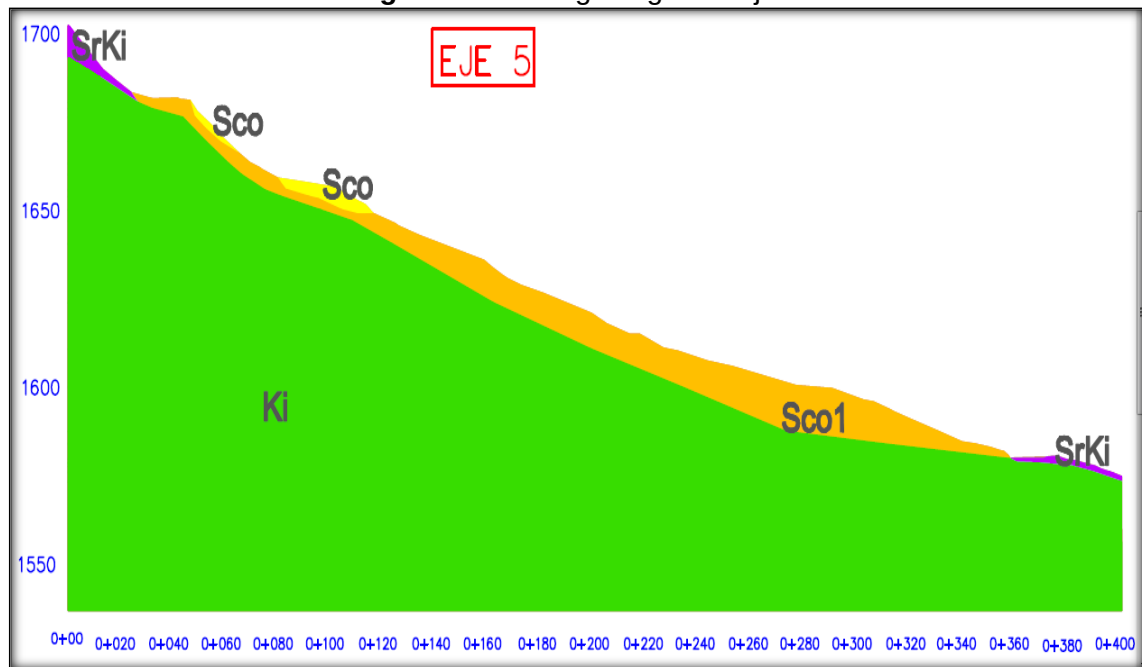
Fuente. Autor

Figura 22. Perfil geológico - Eje 4



Fuente. Autor

Figura 23. Perfil geológico - Eje 5



Fuente. Autor

4.10 ANÁLISIS DE LA DESCRIPCIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO

- La Geología Local identifica dos Formaciones: Tablazo y Paja, constituidas por lodolitas con altos contenidos orgánicos, shales, calizas, areniscas; este tipo de suelo tiene la capacidad de absorber el agua, expandirse y desestabilizarse, sino existen las obras que controlen este drenaje y su desplazamiento por sus intercalaciones laminares.
- Se evidenció rasgos tectónicos locales por esfuerzos de tracción o compresión.
- La geología estructural y las unidades geológicas superficiales, establecen que la zona muestra mayor presencia de rocas relativamente blandas con respecto a las de carácter resistente y los suelos son matriz soportados en una matriz

limo arcillosa localmente de afinidad calcárea, lo que facilita la deformación y rotura de los macizos.

- La geomorfología del sector reconoce geoformas de montaña con pendientes moderadas a abruptas que forman localmente unidades geomorfológicas denudacionales (laderas con terracetas y moderadas, depósitos de laderas) controlados por factores de intemperismo que provocan movimientos del terreno evidenciados en reptaciones, agrietamientos y deslizamientos.

5. METODOLOGÍA

Para el análisis del punto del sector en el K1+500 sobre la vía Troncal Central (La Estación) – Guapotá, se realizó exploración geotécnica: características topográficas, geológicas, precipitación a partir de los cuales se dan las recomendaciones para el manejo del deslizamiento del sector.

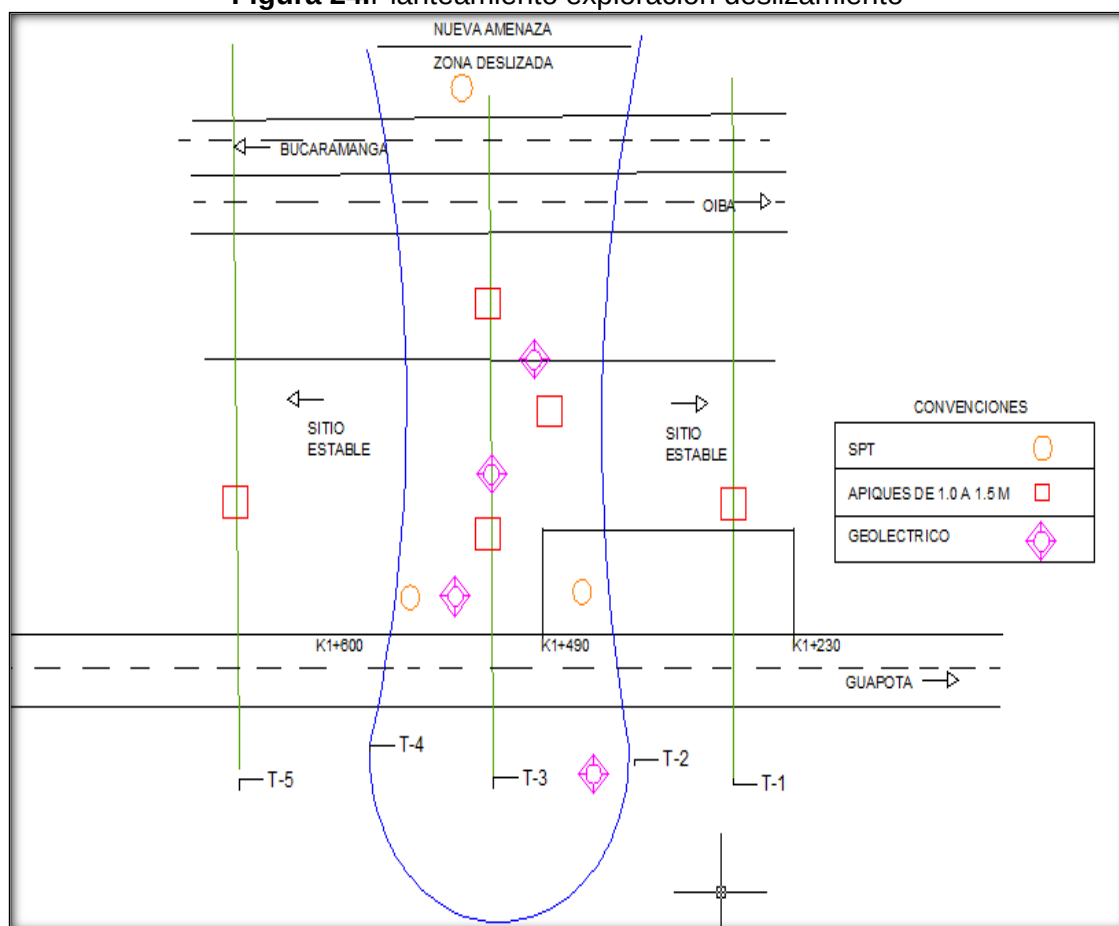
5.1 MARCO REFERENCIAL

Se consultó la bibliografía encontrada en artículos, tesis, estudios y se recopiló la información destacada y concerniente a los métodos de diseño Estabilización y técnicas de remediación en taludes.

5.2 EXPLORACIÓN DEL SUBSUELO

Para el desarrollo del proyecto se llevó a cabo una exploración del subsuelo y teniendo en cuenta el movimiento del deslizamiento se planteó el siguiente esquema Figura 24 con el fin de establecer los tipos de suelo, la estratigrafía, la geología y la litología, definir una perspectiva en la aplicación de modelos geotécnicos para el caso en estudio y proponer las alternativas de solución para la atención del deslizamiento.

Figura 24. Planteamiento exploración deslizamiento



Fuente. Autor

5.2.1 Alcance de la Investigación Geotécnica

Dentro de la investigación se llevaron a cabo las siguientes actividades:

5.2.1.1 Levantamiento topográfico

Para la realización del presente estudio geotécnico se realizó un levantamiento topográfico por el método de detalles o nube de puntos, y por medio de Estación Total Electrónica con precisión al segundo marca TOPCON y demás elementos como jalones, estacas, cintas propias de este tipo de trabajo. El área en estudio de manera aproximada es de 18.240 m², con una altura sobre el nivel del mar (m. s.

n. m) oscila entre 1574 y 1703 metros; en la siguiente figura se esquematiza el recorrido a lo largo del deslizamiento tomando punto a punto registro fotográfico de la condición topográfica de cada sector, la vegetación y la presencia de agua. Las tres primeras franjas tienen una pendiente de aproximadamente del 60 al 90%, siendo la franja más vulnerable del área analizada y donde el desprendimiento de árboles ha sido casi total, existen depósitos permanentes de agua en pequeñas terrazas que se han formado de antiguos deslizamientos.

En la franja cuatro y cinco el terreno la pendiente se encuentra entre el 20 y 60% y existe una especie de terraza, con chorros permanentes de agua. En la Figura 25 se presenta imagen tridimensional del área inestable identifica la forma actual del terreno, donde se corrobora la información suministrada por el plano de pendientes, en el cual se identifica que la zonas de mayor pendiente (color celeste) es la que está sobre la vía que conduce al Municipio de Guapota. Finalmente las franjas seis y siete la pendiente se encuentra entre el 0 y 20%, es una zona de distensión del deslizamiento, con presencia de pastos y poca arborización, con depósitos de agua y grietas en el terreno.

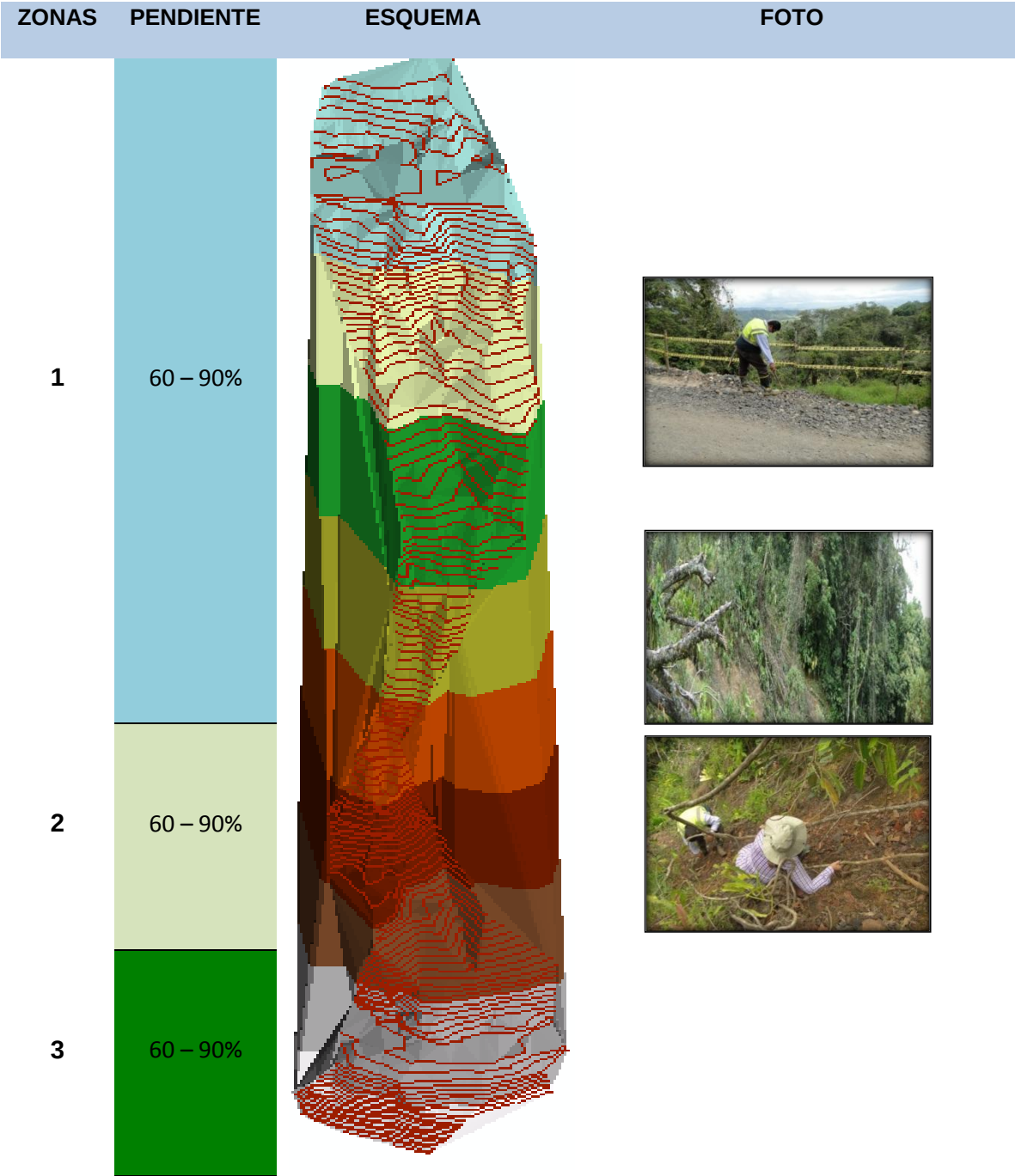
5.2.1.2 Morfodinámica

Al revisar en campo se observó una ladera denudacional, sobre la cual se determina que ésta presenta sectores que evidencian escalonamientos, generados por grietas de tensión inducidas en suelos saturados, que permiten establecer un movimiento en masa tipo reptación, que describe un movimiento rotacional con unas velocidades de movimientos muy bajas verificables por el geotropismo o inclinación de los árboles en la ladera.

En la corona del deslizamiento, se observa desprendimiento de la calzada de la vía que comunica a Guapotá y se evidencia un deslizamiento rotacional con el hundimiento de la misma, cuya velocidad se puede clasificar como lenta, teniendo en cuenta los tres episodios del año 2011. El hinchamiento y la retracción

inducidos por ciclos atmosféricos de humedecimiento y secado, asociados a movimientos lentos de fluencia de la ladera en diferentes épocas, se evidencian a lo largo del recorrido. Se apreció también un movimiento de reptación y se evidencian grietas transversales y radiales en la parte del pie del deslizamiento.

Figura 25. Pendientes, curvas de nivel e imágenes en el recorrido del sitio de estudio



ZONAS	PENDIENTE	ESQUEMA	FOTO
			
4	20 – 60 %		
5	20 – 60%		

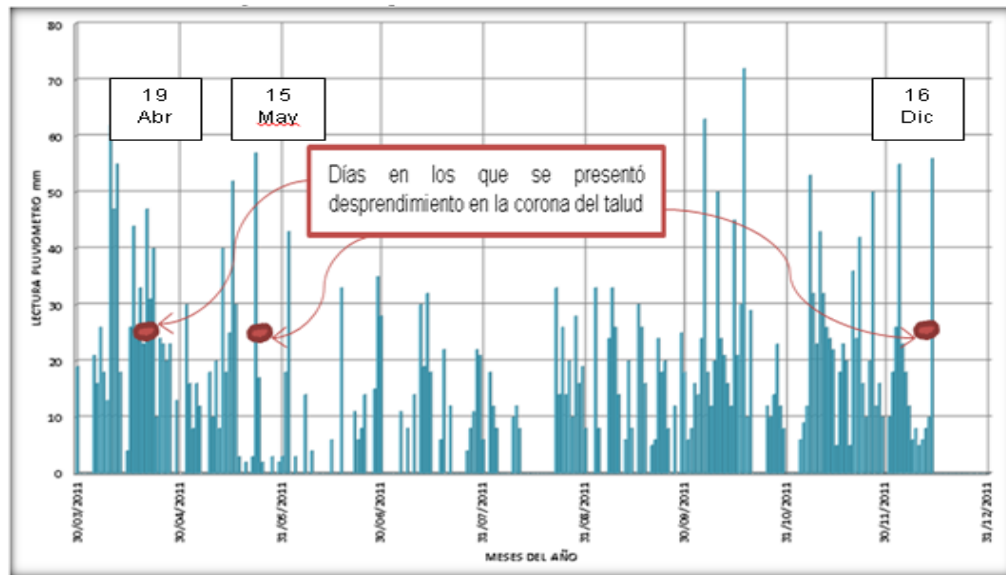
ZONAS	PENDIENTE	ESQUEMA	FOTO
6	0 – 20%		
7	0 – 20%		

Fuente. Autor

5.2.1.3 Precipitación

Durante la ejecución del proyecto Mejoramiento y Pavimentación de la vía Troncal Central (La Estación) – Guapotá, se decidió llevar un control con un pluviómetro, ubicado en el sitio denominado la Estación, en el cual se registraron las lluvias desde marzo de 2011 hasta Diciembre de 2011, con el objeto de tener información precisa del sitio en análisis.

Figura 26.Histograma Pluviómetro – Sitio La Estación



Fuente. Autor

De igual manera se identificaron tres episodios destacados por el fenómeno de lluvia durante el año 2011: el 19 de Abril y el 15 de mayo, se evidenció el desprendimiento de la corona del talud inferior y se desliza parte de la cobertura vegetal. El mes de marzo coincide con uno de los periodos más fuerte de lluvia de todo el año, al igual que el deslizamiento presentado en el mes de mayo lo antecedió 15 días de lluvias de precipitaciones promedio de más 30 mm diarios.

Fotografía 25. Presencia de fisura longitudinal y desprendimiento del talud inferior en el K1+520 el 19 de Abril de 2011



Fuente. Registro Consorcio PI Ltda- Rafael Zafrá

Fotografía 26. Desprendimiento de la calzada en el talud inferior (h: 80 cm) en el K1+520 el 15 de Mayo de 2011



Fuente. Registro Consorcio PI Ltda- Rafael Zafrá

De igual forma en el mes de Diciembre se presenta un nuevo movimiento, donde se arrastra y se pierde más de 2.50 m de calzada de la vía; este fue el instante más crítico de toda la conectividad de la vía y sucedió luego de que todo el mes de Noviembre lloviera al igual que la mitad del mes de Diciembre, siendo su promedio más de 40 mm de lluvia aprecia en que se encuentra en atención por parte de la Gobernación de Santander.

Fotografía 27. Perdida de 2.50 m de calzada en el K1+520 el 15 de Diciembre de 2011



Fuente. Registro Consorcio PI Ltda- Rafael Zafra

Fotografía 28. Perdida de 2.50 m de calzada en el K1+520 el 15 de Diciembre de 2011

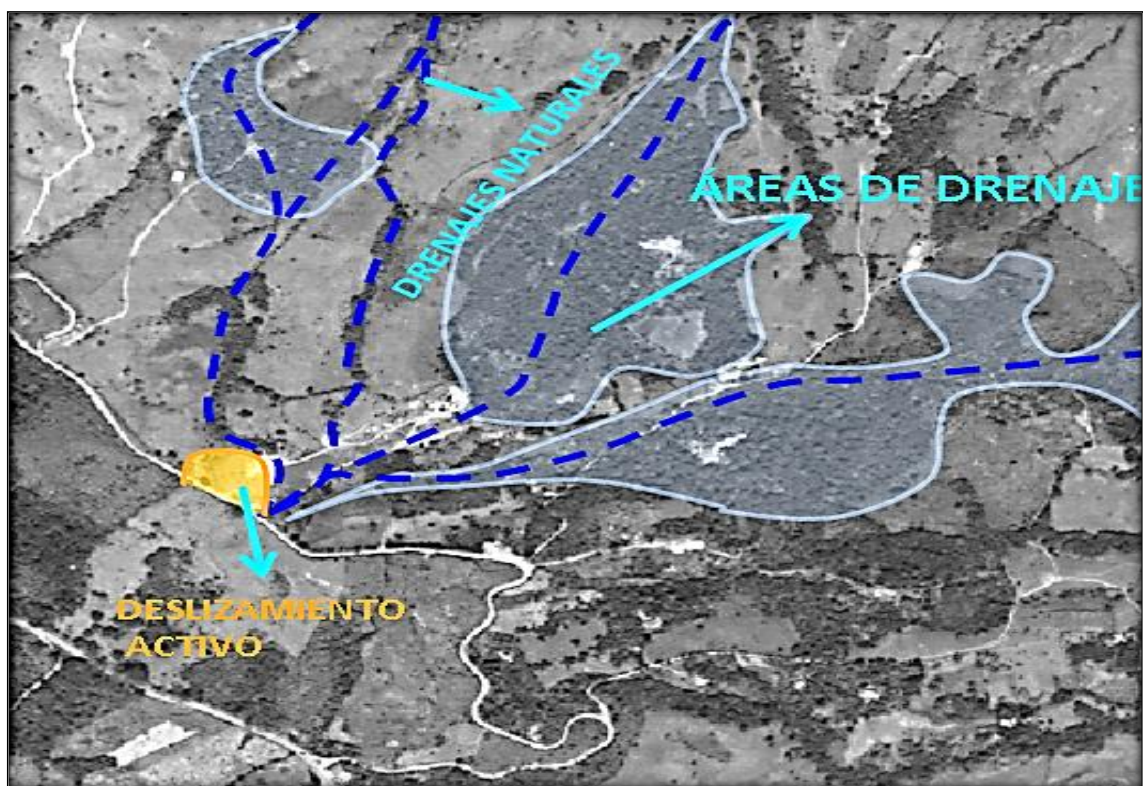


Fuente. Registro Consorcio PI Ltda - Rafael Zafra

5.2.1.4 Áreas de drenaje

La zona en estudio tiene un aporte de escorrentía superficial del talud superior, cuyas áreas de drenaje naturales vierten directamente al sitio del deslizamiento como se aprecia en la siguiente fotografía.

Fotografía 29. Área de drenaje global



Fuente. IGAC vuelo C-2207/97 a 99 y C-2475/29 A 31

5.2.1.5 Apiques

Con el objeto de efectuar ensayos de caracterización del suelo (granulometría, límites, corte directo), se hizo 5 apiques en el cuerpo del deslizamiento, conforme a lo indicado con profundidades que varían de 1 m a 1,50 m.

Tabla 4. Localización apiques

APIQUE	N	W	ALTURA DEL APIQUE (M)	NIVEL FREATICO
1	6° 18,01" 328"	73° 17,34" 635"	1	NO SE ENCONTRO
2	6° 18,01" 623"	73° 17,34" 331"	1,2	SE ENCONTRO A 1,40 M
4	6° 17,58" 624"	73° 17,38" 993"	1,3	NO SE ENCONTRO
5	6° 17,34" 371"	73° 17,25" 452"	1,5	NO SE ENCONTRO

Fuente. Autor

- **Apique No. 1.** Se encontró un material amarillo grisáceo con una primera capa vegetal muy húmeda de aproximadamente 20 cm de altura.

Fotografía 30. Toma muestras apique No.1



Fuente. Autor

- **Apique No. 2.** En este apique la capa vegetal encontrada fue de aproximadamente 20 cm de altura y se encontró el nivel freático 20 cm por debajo de la toma de muestras; el material tomado tenía apariencia arcilla

Fotografía 31. Toma muestras apique No. 2



Fuente. Autor

- **Apique No. 4.** La capa vegetal que se encontró presenta una profundidad de 30 cm, el material que se encontró es muy húmedo y de color amarillo.

Fotografía 32. Toma muestras apique No. 4



Fuente. Autor

Apique No. 5. El material encontrado era húmedo y de color gris-amarillo, su capa vegetal se encontró a 30 cm de profundidad.

Fotografía 33. Toma de muestras apique 5



Fuente. Autor

5.2.2 Sondeos Geoelectricos

Con el objeto de estudiar la constitución y posición de los sedimentos, rocas y agua subterránea, utilizando la evolución de la resistividad eléctrica a través de su profundidad, se ejecutó cuatro (4) líneas Eléctricas Verticales SEV's, para lo cual se utilizó un GPS (Global Positioning System) Map60CSxGarminque es un sistema de localización por satélite, el cual determina la posición de un punto en relación a un grupo de satélites que orbitan la tierra y envían continuamente señales de radio con la posición y el tiempo exactos de cada uno de ellos. Conociendo tres o más de estos satélites y calculando las diferencias en tiempo entre señales transmitidas, el GPS determina su posición en coordenadas planas con una precisión de 2 m.

Los sondeos se realizan con un equipo de resistividad GESS-2000 compuesto por un Trasmisor y un Receptor con las siguientes características: Potencia 1500 W, Máximo Voltaje de Salida 400V, AB/2 Máxima de 1000 m de profundidad, Electrodo en Acero Inoxidable de Alta Conductividad, Corriente de salida: continua DC, Precisión en la corriente de salida 0.5% en 100mA, Tiempo de pulsación de 1 a 4 segundos, Lecturas en auto-rango, Precisión V/I de 0.1%, Impedancia de entrada 1 M mínimo, Fuente de entrada 12V, Operación de temperaturas entre -5 a +50°C.

Fotografía 34. Detalle de la ejecución de los sondeos geoelectricos



Fuente. Autor

5.2.3 Sondeos Mecánicos

Se realizaron Ensayos de Penetración Estándar SPT: Norma ASTM D 1586, I.N.V.E. 111. Para este tipo de ensayo se utilizó un equipo operado por un motor, polea y pesa sobre una guía tubular, Martillo tipo donut, diámetro del sondeo de 56 a 115 mm, muestreo estándar, Longitud de varillas 6 a 10 m.

En total se llevaron a cabo tres (3) sondeos, dos ubicados en el talud inferior de la calzada en la vía sentido Guapota (corona del deslizamiento) aproximadamente en las abscisas K1+500 al K1+510 a una profundidad de 9 m y otro en el talud inferior de la calzada en la vía sentido a Oiba (del deslizamiento) a una profundidad de 4,20 m obteniendo además muestras en tubo partido.

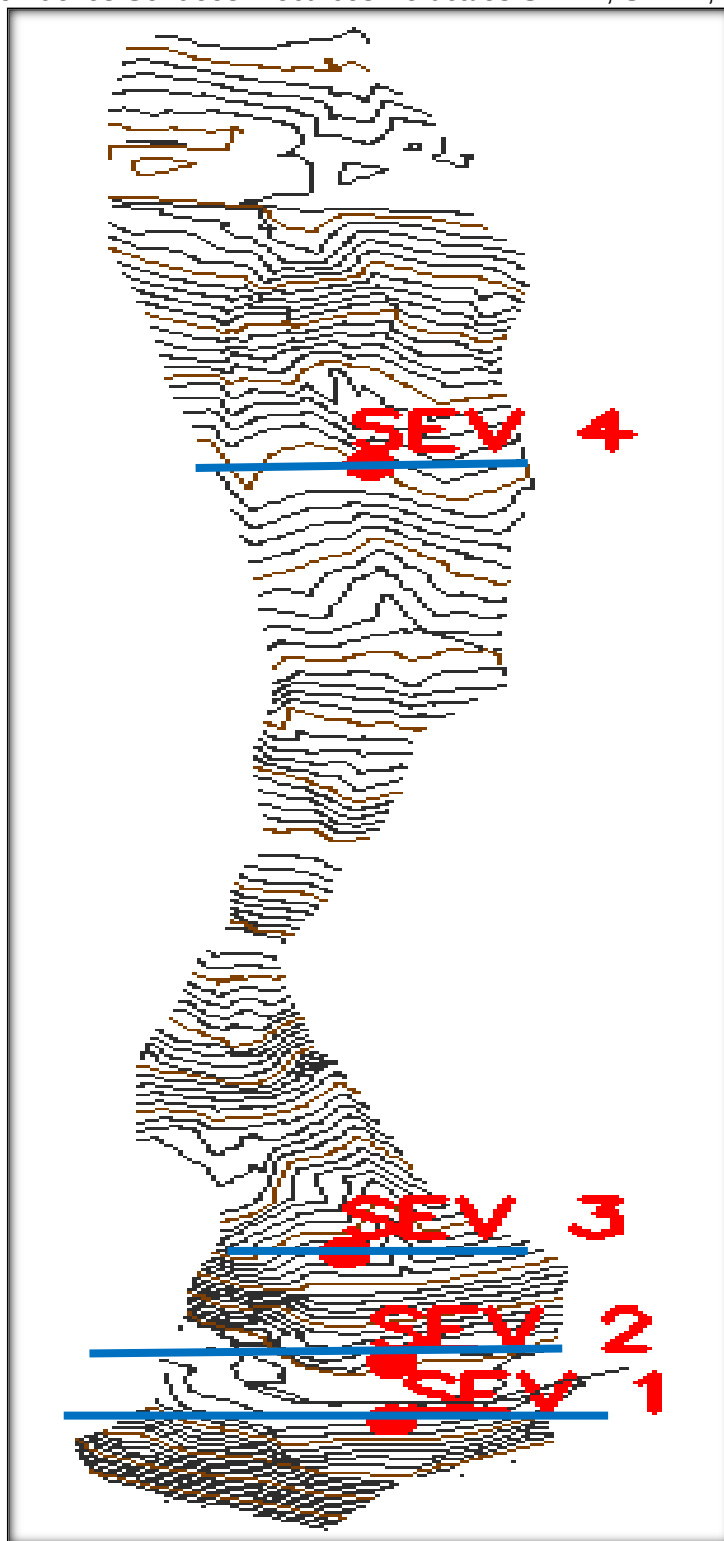
Fotografía 35. Detalle de la ejecución de los sondeos mecánicos



Fuente. Laboratorio Peña Santander SAS

La ubicación de las cuatro (4) líneas de SEV dentro del deslizamiento fue la siguiente:

Figura 27. Vista de planta del K1+500 de la vía Estación Guapotá – municipio de Guapotá con la ubicación de los Sondeos Eléctricos Verticales SEV-1, SEV-2, SEV-3 y SEV-4



Fuente. Autor

5.2.3.1 Ensayos de laboratorio

Con las muestras tomadas en campo, en total se ejecutaron 20 ensayos de laboratorio, los cuales fueron llevados a cabo en el Laboratorio de Materiales de la UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER en la ciudad de Bucaramanga. En la tabla 6 se presentan los ensayos de laboratorio efectuados durante la etapa de investigación de subsuelo.

Tabla 5. Relación de ensayos de laboratorio ejecutados

ENSAYO	No. DE ENSAYOS
Análisis granulométrico por tamizado	9
Determinación del contenido de humedad en el suelo	5
Determinación del LL, LP e IP	5
Clasificación de los suelos	5
Corte directo (humedad natural, humedad optima, humedad saturada)	12

Fuente. Autor

5.3 ESCENARIOS DE ESTABILIZACIÓN

Con base en los resultados del análisis geotécnico en diferentes escenarios y tipos de obras de control, se llevó a cabo la modelación y análisis de estabilidad usando el software SLIDE, bajo el cálculo de factores de seguridad que garanticen la estabilidad de la banca que comunica a Guapota.

Entre otros se efectuaron los siguientes modelos:

- Modelo del terreno sin la aplicación de ningún tipo de medidas para el control de deslizamiento.
- Modelo con taludes-bermas y cunetas flexibles.
- Modelo con taludes-bermas, sub-drenes horizontales y cortacorrientes.

- Modelo con taludes-bermas, sub-drenes horizontales, cortacorrientes en la pata del deslizamiento y anclajes en la parte central.

Con base en los modelos realizados, con la experiencia y conocimiento de la zona se propone el método más eficiente y viable económicamente para la remediación de la zona en movimiento a través de obras u otro tipo de alternativas.

5.4 ANÁLISIS DE LA METODOLOGÍA

- El recorrido a lo largo del deslizamiento, identifica geoformas subhorizontales a verticales sobre los sectores escarpados, áreas sin cobertura vegetal, depósitos de agua por la intervención de los procesos de intemperismo.
- La precipitación en el año 2011, tiene una marcada recurrencia con precipitaciones promedio de 30 mm/día.
- Se evidenció los aportes del área de drenaje en el talud superior del sitio del deslizamiento al igual que la deforestación del talud inferior.

6. RESULTADOS

6.1 ESTUDIO DEL SUBSUELO

Con el objeto de revisar las características físico-mecánicas e hidráulicas del subsuelo y luego de efectuar la exploración del subsuelo a través de apiques, sondeos y estudios geoelectricos y realizar los ensayos de laboratorio necesarios para identificar y clasificar los diferentes suelos y rocas, se tiene los siguientes resultados:

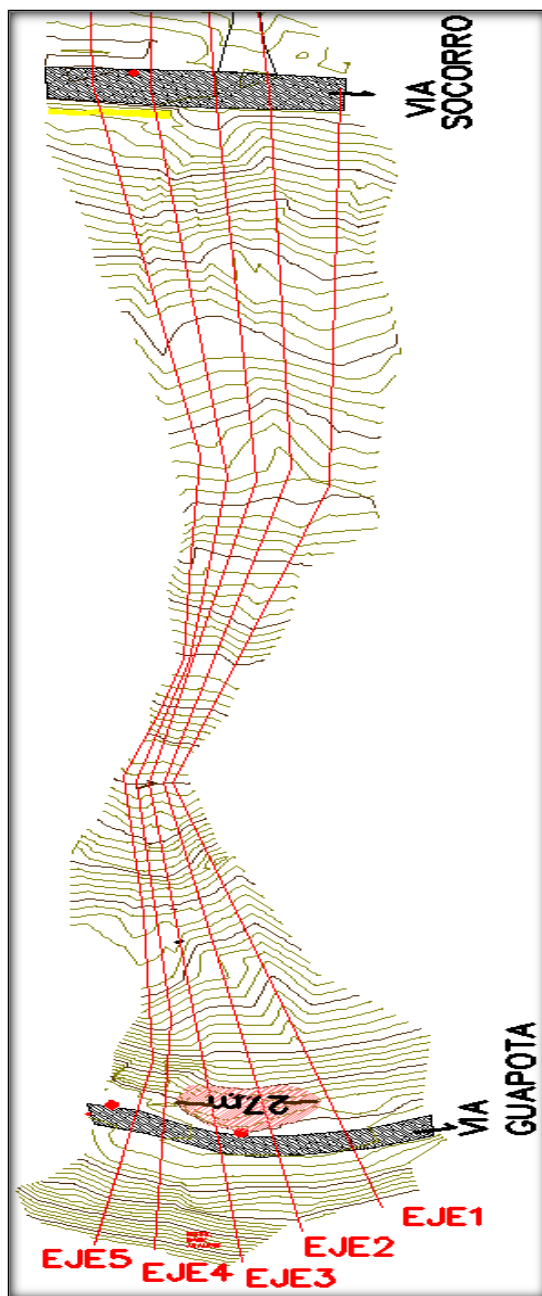
6.1.1 Levantamiento topográfico

Dentro del levantamiento topográfico se definieron 5 perfiles transversales del terreno, con el fin de identificar sus características topográficas y seleccionar las secciones más críticas para la modelación geotécnica. A continuación se muestra los perfiles ubicados en la planta topográfica, seguido de los perfiles transversales generados en la Figura 28.

En estos perfiles se identifican la elevación, pendientes promedios al igual que la tendencia de la superficie del terreno, que se presenta dentro del deslizamiento que se va a analizar.

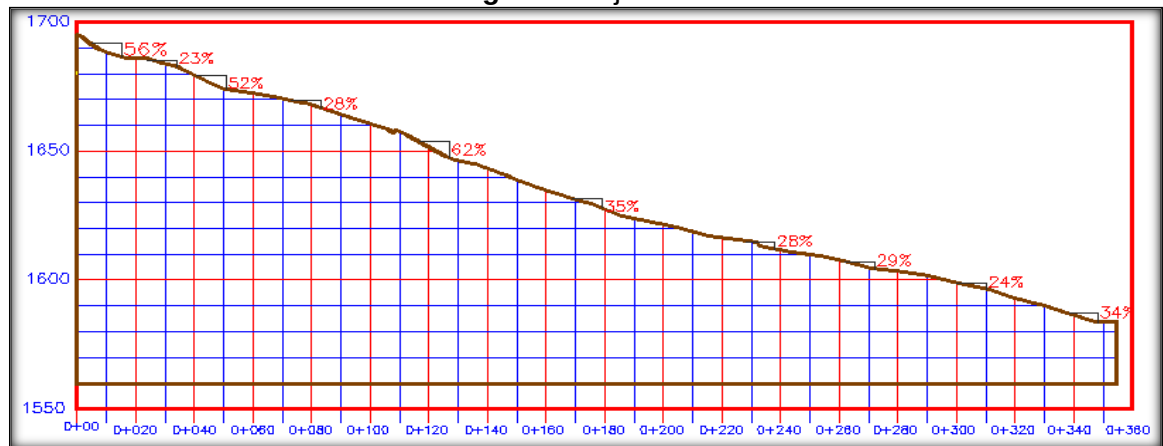
Como se puede apreciar en todos los perfiles, la mayor pendiente se presenta en la parte alta, en una longitud aproximada de 140 m con pendientes mayores del 60%.

Figura 28. Levantamiento con los ejes topográficos



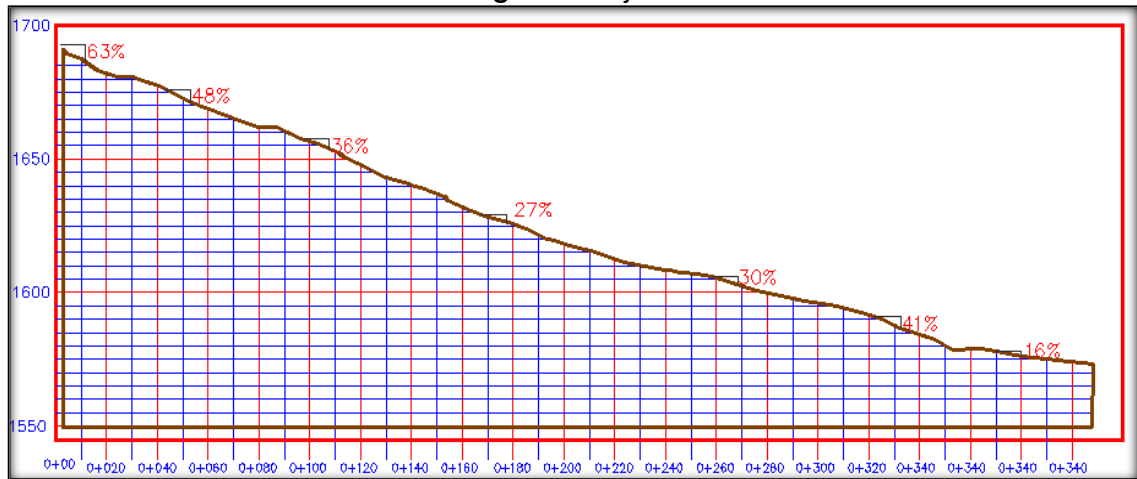
Fuente: Autor

Figura 29.Eje No. 1



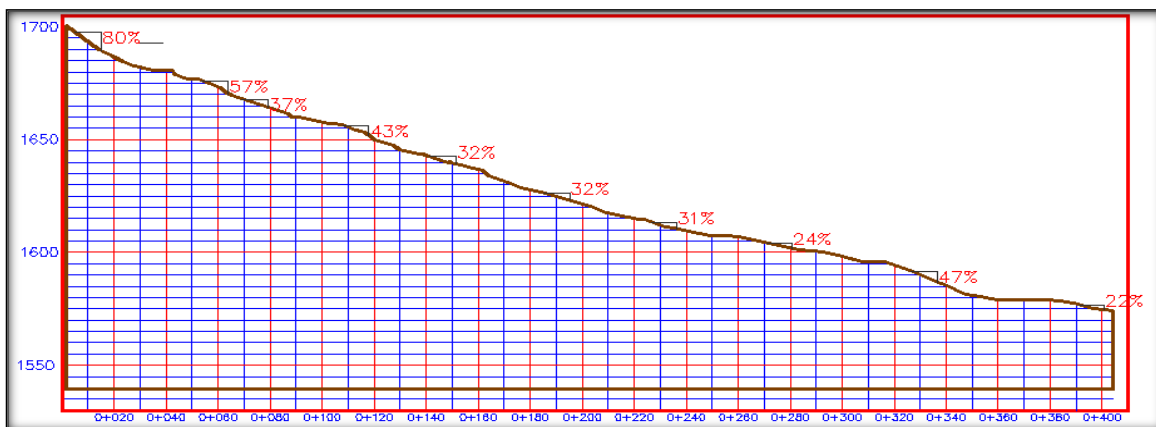
Fuente. Autor

Figura 30.Eje No. 2



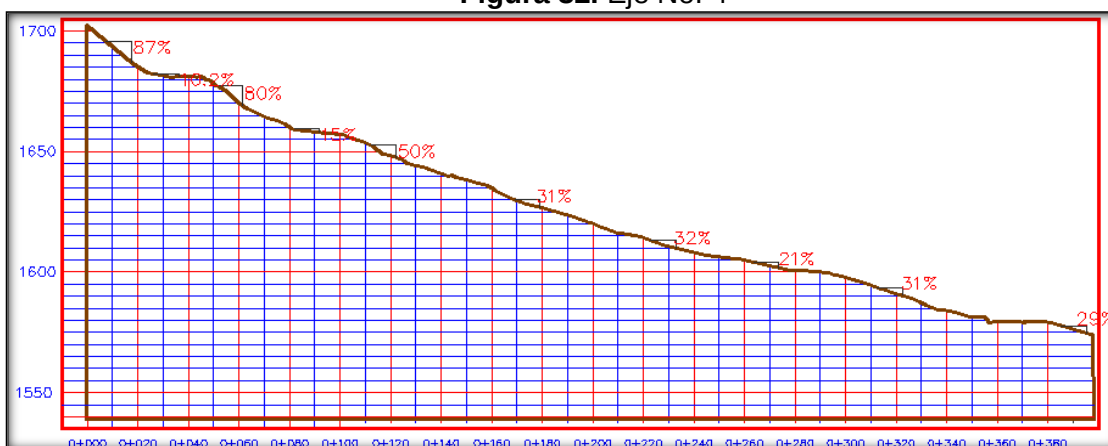
Fuente. Autor

Figura31. Eje No. 3



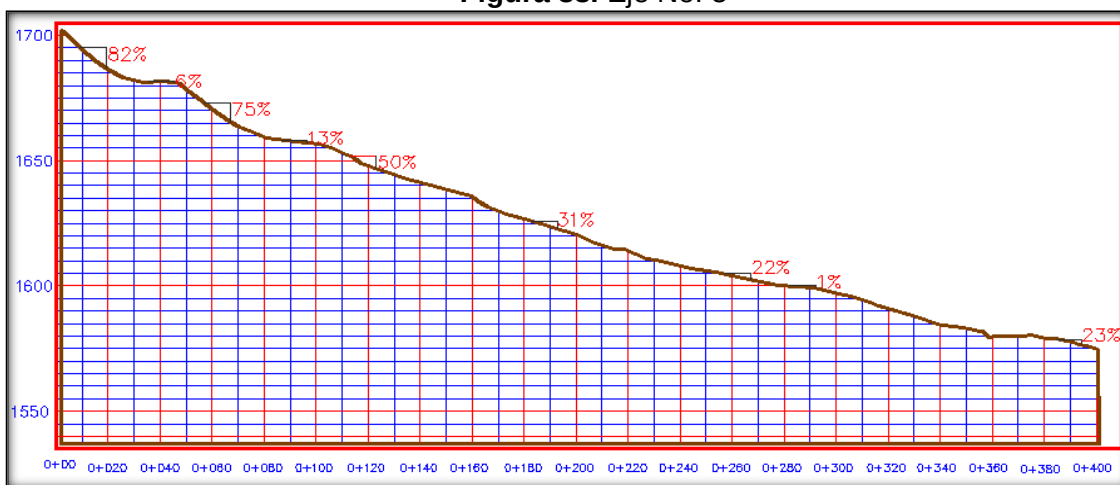
Fuente. Autor

Figura 32. Eje No. 4



Fuente. Autor

Figura 33. Eje No. 5



Fuente. Autor

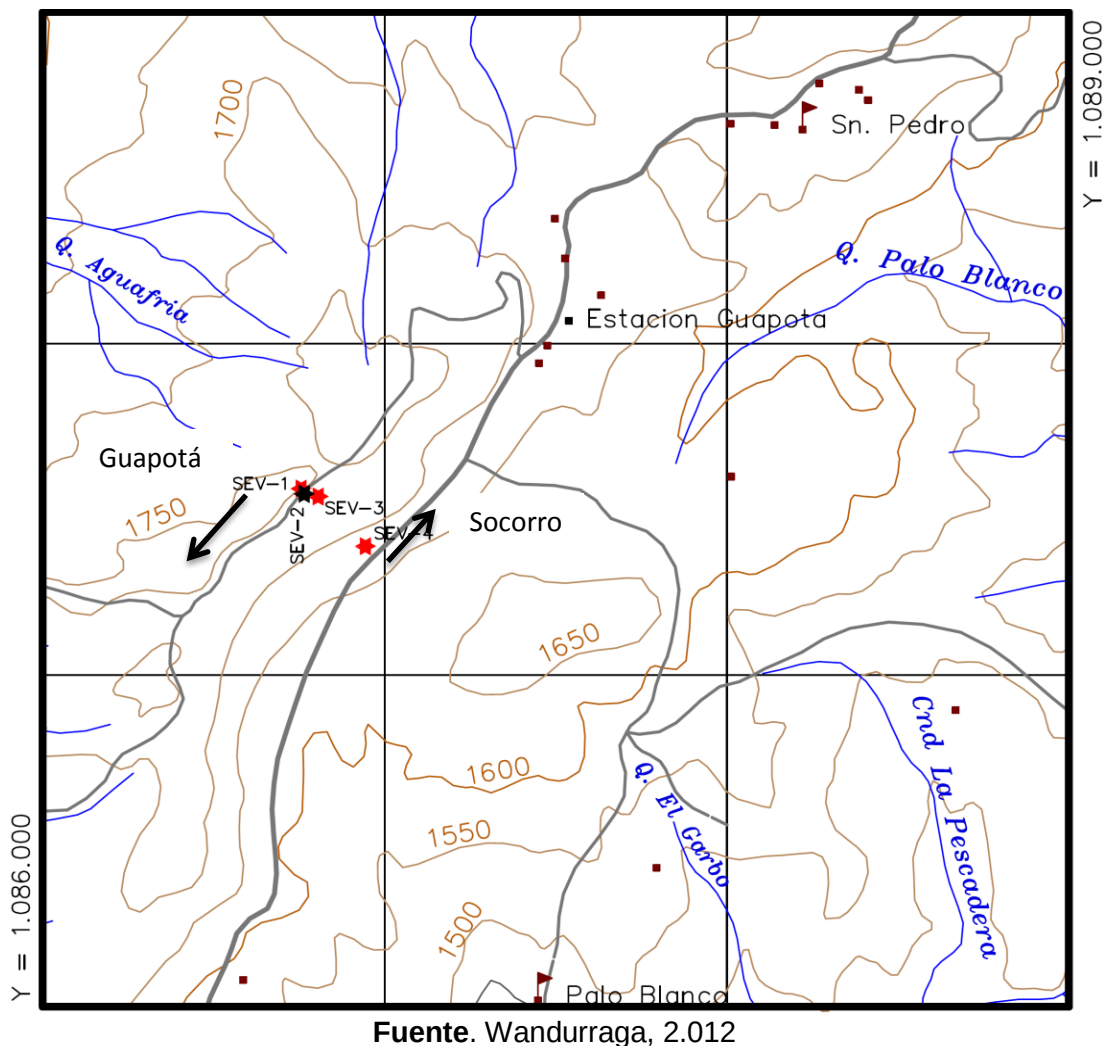
En el anexo 4 se presentan la información del levantamiento topográfico, que incluye:

- Planta general
- Perfiles del terreno

6.1.2 Sondeos Geoeléctricos

Con el objeto de estudiar la constitución y posición de los sedimentos, rocas y agua subterránea, se contrató el Geólogo CARLOS MANUEL WANDURRAGA B , utilizando la evolución de la resistividad eléctrica a través de su profundidad, se realizaron cuatro (4) líneas geoeleóctricas dentro del deslizamiento, por; como se indica en la figura 43, se ubicaron tres líneas en la parte de la corona del deslizamiento con el objeto de revisar la profundidad del macizo rocoso en el sitio de la vía que comunica a Guapota y una cuarta línea en la parte del pie del deslizamiento con el objeto de revisar la profundidad del coluvión y del macizo rocoso cerca de la vía Nacional.

Figura 34. Plano topográfico regional con la ubicación de los Sondeos Eléctricos Verticales en el K1+500 de la vía Estación Guapota al municipio de Guapotá



Las cuatro secciones Geoeléctricas se caracterizan por presentar un depósito coluvial compuesto por fragmentos heterométricos y heterogéneos de areniscas y arcillolitas embebidos en una matriz arcillo-limosa, suprayaciendo a un basamento Cretácico conformado por calizas fosilíferas y arcillosas de color negro, con niveles intercalados de arcillolitas grises a gris azulado, calcáreas, fosilíferas, en capas medianas a gruesas, con intercalaciones de arenisca arcillosas, levemente calcáreas correlacionables con la Formación Tablazo. La información de resistividad da la evidencia de recurso hídrico en todas las unidades geoeléctricas.

De acuerdo con las observaciones de campo efectuadas y la interpretación de los Sondeos Eléctricos Verticales SEV-1, SEV-2, SEV-3 y SEV-4, realizados en el área de interés del coluvión, es posible obtener las siguientes conclusiones y recomendaciones:

- En general esta región genera una expresión Geomorfológica de origen denudacional-estructural de pendientes fuertes a moderadas.
- Las secciones Geoeléctricas de los Sondeos Eléctricos Verticales presentan una litología correspondiente a rocas sedimentarias marinas del Cretáceo conformado por calizas fosilíferas y arcillosas de color negro, con niveles intercalados de arcillolitas grises a gris azulado, calcáreas, fosilíferas, en capas medianas a gruesas, con intercalaciones de arenisca arcillosas, levemente calcáreas correlacionables con la Formación Tablazo, infrayaciendo a un depósito coluvial compuesto por fragmentos heterométricos y heterogéneos de areniscas y arcillolitas embebidos en una matriz arcillo-limosa.
- Las unidades Geoeléctricas en general se encuentran con bastante humedad tanto en el depósito coluvial como en el basamento metamórfico.
- La zona principal de recarga parece ser el resultado de la infiltración directa de las precipitaciones que ocurren en el área, el aporte de las aguas precipitadas en la zona montañosa durante la estación lluviosa, las aguas provenientes de la infiltración de las corrientes superficiales existentes. La escorrentía superficial fluye sobre una topografía de pendientes empinadas a fuertes, que permiten una elevada infiltración hacia zonas más profundas.

- En general en los sitios investigados geoelectricamente, se permite observar meteorización y fracturamiento en el basamento debido al tectonismo presente en la zona.
- Las unidades III y IV del SEV-1 y todas las unidades geoelectricas de los SEV-2, SEV-3 y SEV-4 presentan bastante recurso.
- Las rocas del basamento están buzando hacia el Noroeste, las cuales no están favoreciendo el movimiento coluvial.
- En el siguiente cuadro se presenta un resumen Geológico-Geotécnico de la investigación geoelectrica realizada para los sitios donde se ejecutaron los Sondeos Eléctricos Verticales:

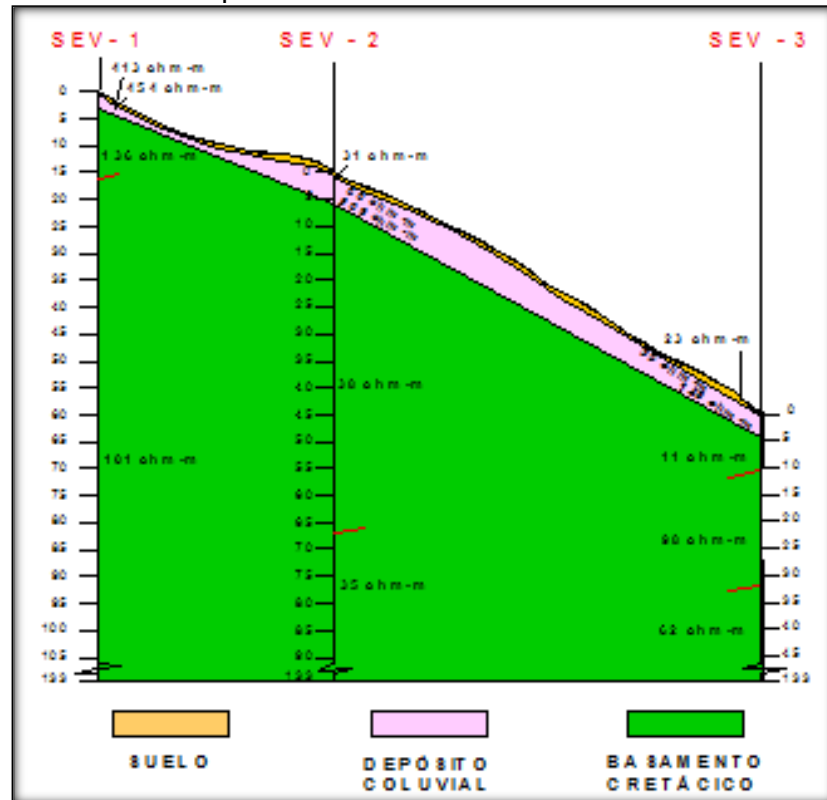
Tabla 6. Resumen de los sondeos eléctricos verticales

SITIO SONDEO	SUELO Desde - Hasta	SUELO RESIDUAL Desde - Hasta	COLUVIÓN Desde – Hasta	BASAMENTO A partir de:
SEV -1	-	-	0,00 - 2,60	2,6
SEV – 2	-	-	0,00 - 6,30	6,3
SEV – 3	-	-	0,00 - 4,40	4,4
SEV – 4	-	-	0,00 - 16,20	16,2

Fuente. Autor

- El grado de meteorización va disminuyendo a medida que se profundiza la roca hasta llegar a la roca fresca.
- El depósito coluvial es bastante espeso hacia la Vía Nacional y disminuye hacia la corona (ver Perfil Geoelectrico esquemático en el Anexo 3 entre los SEV-1, SEV-2 y SEV-3, y además observar la profundidad del basamento rocoso en el SEV-4).

Figura 35. Perfil eléctrico para el sector inestable del K1+500 via Nacional –Guapotá



Fuente. Autor

6.1.3 Sondeos Mecánicos

Los ensayos de SPT de la parte de la corona del deslizamiento, dos en total fueron realizados por el Consorcio PI Ltda.- Rafael Zafra y uno en el pie del deslizamiento por laboratorios Peña de Santander, cuyos perfiles estratigráficos se muestran en el Anexo 2.

Los resultados de los golpes de los tres sondeos se presentan a continuación:

Tabla 7. Resumen de ensayos SPT

NUMERO DE SONDEO	PROFUNDIDAD													
	Desde 0 m hasta 1 m	Desde 1 m hasta 2 m	Desde 2 m hasta 3 m	Desde 3 m hasta 4 m	Desde 4 m hasta 5 m	Desde 5 m hasta 6 m	Desde 6 m hasta 7 m	Desde 7 m hasta 8 m	Desde 8 m hasta 9 m	Desde 9 m hasta 9,50 m				
1	6 6	7 7	7 5	15 20	20 35	45 98	R	R	R					
2	11 16	6 7	7 12	6 10	11 12	26 28	7 14	16 19	42 62	99				
3	2 2	2 3	3 4	3 5	4 5									

Fuente. Autor

6.1.4 Ensayos de laboratorio

A cada uno de los sondeos efectuados se le realizó la descripción detallada de las muestras obtenidas en campo y los resultados son los siguientes:

Tabla 8. Resumen de ensayos plasticidad, sondeo N° 1

SONDEO No 1.	PROFUNDIDAD									
		Desde 0 m hasta 1 m	Desde 1 m hasta 2 m	Desde 2 m hasta 3 m	Desde 3 m hasta 4 m	Desde 4 m hasta 5 m	Desde 5 m hasta 6 m	Desde 6 m hasta 7 m	Desde 7 m hasta 8 m	Desde 8 m hasta 9 m
	LL	29	29	32	32	31	30			35
	LP	21,7	21,7	22,7	22	21,9	19,9			23,7
	IP	7,3	7,3	9,3	10	9,1	10,1			11,3
	ω Natural	28,9	28,9	35,4	19,5	29,1	19,1			21,2
	Índice de Liquid	1	1	1,4	-0,3	0,8	-0,1			-0,2
	USC	CL	CL	CL	CL	CL	CL			CL
	RESISTEN CIA A LA COMPRESION EN NUCLEOS DE PERFORA CION							3488,41 psi	3488,41 psi	

Fuente. Autor

Tabla 9. Resumen de ensayos plasticidad, sondeo N° 2

SONDEO No 2.	PROFUNDIDAD							
		Desde 0 m hasta 1 m	Desde 1 m hasta 2 m	Desde 2 m hasta 3 m	Desde 3 m hasta 4 m	Desde 4 m hasta 5 m	Desde 5 m hasta 6 m	Desde 6 m hasta 7 m
	LL	47	47	31	33	32	33	35
	LP	20,5	20,5	22,3	22,9	21,6	23,2	23,7
	IP	26,5	26,5	8,7	10,1	10,4	9,8	11,3
	ω Natural	25,3	25,3	28,6	21,8	19,1	23,9	21,2
	USC	CL	CL	CL	CL	CL	CL	CL

NOTA. A Profundidad 7 y 8 m no se toma muestra

Fuente. Autor

Tabla 10. Resumen de ensayos plasticidad, sondeo N° 3

SONDEO No 3.	PROFUNDIDAD		
	Desde 0 m hasta 0,75 m	Desde 0,75 m hasta 3,5 m	
	LL	42	50
	LP	28,74	34,02
	IP	13,26	15,98
	ω Natural	32,5	36,5
	USC	OL	ML

Fuente. Autor

En cuanto a las muestras obtenidas en los apiques, se hizo caracterización de los mismos y se hicieron ensayos de corte directo en condiciones natural, saturada y optima, los resultados fueron los siguientes:

Tabla 11. Resultados de laboratorio para los apiques

	APIQUE 1	APIQUE 2	APIQUE 4	APIQUE 5
GRAVAS(%)	4,81	6,74	2,42	0,57
ARENAS(%)	17,12	14,11	5,25	15,44
FINOS(%)	78,07	79,15	92,33	83,99
LIMITE LIQUIDO	49%	42%	45%	42%
ÍNDICE PLÁSTICO	18%	13%	16%	14%
CLASIFICACIÓN	ML	ML	ML	ML
HUMEDAD NATURAL				
Ø pico	21	20	21	20
C pico (kg/m2)	7365,20	3691,80	6628,70	3121,00
W%	31	33	31	34
δ (gr/cm3)	1,59	1,75	1,71	1,71
HUMEDAD SATURADA				
Ø pico	19	17	18	18
C pico (kg/m2)	7644,14	966,68	2246,40	2246,40
W%	33	35	36	38
δ (gr/cm3)	1,82	1,92	1,80	1,97
HUMEDAD OPTIMA				
Ø residual	20	25	19	22
C residual (kg/m2)	7991,20	4861,00	9096,00	4575,60
W%	17,5	17,5	20,9	16,6
δ (gr/cm3)	2,02	1,97	1,76	1,97

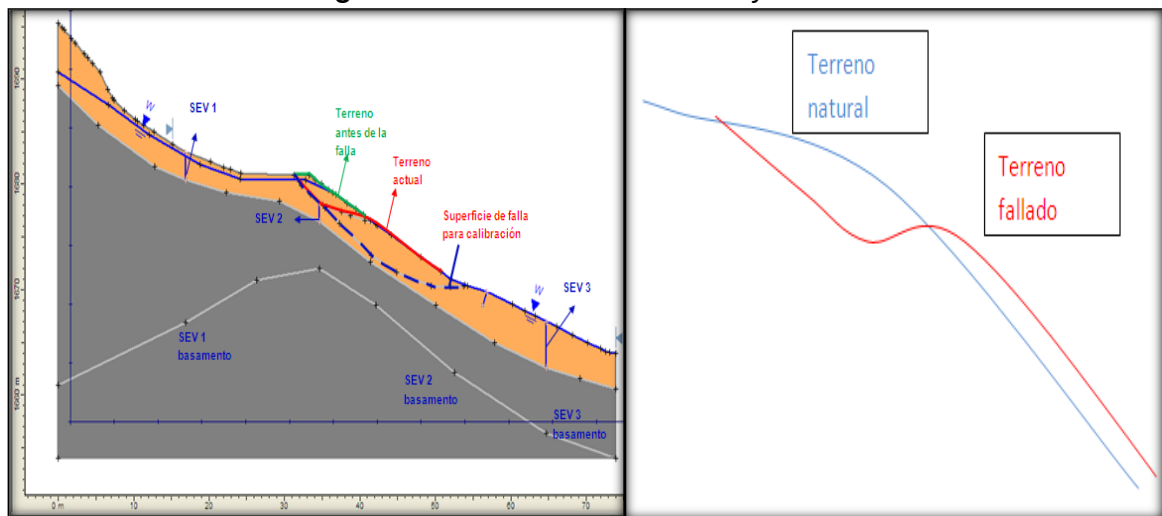
Fuente. Autor

Los resultados de los ensayos de laboratorio se presentan en el anexo 3. Una vez obtenidos los parámetros geotécnicos necesarios para la caracterización de sector y con los parámetros establecidos a través de los ensayos, se procedió a efectuar el proceso de modelamiento.

6.2 VALIDACIÓN DEL MODELO GEOLÓGICO-ESTABILIDAD

Con el fin de realizar una validación del modelo geológico obtenido se desarrolla un método denominado back-análisis, el cual consiste en realizar varias iteraciones estadísticas de cada uno de los perfiles, buscando simular el actual comportamiento morfo dinámico de la ladera, hasta obtener unas propiedades y factores que se asemejen al comportamiento actual del terreno.

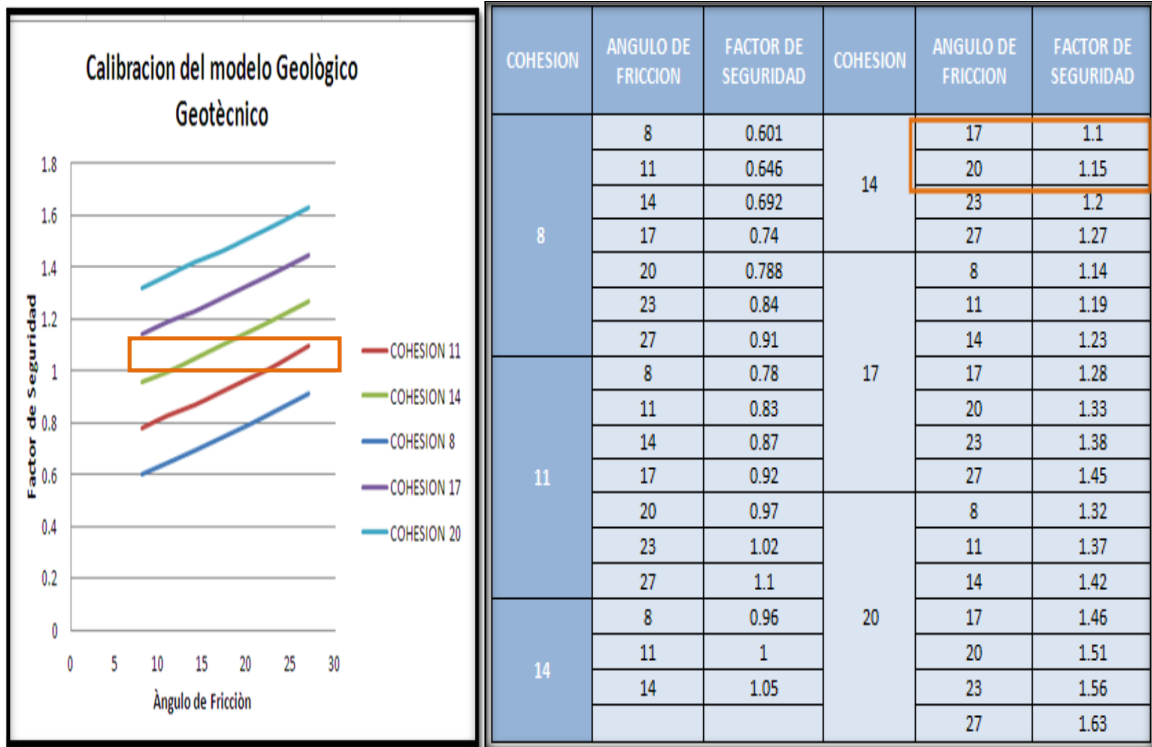
Figura 36. Perfil del terreno inicial y su falla



Fuente. Autor

Los factores de seguridad obtenidos para diferentes valores de cohesión y de ángulo de fricción, son los siguientes:

Figura 37.Resultados Factores de seguridad Back Análisis



Fuente. Autor

6.3 ANÁLISIS DE ESTABILIDAD

Usando el Software SLIDE se realiza el análisis de estabilidad para los perfiles No. 1, 2 y 3, que topográficamente se aprecian están afectados de mayor manera por el eje de drenaje principal y tienen las condiciones más críticas. Las propiedades establecidas para el suelo superficial, roca y coluvión son las siguientes:

Figura 38. Propiedades de los materiales

The screenshot shows the 'Define Material Properties' dialog box for the 'SUELO SUPERFICIAL' material. The 'Name' field is 'SUELO SUPERFICIAL', 'Colour' is yellow, and 'Hatch' is black. 'Unit Weight' is 16 kN/m3, and 'Saturated U.W.' is 20 kN/m3. 'Strength Type' is 'Mohr-Coulomb' with the formula $\tau = c' + \sigma'_n \tan \phi$. 'Strength Parameters' include 'Cohesion' at 14 kN/m2 and 'Phi' at 20 degrees. 'Water Parameters' show 'Water Surface' as 'Water Table' and 'Hu' as 'Custom' with a value of 1. Buttons at the bottom include 'Copy To...', 'OK', and 'Cancel'.

The screenshot shows the 'Define Material Properties' dialog box for the 'ROCA' material. The 'Name' field is 'ROCA', 'Colour' is grey, and 'Hatch' is black. 'Unit Weight' is 19 kN/m3, and 'Saturated U.W.' is 20 kN/m3. 'Strength Type' is 'Infinite Strength' with the formula $\tau = \infty$. The 'Strength Parameters' section is empty. 'Water Parameters' show 'Water Surface' as 'Water Table' and 'Hu' as 'Custom' with a value of 1. Buttons at the bottom include 'Copy To...', 'OK', and 'Cancel'.

Fuente. Autor, Software SLIDE

Define Material Properties

☒ SUELO SUPERFICIAL
 ☐ ROCA
 ☒ SUELO COLUVIAL

Name:
 Colour:
 Hatch:

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

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

Strength Parameters:

 Cohesion: kN/m²
 Phi: degrees

Water Parameters:

 Water Surface:
 Hu:

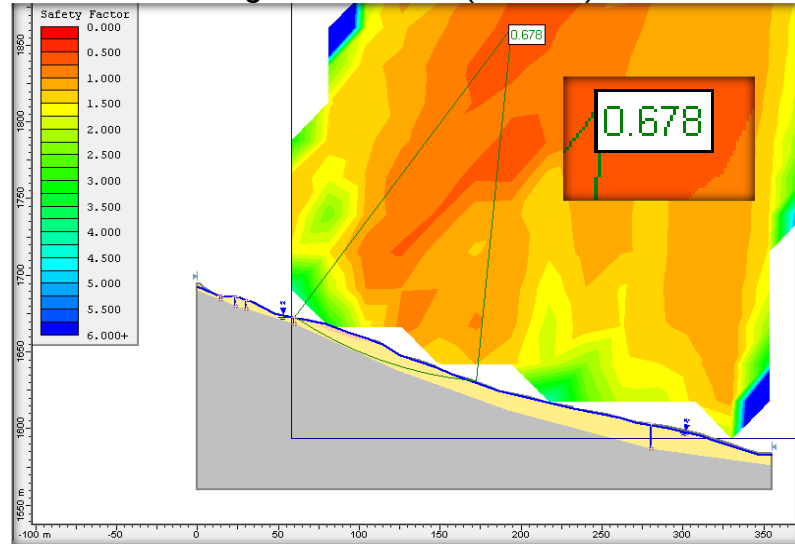
Fuente. Autor, Software SLIDE

A nivel de estabilidad los resultados obtenidos para las diferentes opciones analizadas son:

6.3.1 Terreno sin la aplicación de ningún tipo de medidas para el control de deslizamiento

6.3.1.1 Modelamiento Estático

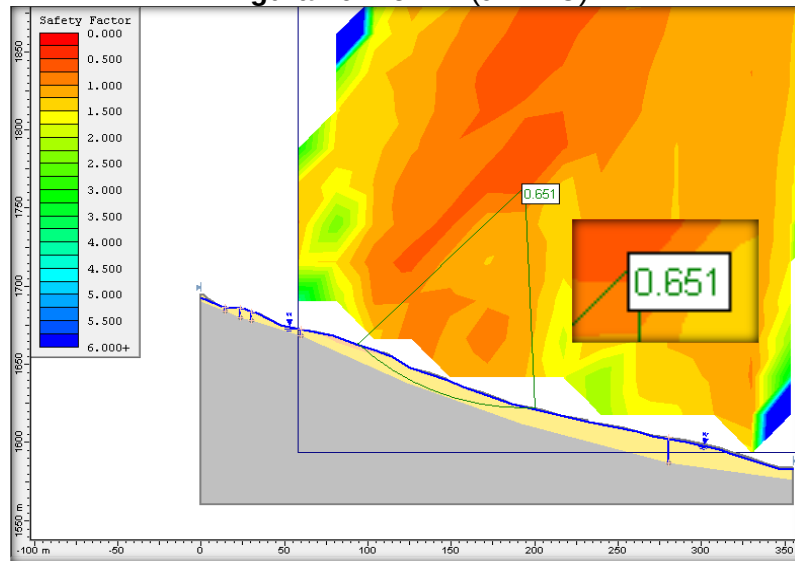
Figura 39. Perfil 1 (BISHOP)



Observaciones: F.S:0,678<FS Código

Fuente. Autor, Software SLIDE

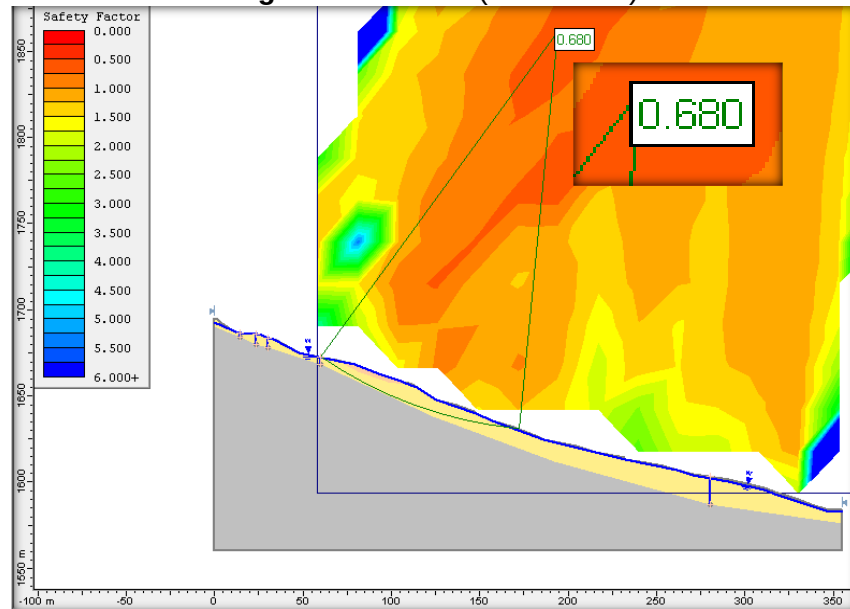
Figura 40. Perfil 1 (JAMBU)



Observaciones: F.S:0,651<FS CódigoNSR-10 No cumple

Fuente. Autor, Software SLIDE

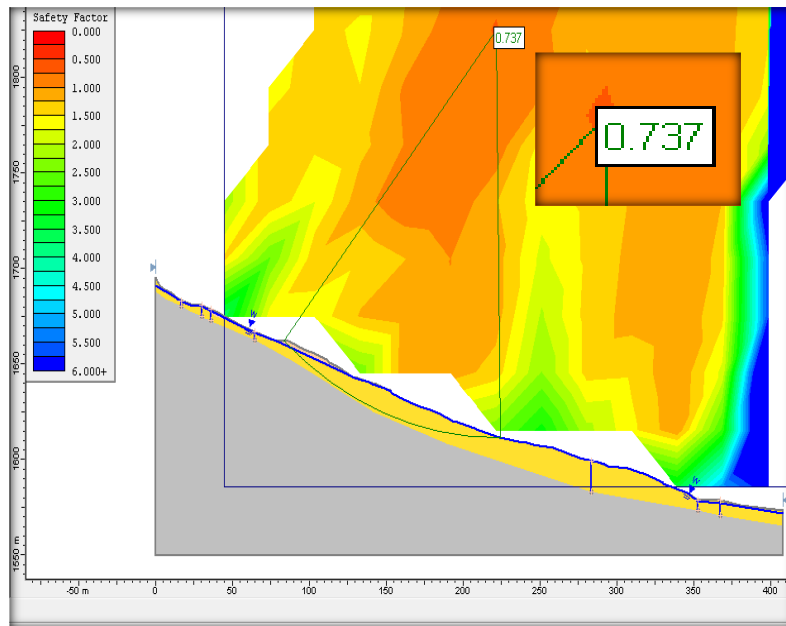
Figura 41. Perfil 1 (SPENCER)



Observaciones: F.S:0,680<FS Código NSR -10 No cumple

Fuente. Autor, Software SLIDE

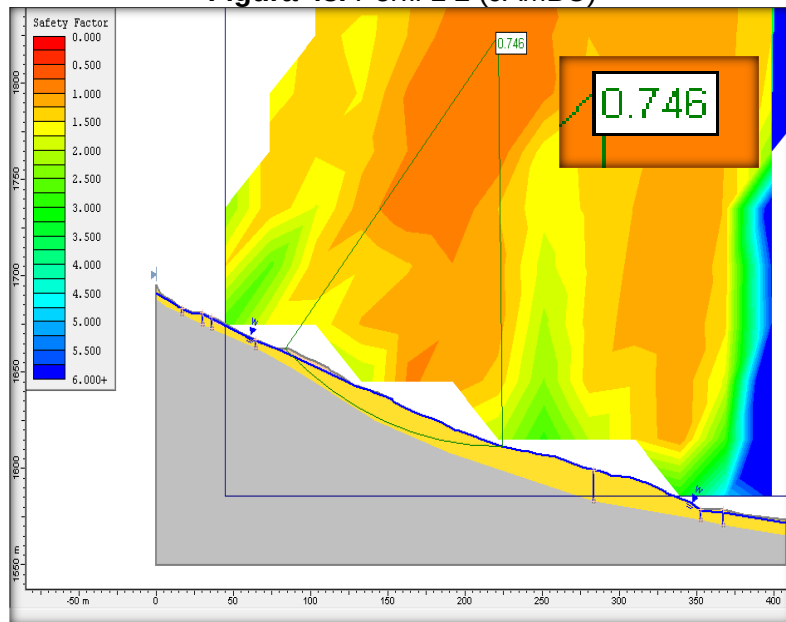
Figura 42. Perfil 2 (BISHOP)



Observaciones: F.S:0,737<FS Código NSR -10 No cumple

Fuente. Autor, Software SLIDE

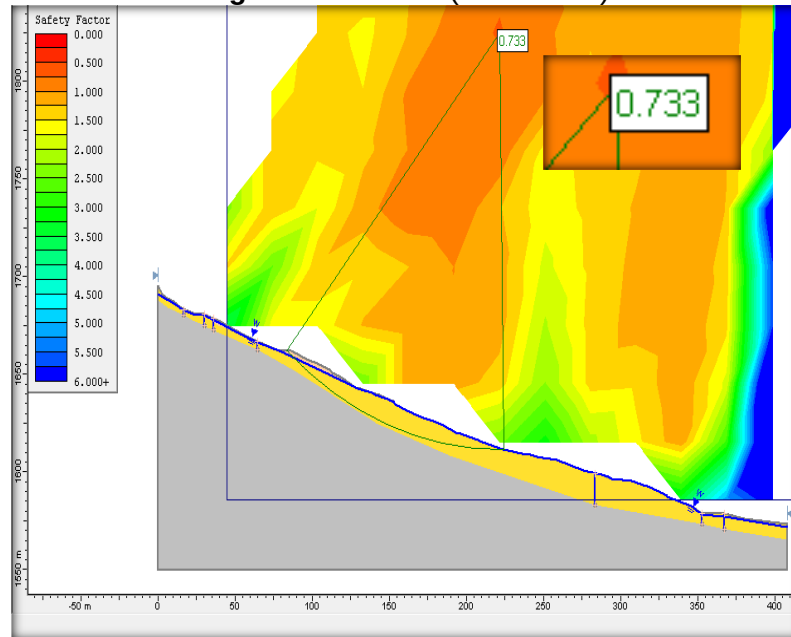
Figura 43. Perfil L 2 (JAMBU)



Observaciones: F.S:0,746<FS Código NSR -10 No cumple

Fuente. Autor, Software SLIDE

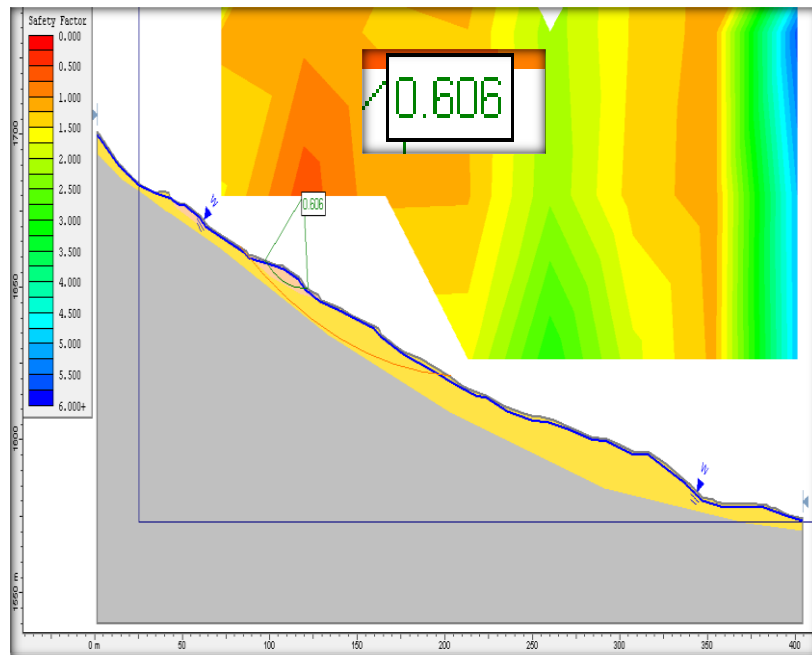
Figura 44. Perfil 2 (SPENCER)



Observaciones: F.S:0,733<FSCódigoNSR-10 No cumple

Fuente. Autor, Software SLIDE

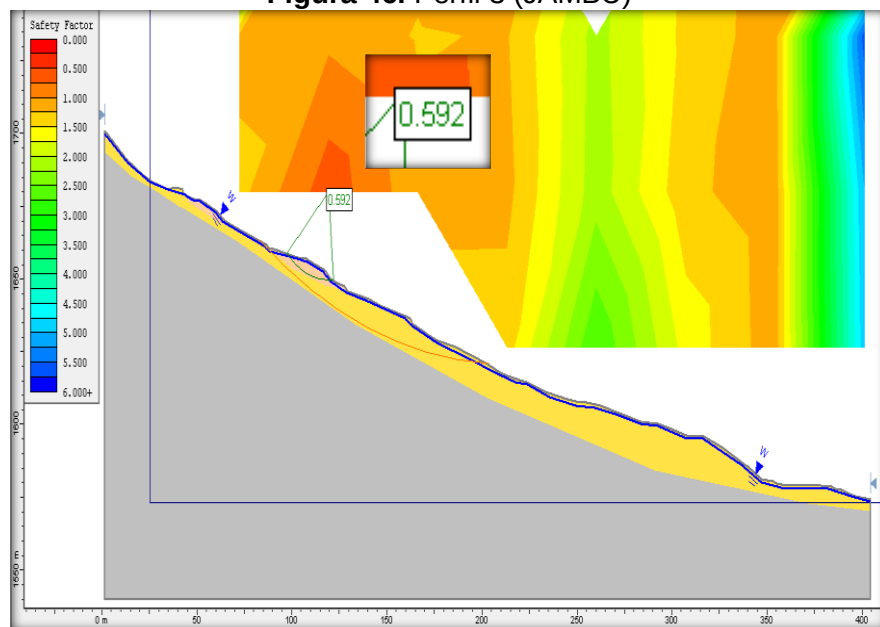
Figura 45. Perfil 3 (BISHOP)



Observaciones: F.S:0,606<FSCódigoNSR-10 No cumple

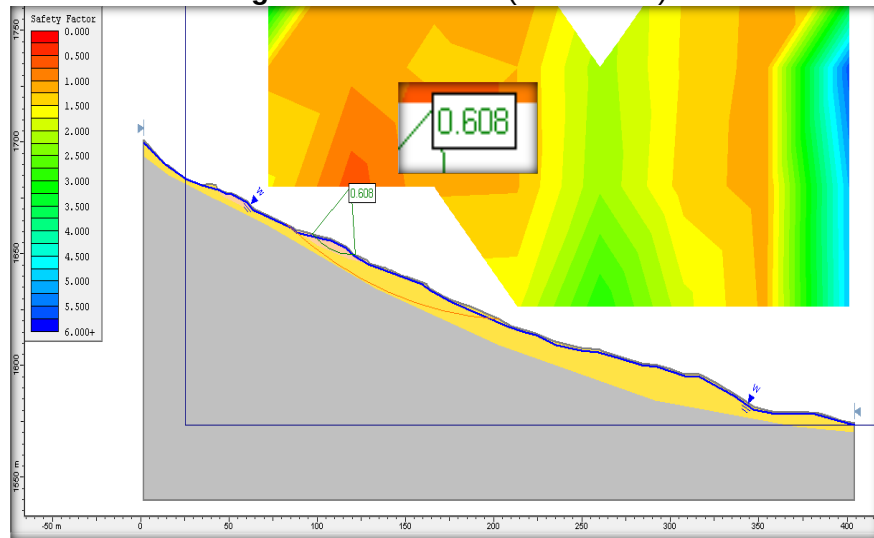
Fuente. Autor, Software SLIDE

Figura 46. Perfil 3 (JAMBU)



Observaciones: F.S:0,592<FSCódigoNSR-10 No cumple

Fuente. Autor, Software SLIDE
Figura 47. PERFIL 3 (SPENCER)



Observaciones: F.S:0,608<FSCódigoNSR-10 No cumple

Fuente. Autor, Software SLIDE

Para cada uno de los perfiles se obtuvieron los siguientes resultados:

Tabla 12. Resultados Factores de Seguridad Modelamiento Estático

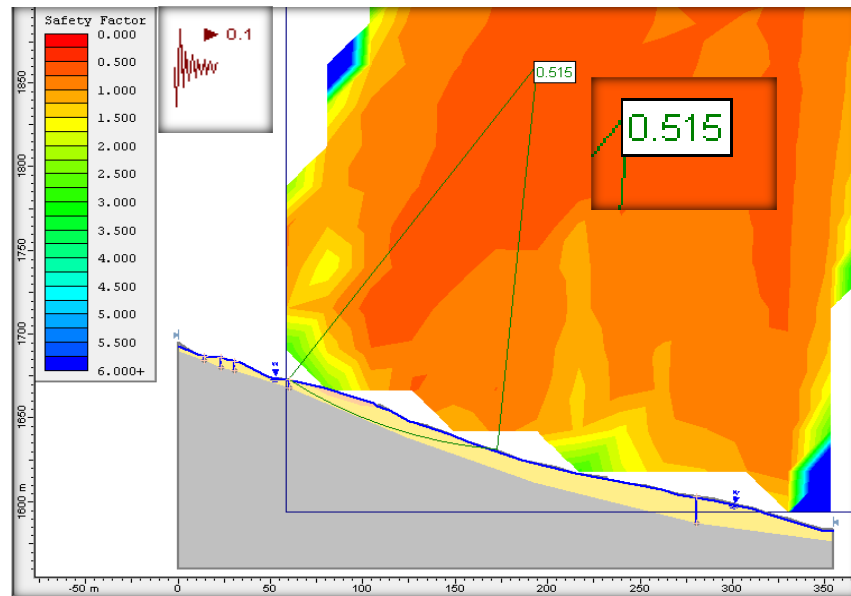
PERFIL 1	
MÉTODO	FS Determinístico
BISHOP	0,678
JAMBU	0,651
SPENCER	0,68
PERFIL 2	
MÉTODO	FS Determinístico
BISHOP	0,737
JAMBU	0,746
SPENCER	0,733
PERFIL 3	
MÉTODO	FS Determinístico

BISHOP	0,606
JAMBU	0,592
SPENCER	0,608

Fuente. Autor

6.3.1.2 Modelamiento Pseudostático

Figura 48. Perfil 1 (BISHOP)

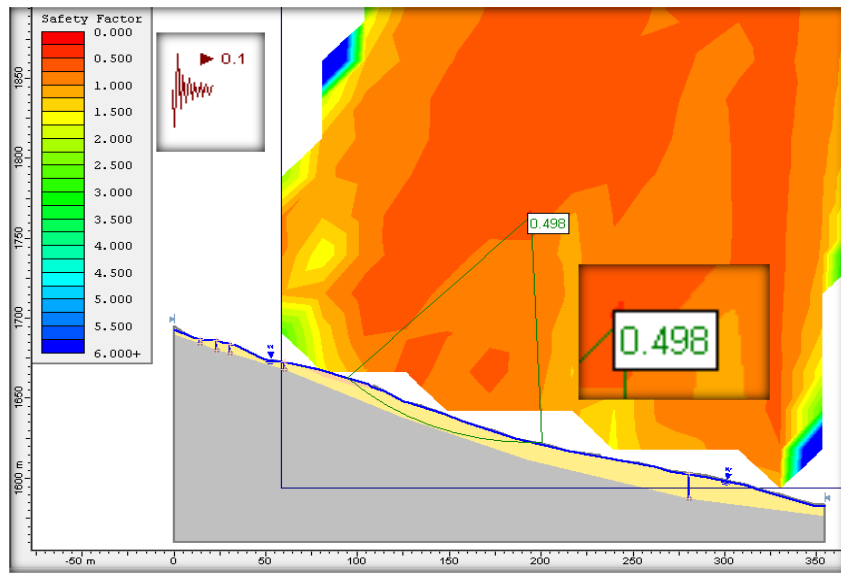


OBSERVACIONES: F.S:0,515<FSCódigoNSR-10 No cumple

Fuente. Autor, Software SLIDE

Figura

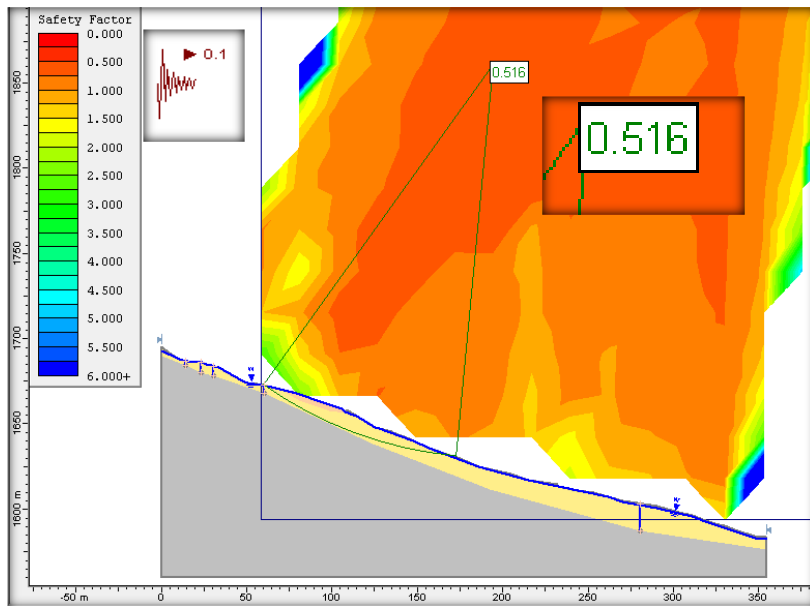
49. PERFIL 1 (JAMBU)



OBSERVACIONES: F.S:0,498<FSCódigoNSR-10 No cumple

Fuente. Autor, Software SLIDE

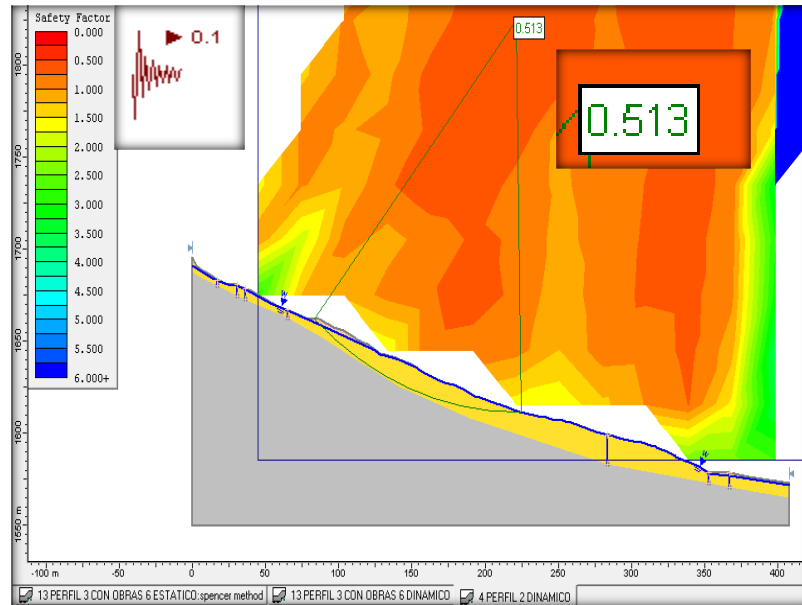
Figura 50. PERFIL 1 (SPENCER)



OBSERVACIONES: F.S:0,516<FSCódigoNSR-10 No cumple

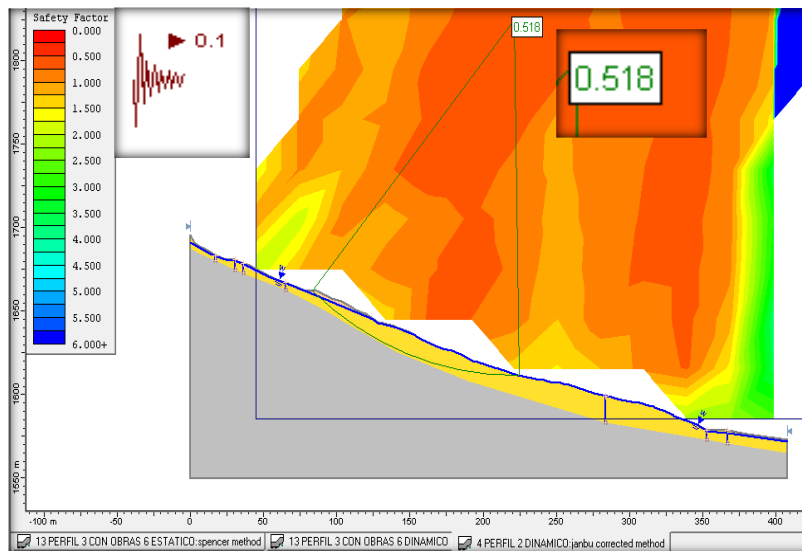
Fuente. Autor, Software SLIDE

Figura 51. Perfil 2 (BISHOP)



OBSERVACIONES: F.S:0,513<FSCódigoNSR-10 No cumple

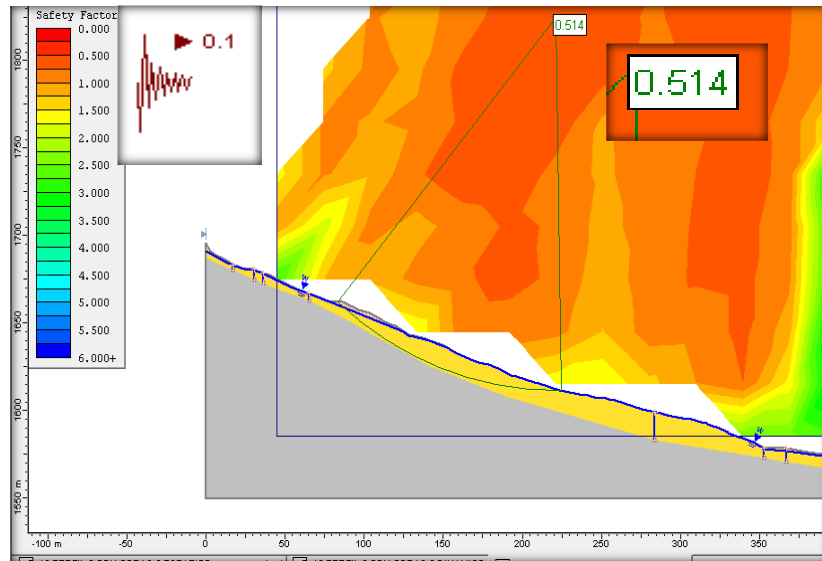
Fuente. Autor, Software SLIDE
Figura 52. Perfil 2 (JAMBU)



OBSERVACIONES: F.S:0,518<FSCódigoNSR-10 No cumple

Fuente. Autor, Software SLIDE

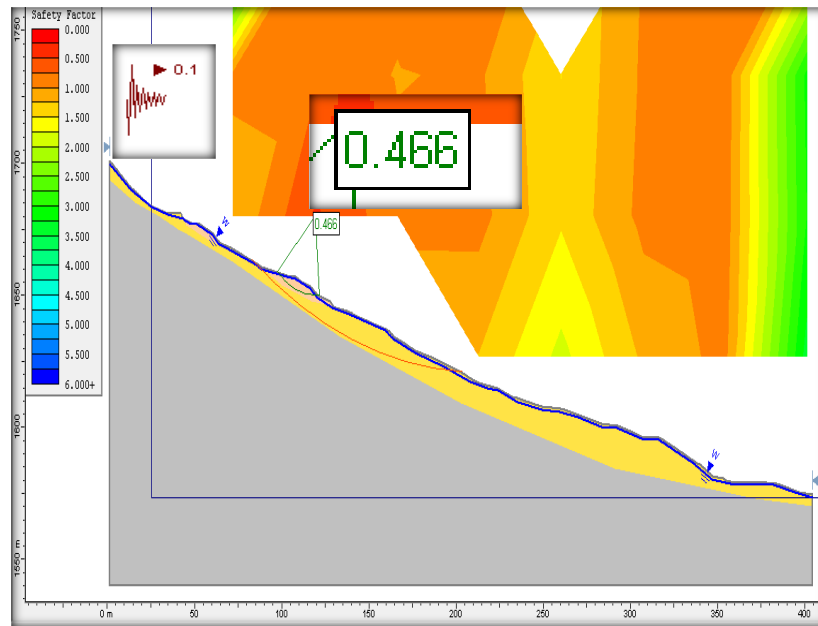
Figura 53. Perfil 2 (SPENCER)



OBSERVACIONES: F.S:0,514<FSCódigoNSR-10 No cumple

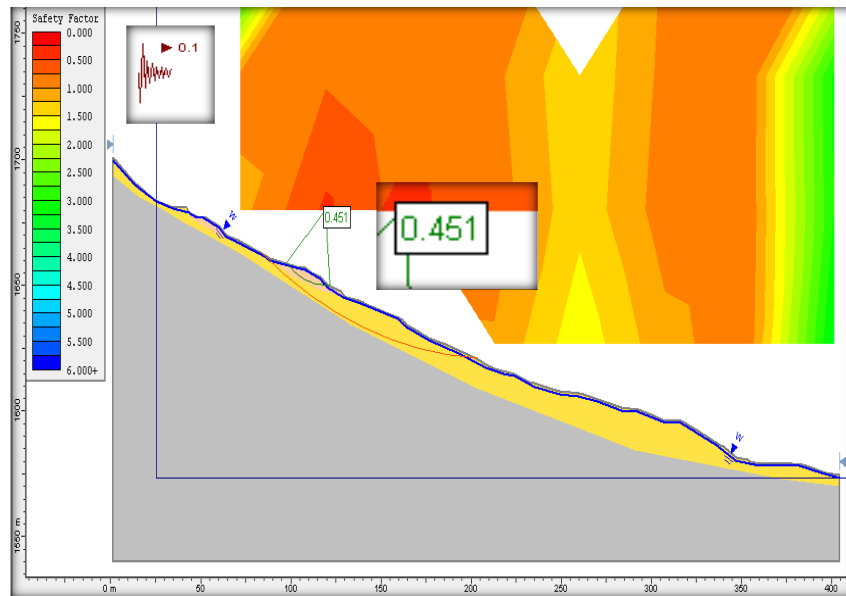
Fuente. Autor, Software SLIDE

Figura 54. Perfil 3 (BISHOP)



OBSERVACIONES: F.S:0,466<FSCódigoNSR-10 No cumple

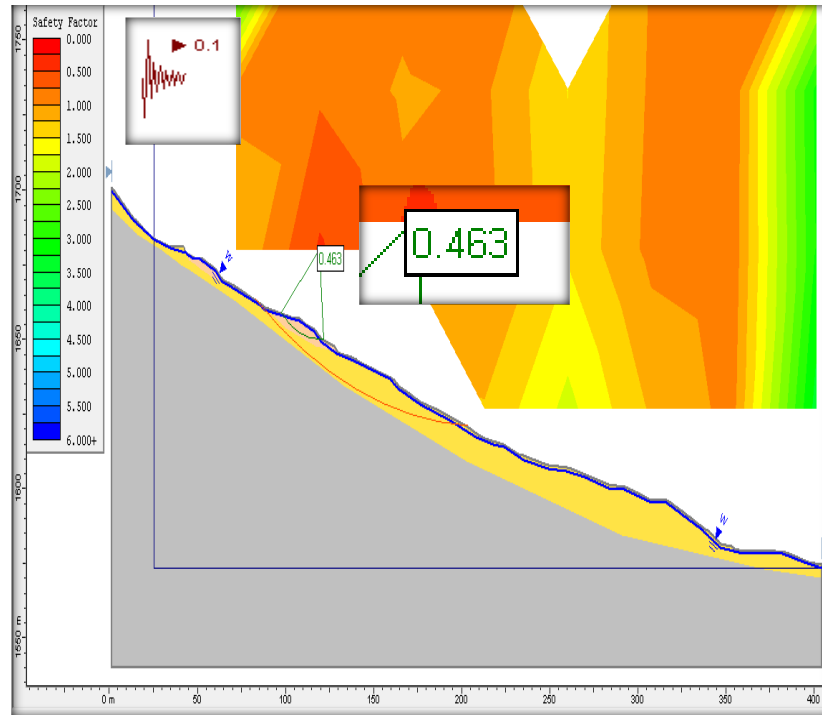
Fuente. Autor, Software SLIDE
Figura 55. Perfil 3 (JAMBU)



OBSERVACIONES : F.S:0,451<FS CódigoNSR-10 No cumple

Fuente. Autor, Software SLIDE

Figura 56. Perfil 3 (SPENCER)



OBSERVACIONES: F.S:0,463<FSCódigoNSR-10 No cumple

Fuente. Autor, Software SLIDE

Para cada uno de los perfiles se obtuvieron los siguientes resultados:

Tabla 13. Resultados Factores de Seguridad Modelamiento Pseudostático

PERFIL 1	
MÉTODO	FS Determinístico
BISHOP	0,515
JAMBU	0,498
SPENCER	0,516
PERFIL 2	

MÉTODO	FS Determinístico
BISHOP	0,737
JAMBU	0,746
SPENCER	0,733
PERFIL 3	
MÉTODO	FS Determinístico
BISHOP	0,466
JAMBU	0,451
SPENCER	0,463

Fuente. Autor

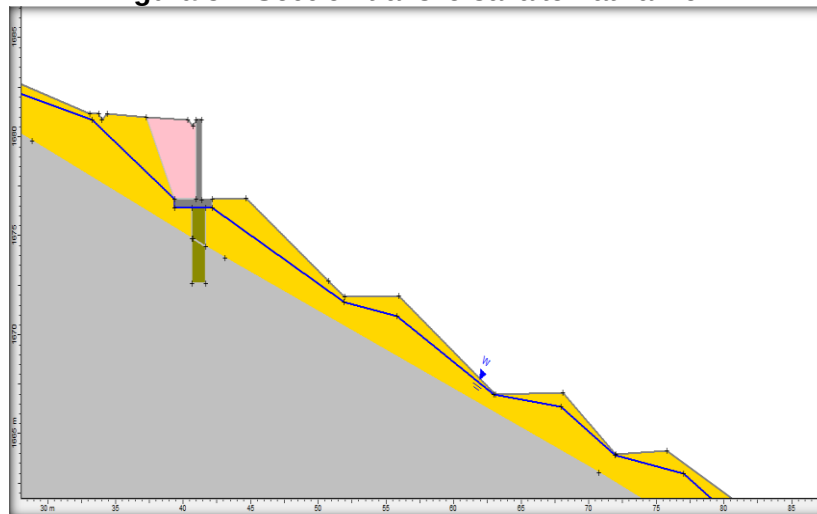
6.3.2 Terreno con la Aplicación de Medidas para el Control de Deslizamiento

Se plantean tres alternativas de control de deslizamiento, sobre el eje 3 teniendo en cuenta que en los modelamientos estático y dinámico sin obras, este eje obtuvo los menores Factores de Seguridad.

Las alternativas propuestas son las siguientes:

➤ ALTERNATIVA 1

Figura 57. Sección transversal alternativa No. 1

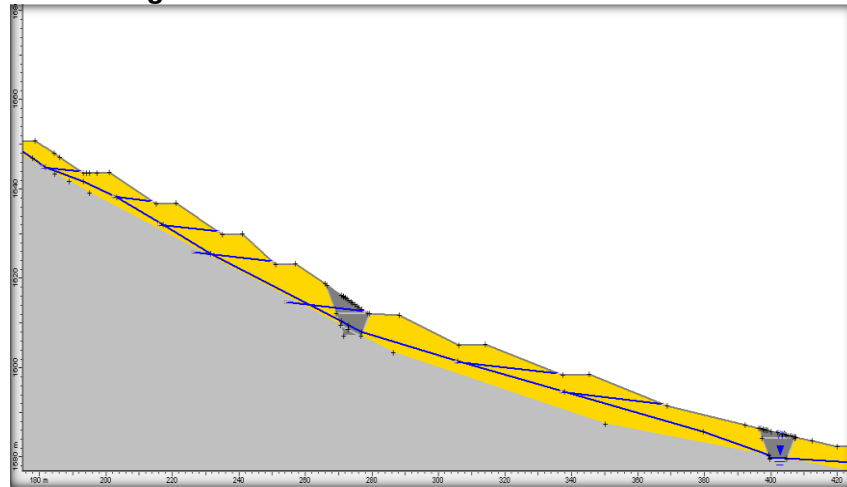


Observaciones: Muro en Voladizo sobre Caissons ($D=1\text{ m}$), corte en el talud superior e inferior en terrazas, manejo de escorrentía superficial con canaletas flexibles y revegetalización.

Fuente. Autor, Software SLIDE

➤ **ALTERNATIVA No. 2**

Figura 58. Sección transversal alternativa No. 2

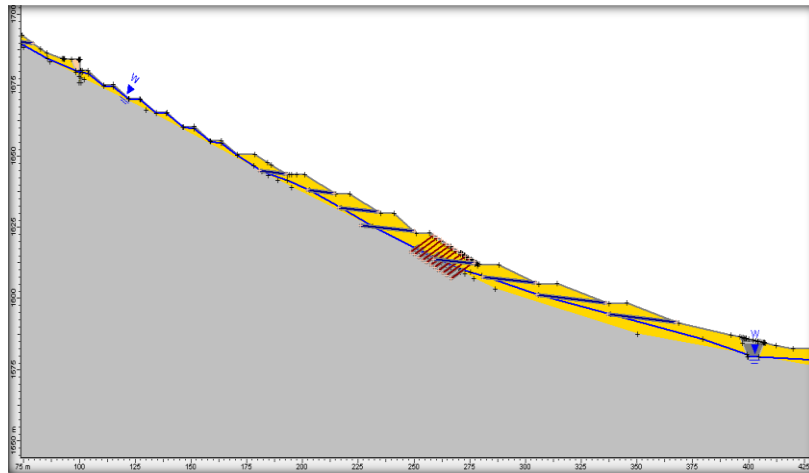


Observaciones: Muro en Voladizo sobre Caissons ($D=1\text{ m}$), Corte en el talud superior e inferior en terrazas, Llaves en cortante $H=10\text{m}$, Drenes Horizontales, Manejo de Escorrentía superficial con canaletas flexibles y revegetalización.

Fuente. Autor, Software SLIDE

➤ **ALTERNATIVA No. 3**

Figura 59. Sección transversal alternativa No. 3



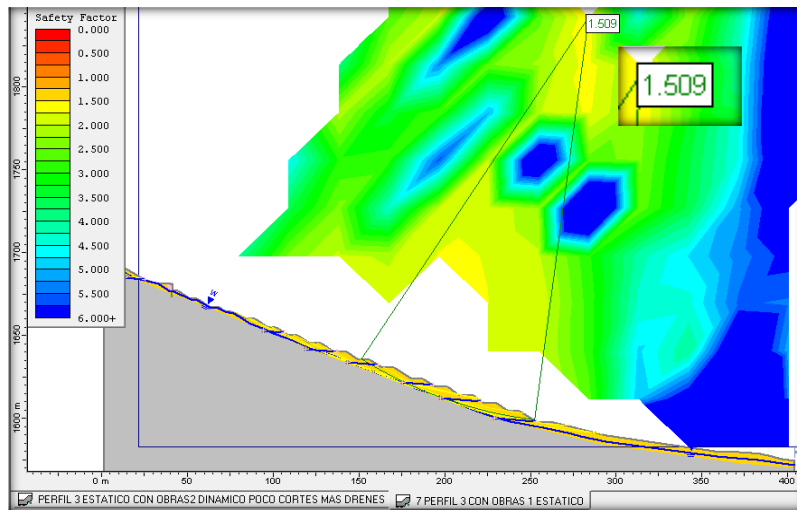
Observaciones: Muro en Voladizo sobre Caissons($D= 1\text{ m}$), Corte en el talud superior e inferior en terrazas, Llave en cortante $H=10\text{m}$ al pie del talud, Drenes Horizontales, Anclajes Manejo de Escorrentía superficial con canaletas flexibles y revegetalización.

Fuente. Autor, Software SLIDE

ALTERNATIVA 1. Muro en Voladizo sobre Caissons ($D= 1\text{ m}$), Corte en el talud superior e inferior en terrazas, Manejo de Escorrentía superficial con canaletas y control de erosión.

6.3.2.1 Modelamiento Estático

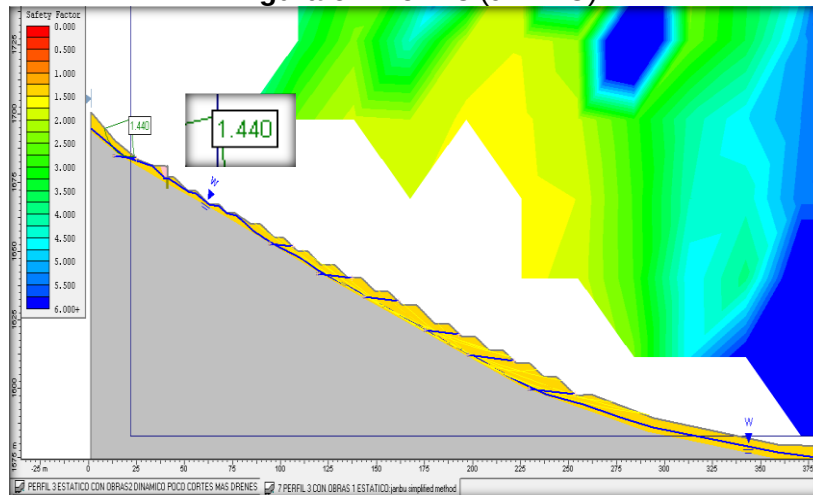
Figura 60. Perfil 3 (BISHOP)



Observaciones: F.S:1,509>FSCódigoNSR-10 Cumple

Fuente. Autor, Software SLIDE

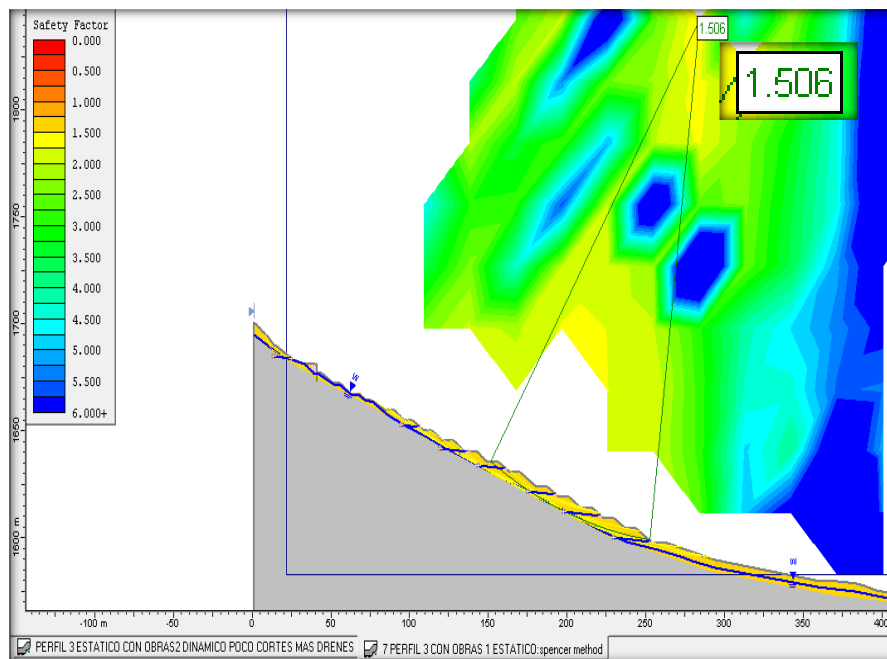
Figura 61. Perfil 3 (JAMBU)



Observaciones: F.S:1,509>FSCódigoNSR-10 Cumple

Fuente. Autor, Software SLIDE

Figura 62. Perfil 3 (SPENCER)

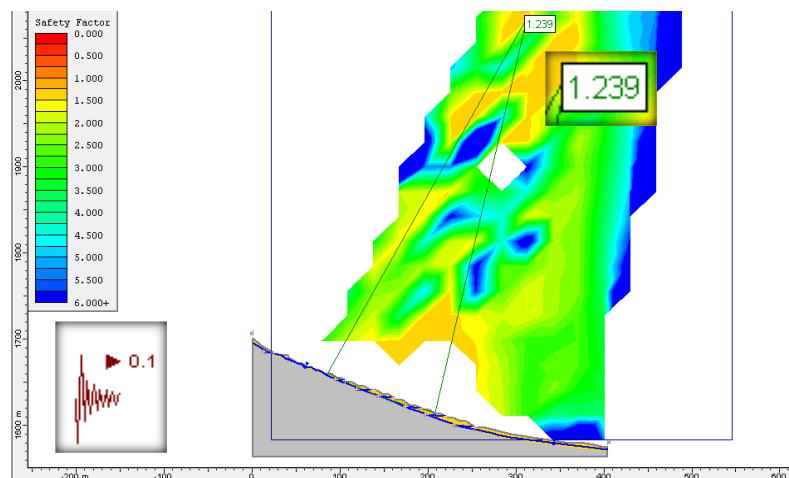


Observaciones: F.S:1,506>FSCódigoNSR-10 Cumple

Fuente. Autor, Software SLIDE

6.3.2.2 Modelamiento Pseudostático

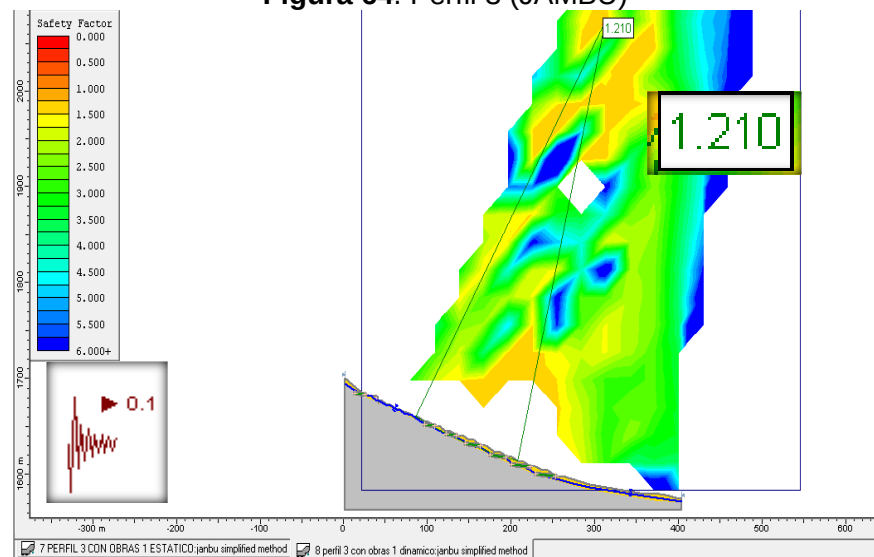
Figura 63. Perfil 3(BISHOP)



Observaciones: F.S:1,239>FS CódigoNSR-10 Cumple

Fuente. Autor, Software SLIDE

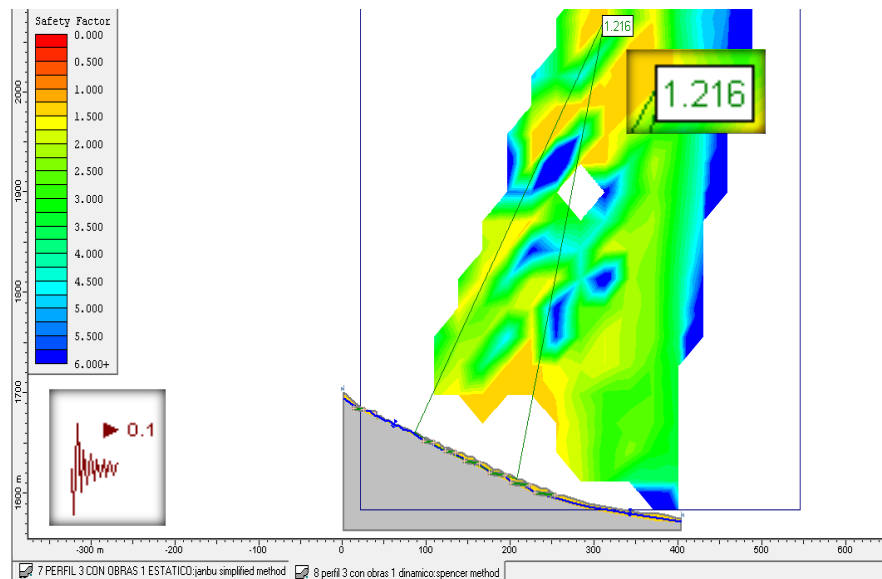
Figura 64. Perfil 3 (JAMBU)



Observaciones: F.S:1,210>FSCódigoNSR-10 Cumple

Fuente. Autor, Software SLIDE

Figura 65. PERFIL 3 (SPENCER)



Observaciones: F.S:1,216>FS CódigoNSR-10 Cumple

Fuente. Autor, Software SLIDE

Los resultados de Factor de Seguridad para la alternativa No. 1 cumplen y son los siguientes:

Tabla 14. ResultadosFactores de Seguridad para la alternativa 1

MODELAMIENTO ESTÁTICO	
ALTERNATIVA No.1	
MÉTODO	FS Determinístico
BISHOP	1,509
JAMBU	1,44
SPENCER	1,506
MODELAMIENTO PSEUDOSTICO	
ALTERNATIVA No.1	
MÉTODO	FS Determinístico

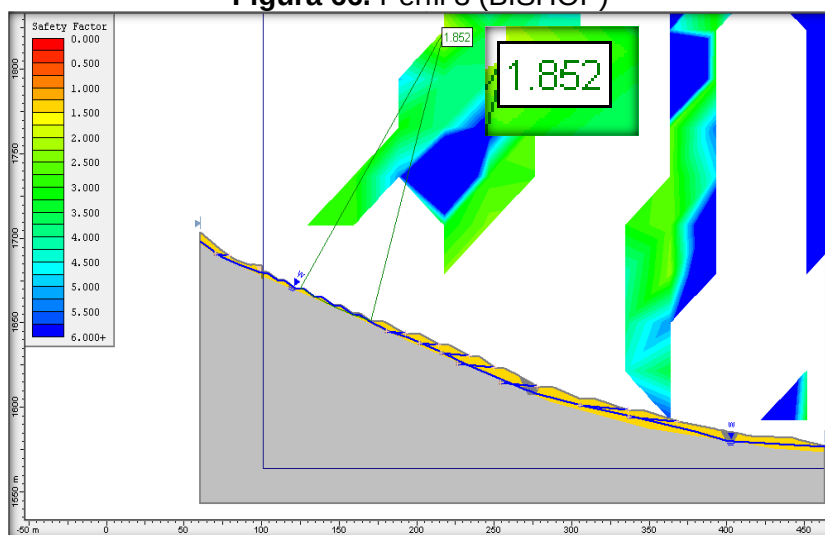
BISHOP	1,239
JAMBU	1,21
SPENCER	1,216

Fuente. Autor

ALTERNATIVA No. 2. Muro en Voladizo sobre Caissons (D= 1 m), Corte en el talud superior e inferior en terrazas, Llaves en cortante H=10m, Drenes Horizontales, Manejo de Escorrentía superficial con canaletas flexibles y revegetalización.

6.3.2.3 Modelamiento Estático

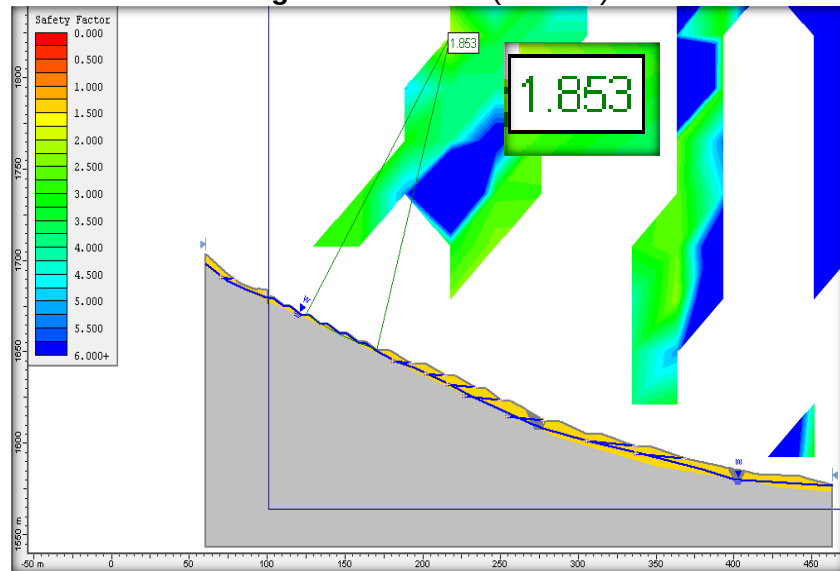
Figura 66. Perfil 3 (BISHOP)



Observaciones: F.S:1,852>FSCódigoNSR-10 Cumple

Fuente. Autor, Software SLIDE

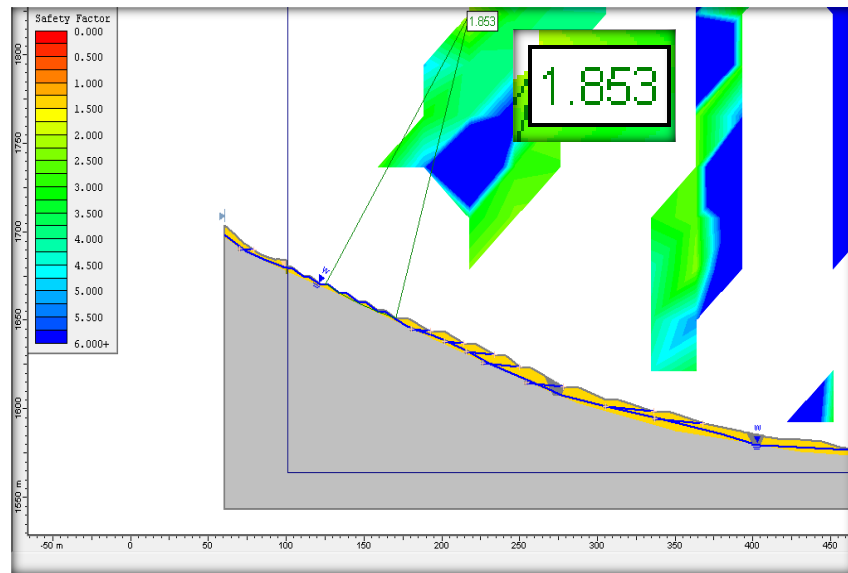
Figura 67. Perfil 3 (JAMBU)



Observaciones: F.S:1,853>FSCódigoNSR-10 Cumple

Fuente. Autor, Software SLIDE

Figura 68. Perfil 3 (SPENCER)

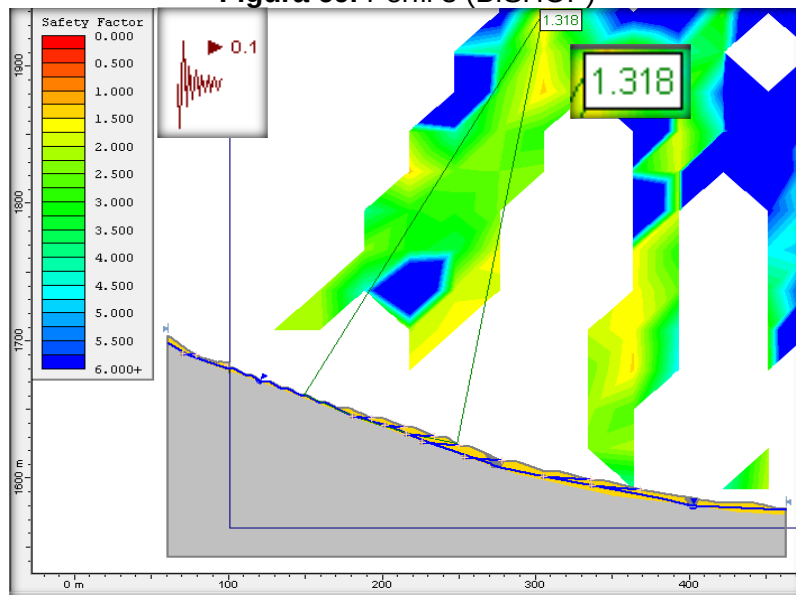


Observaciones: F.S:1,853>FSCódigoNSR-10 Cumple

Fuente. Autor, Software SLIDE

6.3.2.4 Modelamiento Dinámico

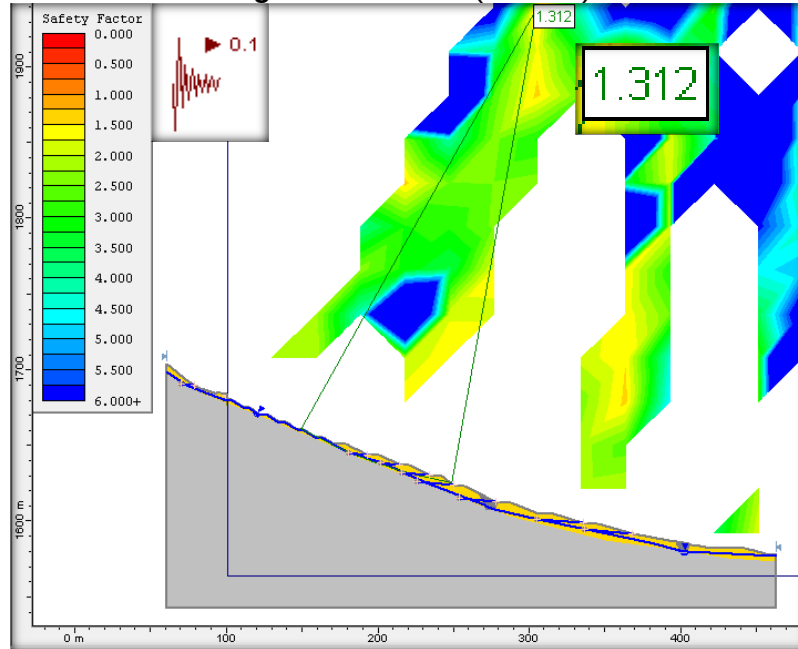
Figura 69. Perfil 3 (BISHOP)



Observaciones: F.S:1,318>FS CódigoNSR-10 Cumple

Fuente. Autor, Software SLIDE

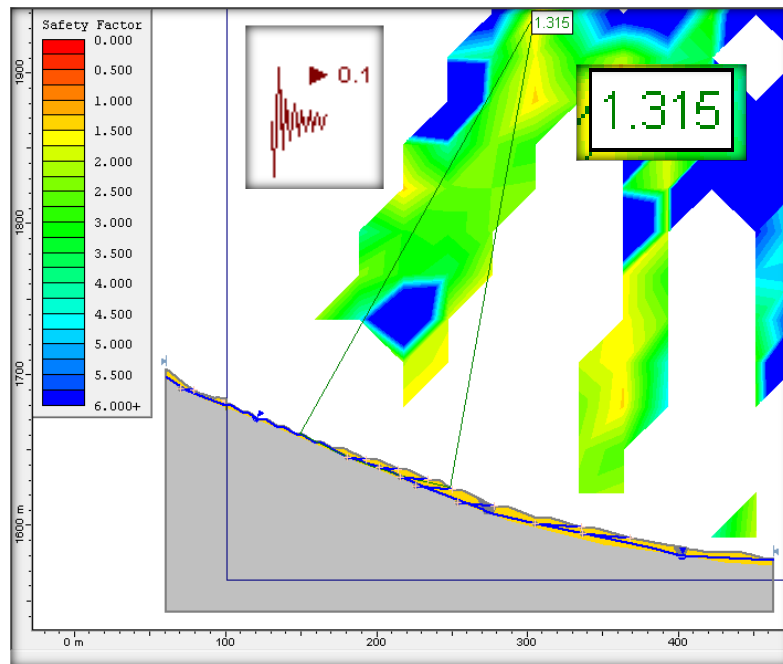
Figura 70. Perfil 3 (JAMBU)



Observaciones: F.S:1,312>FSCódigoNSR-10 Cumple

Fuente. Autor, Software SLIDE

Figura 71. Perfil 3 (SPENCER)



Observaciones: F.S:1,315>FSCódigoNSR-10 Cumple

Fuente. Autor, Software SLIDE

Los resultados de Factor de Seguridad para la alternativa No. 2 cumplen y son los siguientes:

Tabla 15. Resultados Factor de Seguridad para la alternativa N° 2

MODELAMIENTO ESTÁTICO	
ALTERNATIVA No.2	
MÉTODO	FS Determinístico
BISHOP	1,852
JAMBU	1,853
SPENCER	1,853
MODELAMIENTO PSEUDOSTICO	
ALTERNATIVA No.2	
MÉTODO	FS Determinístico
BISHOP	1,318

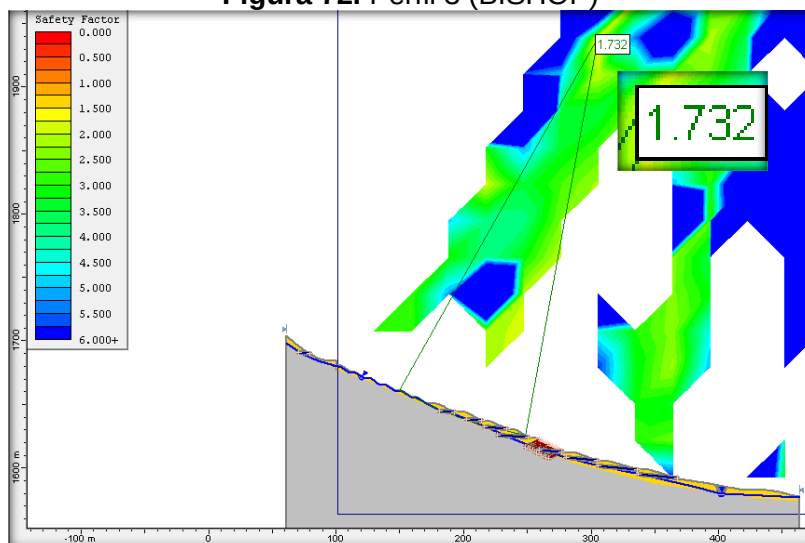
JAMBU	1,312
SPENCER	1,315

Fuente. Autor

ALTERNATIVA No. 3 Muro en Voladizo sobre Caissons (D= 1 m), Corte en el talud superior e inferior en terrazas, Llave en cortante H=10m al pie del talud, Drenes Horizontales, Anclajes Manejo de Escorrentía superficial con canaletas flexibles y revegetalización.

6.3.2.5 Modelamiento Estático

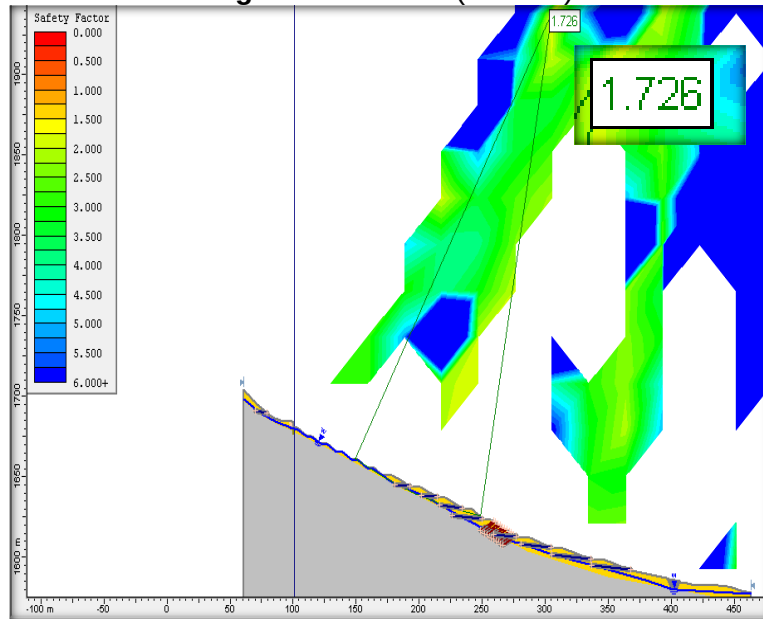
Figura 72. Perfil 3 (BISHOP)



Observaciones: F.S:1,732>FSCódigoNSR-10 Cumple

Fuente. Autor, Software SLIDE

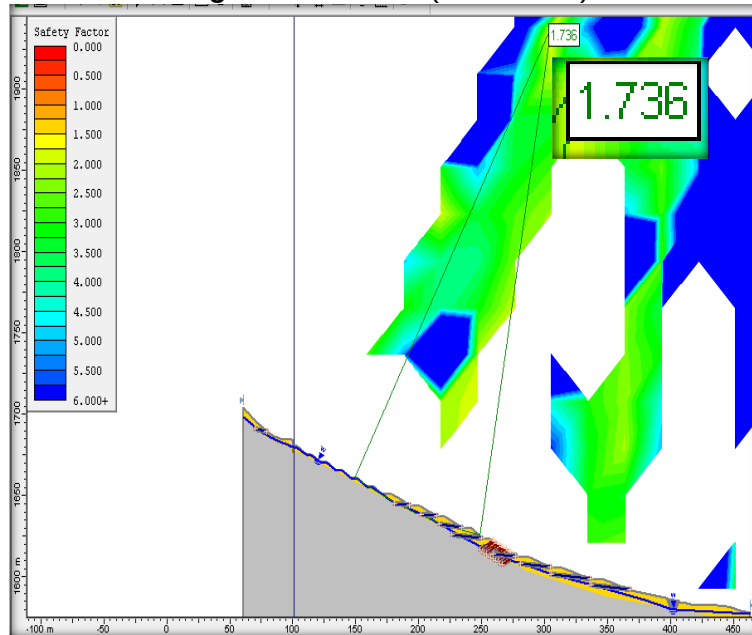
Figura 73. Perfil 3 (JAMBU)



Observaciones: F.S:1,726>FSCódigoNSR-10 Cumple

Fuente. Autor, Software SLIDE

Figura 74. Perfil 3 (SPENCER)

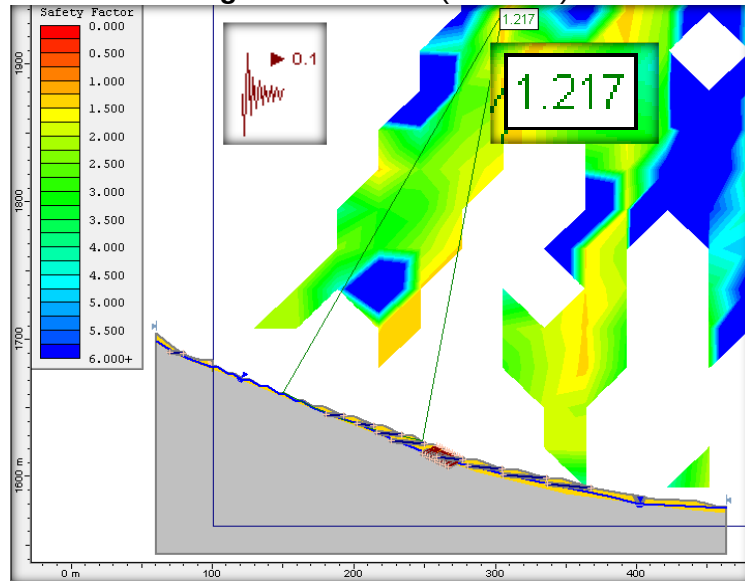


Observaciones: F.S:1,736>FSCódigoNSR-10 Cumple

Fuente. Autor, Software SLIDE

6.3.2.6 Modelamiento Pseudoestático

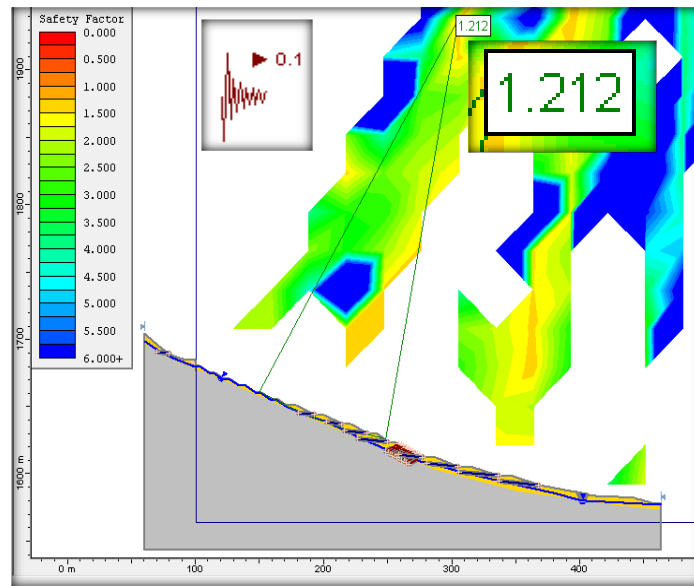
Figura 75. Perfil 3 (BISHOP)



Observaciones: F.S:1,217>FS CódigoNSR-10 Cumple

Fuente. Autor, Software SLIDE

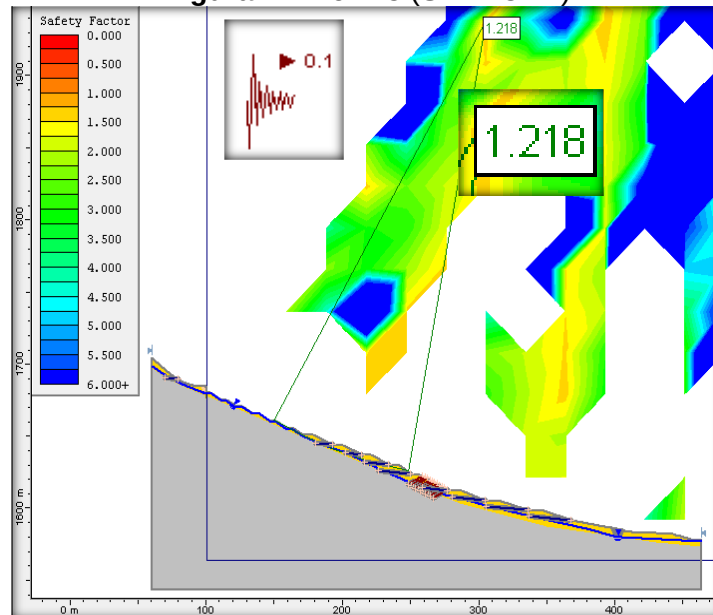
Figura 76. Perfil 3 (JAMBU)



Observaciones: F.S:1,212>FSCódigoNSR-10 Cumple

Fuente. Autor, Software SLIDE

Figura 77. Perfil 3 (SPENCER)



Observaciones: F.S:1,218>FSCódigoNSR-10 Cumple

Fuente. Autor, Software SLIDE

Los resultados de Factor de Seguridad para la alternativa No. 3 cumplen y son los siguientes:

Tabla 16. Resultados Factor de Seguridad para la alternativa N° 3

MODELAMIENTO ESTÁTICO	
ALTERNATIVA No.3	
MÉTODO	FS Determinístico
BISHOP	1,732
JAMBU	1,726
SPENCER	1,736
MODELAMIENTO PSEUDOSTICO	
ALTERNATIVA No. 3	
MÉTODO	FS Determinístico
BISHOP	1,217
JAMBU	1,212
SPENCER	1,218

Fuente. Autor

Con estos factores de seguridad se garantiza la estabilidad del terreno, por lo cual se procedió a analizar los costos de cada una de las obras.

6.4 ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

- La exploración geoelectrica, identifica tres tipos de material suelo residual, coluvión y basamento a profundidades de 1 m, 5 m y 128 m respectivamente y localiza humedad tanto en el depósito coluvial como en el basamento metamórfico. El basamento se encuentra fracturado y meteorizado, por sus condiciones tectónicas, lo que facilita la percolación de agua y el lavado permanente del suelo.

- Los resultados obtenidos con los ensayos de laboratorio, apartir de las muestras de los sondeos No. 1, 2 y 3, clasifican el suelo como CL, OL (parte alta del deslizamiento) y ML (parte baja del deslizamiento), estos suelos están conformados por limos y arcillas inorgánicas de compresibilidad baja o media.
- Los resultados obtenidos de los ensayos de corte directo, en condiciones natural, saturada y optima, define rangos de: ángulo de fricción entre 17 y 21 grados y de cohesión entre 31,21 – 73,65 KN/m² respectivamente y que corresponden a suelos limo arcillosos.
- En la validación del modelo geológico, utilizando back análisis y para un FS entre 1 y 1,2, se obtiene valores de cohesión 14 KN/m y fricción de 20 grados, correspondientes entre los rangos obtenidos en campo.
- Los resultados de los factores de seguridad en condición estática y pseudostática sin obras de mitigación, evidencian la existencia de un movimiento en masa evidenciados en campo como lento.
- Los factores de seguridad en condición estática y pseudostática con obras de mitigación, para las tres alternativas cumplen con el requerimiento establecido en el código NSR-10 y los resultados obtenidos en las alternativas No. 1 y 3 son los más aproximados a los esperados por la validación en el back análisis.

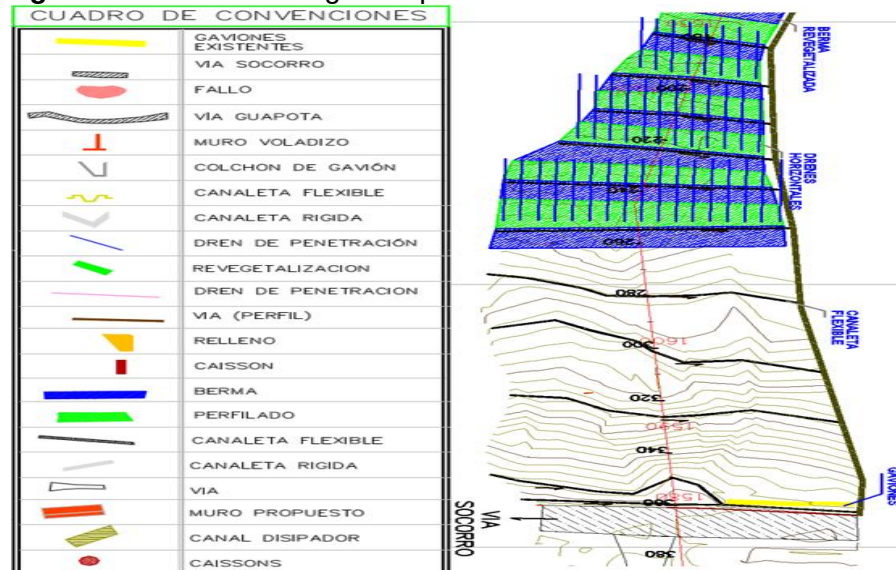
7. DEFINICIÓN Y COSTOS DE LAS MEDIDAS DE MITIGACIÓN

Las obras para la atención en el sitio K1+520 al K2+020, están planteadas para la recuperación de la calzada de la vía que comunica de la Estación a Guapotá y la mitigación del deslizamiento que se presenta entre la vía nacional y la vía secundaria.

En el presente estudio se plantea un predimensionamiento de las estructuras propuestas, teniendo en cuenta que el alcance de este no es el diseño de las mismas. Como se concluyó en el capítulo anterior, los resultados de los Factores de Seguridad en las alternativas No. 1 y 3, son los más aproximados con la valoración del back análisis y la alternativa No. 1 se constituye como la alternativa más económica. En la Figura 80 y 81 se aprecia la panorámica general de las obras de mitigación para la atención del deslizamiento.

Para la alternativa No. 1, se plantea la recuperación de la calzada, construcción de 12 pilotes de $D=1\text{ m}$ y de longitud 3,80 m hasta el macizo rocoso y sobre el cual se construirá un muro en voladizo y concreto reforzado de 24,24 m altura y 45 m de longitud para el confinamiento de la misma.

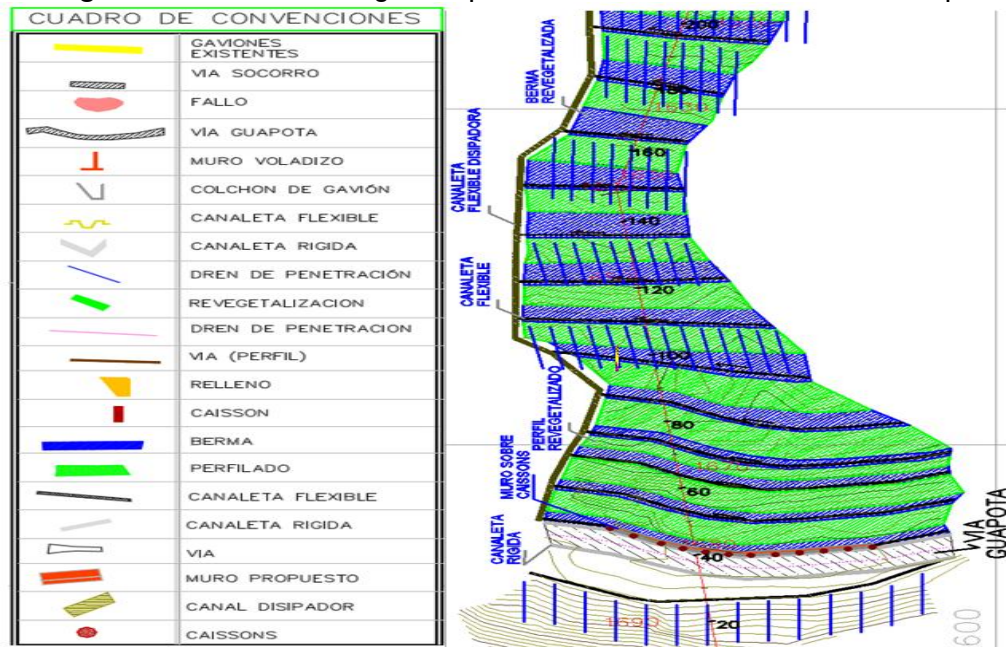
Figura 78. Obras de mitigación para la atención del deslizamiento – parte baja



Observaciones: Manejo de agua de infiltración con drenes horizontales, manejo de aguas de escorrentia superficial con cunetas flexibles y descargue talud.

Fuente. Autor

Figura 79. Obras de mitigación para la atención del deslizamiento – parte alta

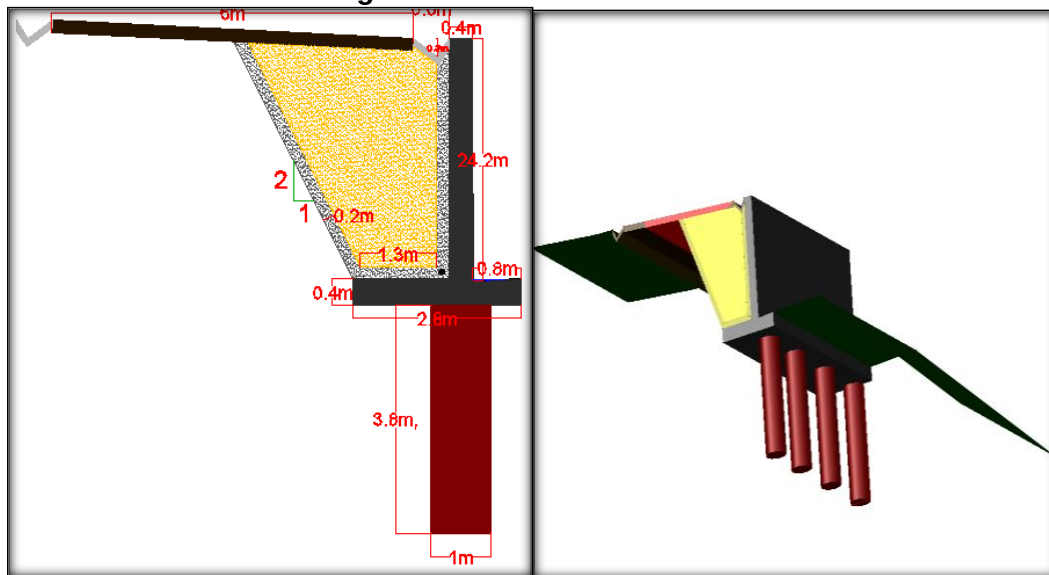


Observaciones: Manejo de agua de infiltración con drenes horizontales, manejo de aguas de escorrentia superficial con cunetas flexibles, descargue talud y construcción de muro de contención en concreto reforzado sobre pilotes.

Fuente. Autor

En la ladera se requiere descargar de manera inicial el deposito coluvial, mediante la construcción de terrazas de 5 m ancho y 5 m de alto aproximadamente, las cuales deben ser perfiladas y revegetalizadas.

Figura 80. Detalle muro de contención

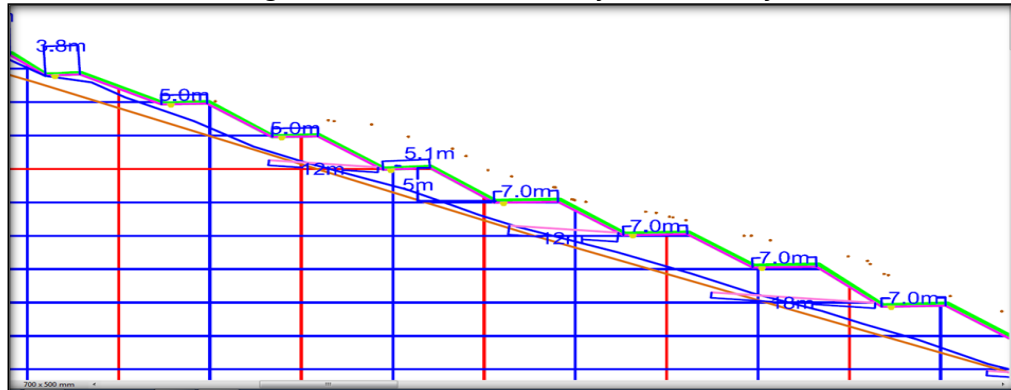


Observaciones: Construcción muro de contención sobre pilas excavadas en sitio y mejoramiento de la calzada.

Fuente. Autor

Para el manejo del agua de infiltración en la ladera, se requiere la construcción de obras de drenaje de infiltración mediante drenes horizontales en una fila y de aproximadamente 12 m de longitud; el agua superficial se trabajará con cunetas flexibles y estructuras de disipación, en cada terraza y se plantea la revegetalización de cada terraza con pasto.

Figura 81. Detalle de drenaje horizontal y terrazas



Observaciones: Manejo de aguas de infiltración con drenajes horizontales aproximadamente de 10 m de longitud y descargue del talud con terraza.

Fuente. Autor

7.1 PRESUPUESTO TOTAL APROXIMADO PARA LA ALTERNATIVA NO. 1

Tabla 17. Presupuesto total para la alternativa 1

PRESUPUESTO ALTERNATIVA 1					
ITEM	ACTIVIDAD	UND	CANT	V/R UNITARIO	V/R TOTAL
PRELIMINARES					
P	REPLANTEO, CONTROL Y MEDICION DE LA OBRA	GL	1.00	8,000,000.00	8,000,000.00
200.2	DESMONTE Y LIMPIEZA EN ZONAS NO BOSCOSAS	M3	1,564.00	800.00	1,251,200.00
MOVIMIENTOS DE TIERRA					
210.1	EXCAVACION SIN CLASIFICAR DE LA EXPLANACION Y CANALES	M3	93,780.00	25,000.00	2,344,500,000.00
900	TRANSPORTE DE MATERIAL DE EXCAVACION	M3-KM	562,680.00	1,000.00	562,680,000.00
OBRAS DE MITIGACION					
630.3	CONCRETO CLASE D	M3	132.00	650,000.00	85,800,000.00
640.1	ACERO DE REFUERZO	KG	9,240.00	5,000.00	46,200,000.00
621.1	PILOTES DE CONCRETO FUNDIDO EN SITIO D= 1M	ML	46.00	1,200,000.00	55,200,000.00
610-7	RELLENO PARA ESTRUCTURAS	M3	558.00	50,000.00	27,900,000.00
773.1	MATERIAL FILTRANTE	M3	87.00	60,000.00	5,220,000.00
673.2	GEOTEXTIL	M2	108.00	4,000.00	432,000.00
600.1	EXCAVACIONES VARIAS SIN CLASIFICAR	M3	33.00	20,000.00	660,000.00
671	CUNETAS REVESTIDAS EN CONCRETO	M3	28.00	50,000.00	1,400,000.00
P	CUNETAS FLEXIBLES	ML	1,070.00	100,000.00	107,000,000.00
674	DRENES HORIZONTALES EN TALUDES	ML	1,436.00	230,000.00	330,280,000.00
810	PROTECCION VEGETAL DE TALUDES	M2	14,985.00	8,000.00	119,880,000.00
PAVIMENTO					
230.2	MEJORAMIENTO DE LA SUBRAZANTE CON MATERIAL ADICIONADO	M3	600.00	80,000.00	48,000,000.00
320.1	SUBASE GRANULAR	M3	180.00	110,000.00	19,800,000.00
330.1	BASE GRANULAR	M3	180.00	115,000.00	20,700,000.00
450.2	MEZCLA DENSA EN CALIENTE	M3	48.00	480,000.00	23,040,000.00
	COSTO DIRECTO				3,696,403,200.00

Fuente. Autor

7.2 PRESUPUESTO TOTAL APROXIMADO PARA LA ALTERNATIVA NO. 2

Tabla 18. Presupuesto total para la alternativa 2

PRESUPUESTO ALTERNATIVA 2					
ITEM	ACTIVIDAD	UND	CANT	V/R UNITARIO	V/R TOTAL
PRELIMINARES					
P	REPLANTEO, CONTROL Y MEDICION DE LA OBRA	GL	1.00	8,000,000.00	8,000,000.00
200.2	DESMONTE Y LIMPIEZA EN ZONAS NO BOSCOSAS	M3	1,564.00	800.00	1,251,200.00
MOVIMIENTOS DE TIERRA					
210.1	EXCAVACION SIN CLASIFICAR DE LA EXPLANACION Y CANALES	M3	93,840.00	25,000.00	2,346,000,000.00
900	TRANSPORTE DE MATERIAL DE EXCAVACION	M3-KM	563,040.00	1,000.00	563,040,000.00
OBRAS DE MITIGACION					
630.3	CONCRETO CLASE D	M3	132.00	650,000.00	85,800,000.00
640.1	ACERO DE REFUERZO	KG	9,240.00	5,000.00	46,200,000.00
621.1	PILOTES DE CONCRETO FUNDIDO EN SITIO	ML	46.00	1,200,000.00	55,200,000.00
610-7	RELLENO PARA ESTRUCTURAS	M3	558.00	50,000.00	27,900,000.00
773.1	MATERIAL FILTRANTE	M3	87.00	60,000.00	5,220,000.00
673.2	GEOTEXTIL	M2	108.00	4,000.00	432,000.00
600.1	EXCAVACIONES VARIAS SIN CLASIFICAR	M3	33.00	20,000.00	660,000.00
671	CUNETAS REVESTIDAS EN CONCRETO	M3	28.00	50,000.00	1,400,000.00
P	CUNETAS FLEXIBLES	ML	1,070.00	100,000.00	107,000,000.00
674	DRENES HORIZONTALES EN TALUDES	ML	1,796.00	230,000.00	413,080,000.00
P	RELLENO CON MATERIAL DE RIO	M3	7,200.00	70,000.00	504,000,000.00
810	PROTECCION VEGETAL DE TALUDES	M2	18,240.00	8,000.00	145,920,000.00
PAVIMENTO					
230.2	MEJORAMIENTO DE LA SUBRAZANTE CON MATERIAL ADICIONADO	M3	600.00	80,000.00	48,000,000.00
320.1	SUBASE GRANULAR	M3	180.00	110,000.00	19,800,000.00
330.1	BASE GRANULAR	M3	180.00	115,000.00	20,700,000.00
450.2	MEZCLA DENSA EN CALIENTE	M3	48.00	480,000.00	23,040,000.00
COSTO DIRECTO					4,311,103,200.00

Fuente. Autor

7.3 PRESUPUESTO TOTAL APROXIMADO PARA LA ALTERNATIVA NO. 3

Tabla 19. Presupuesto total para la alternativa 3

PRESUPUESTO ALTERNATIVA 3					
ITEM	ACTIVIDAD	UND	CANT	V/R UNITARIO	V/R TOTAL
PRELIMINARES					
P	REPLANTEO, CONTROL Y MEDICION DE LA OBRA	GL	1.00	8,000,000.00	8,000,000.00
200.2	DESMONTE Y LIMPIEZA EN ZONAS NO BOSCOSAS	M3	1,564.00	800.00	1,251,200.00
MOVIMIENTOS DE TIERRA					
210.1	EXCAVACION SIN CLASIFICAR DE LA EXPLANACION Y CANALES	M3	83,700.00	25,000.00	2,092,500,000.00
900	TRANSPORTE DE MATERIAL DE EXCAVACION	M3-KM	502,200.00	1,000.00	502,200,000.00
OBRAS DE MITIGACION					
630.3	CONCRETO CLASE D	M3	132.00	650,000.00	85,800,000.00
640.1	ACERO DE REFUERZO	KG	9,240.00	5,000.00	46,200,000.00
621.1	PILOTES DE CONCRETO FUNDIDO EN SITIO D= 1M	ML	46.00	1,200,000.00	55,200,000.00
610-7	RELLENO PARA ESTRUCTURAS	M3	558.00	50,000.00	27,900,000.00
773.1	MATERIAL FILTRANTE	M3	87.00	60,000.00	5,220,000.00
673.2	GEOTEXTIL	M2	108.00	4,000.00	432,000.00
600.1	EXCAVACIONES VARIAS SIN CLASIFICAR	M3	33.00	20,000.00	660,000.00
671	CUNETAS REVESTIDAS EN CONCRETO	M3	28.00	50,000.00	1,400,000.00
P	CUNETAS FLEXIBLES	ML	780.00	100,000.00	78,000,000.00
674	DRENES HORIZONTALES EN TALUDES	ML	3,759.00	230,000.00	864,570,000.00
P	ANCLAJES	ML	7,200.00	23,000.00	165,600,000.00
810	PROTECCION VEGETAL DE TALUDES	M2	17,760.00	8,000.00	142,080,000.00
PAVIMENTO					
230.2	MEJORAMIENTO DE LA SUBRAZANTE CON MATERIAL ADICIONADO	M3	600.00	80,000.00	48,000,000.00
320.1	SUBASE GRANULAR	M3	180.00	110,000.00	19,800,000.00
330.1	BASE GRANULAR	M3	180.00	115,000.00	20,700,000.00
450.2	MEZCLA DENSA EN CALIENTE	M3	48.00	480,000.00	23,040,000.00
COSTO DIRECTO					4,077,013,200.00

Fuente. Autor

8 CONCLUSIONES GENERALES DEL ESTUDIO

- La inestabilidad de la ladera de la vía que comunica la Troncal Central (La Estación) – Guapotá en el sitio K1+520 al K2+020 es un deslizamiento con un mecanismo de falla combinado entre planar y rotacional, cuyos factores internos como las propiedades de las arcillolitas, calizas y areniscas y, externos como las lluvias permanentes, deforestación del sector por actividades antrópicas, topografía y geomorfología, han propiciado la inestabilidad de ladera y la disminución de la resistencia de los suelos.
- Se encontró unidades geológicas superficiales como coluviones activos en la parte alta compuesto por areniscas y arcillolitas embebidos en una matriz arcillosa, depósitos de suelo residual en la corona y pie del deslizamiento, así como un deposito generalizado de suelo residual en toda su longitud, sobre un macizo rocoso cretácico conformado por calizas fosilíferas y arcillosas, con intercalaciones de arcillolitas, areniscas arcillosas, levemente calcáreas correlacionables con la Formación Tablazo.
- El modelo para el análisis del deslizamiento utilizado fue Equilibrio Limite, con resultados de factores de seguridad de los modelos de Spencer, Jambú y Bishop, para estados estáticos y pseudostáticos, los cuales no cumplen los rangos establecidos en la NSR-10 y deben diseñarse obras de mitigación .
- Se propuso tres alternativas con obras de mitigación y se hizo el análisis presupuesta, las cuales cumplen con los rangos de factor de seguridad establecidos en la NSR-10; la alternativa No. 1 es la más económica, consistente en el descargue del deslizamiento atravez de cortes en forma de gradas de 5 m de berma y 5 m de altura, manejo de agua superficial con cunetas flexibles, manejo de agua de infiltración con drenes horizontales de

aproximadamente 12 - 15 m de longitud y protección de la erosión empujando la superficie intervenida.

- El complemento del estudio de Mejoramiento y Pavimentación de la vía Troncal Central (La Estación) – Guapotá con estudios geotécnicos, para el análisis del deslizamiento identificado en el sitio K1+520 al K2+020, representa seguridad y protección a la vida de los usuarios, control de calidad en la ejecución de las obras y economía en la inversión y la implementación y puesta en marcha de un Plan de Vulnerabilidad, Amenaza y Riesgo en Santander, a través de un sistema de información georeferenciado alimentado por una base de datos geotécnicos, será de gran utilidad a las entidades del estado, como un mecanismo de prevención y atención.

BIBLIOGRAFÍA

ALONSO, Eduardo. Estabilidad de Taludes. Monografía No. 3. Barcelona: J. Corominas Editor, 2005.

ALONSO, Eduardo. Parámetros de resistencia en cálculos de estabilidad. Citado de Departamento de Ingeniería del Terreno, Cartográfica y Geofísica. ETS Ingenieros de ALVARADO, Jorge Alba. Análisis de estabilidad de taludes. Citado 07/09/12. Disponible en internet: http://www.cismid.uni.edu.pe/descargas/a_labgeo/labgeo02_p.pdf.

B.S. TORK, E. Reyes, J.C. Gálvez y V. Navarro. Análisis de la Estabilidad de Taludes mediante. Revisar E.T.S. Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos, Universidad de Castilla La Mancha {online}. Disponible en: <http://www.gef.es/Congresos/20/pdf/GEF027.pdf>.

BRAJA, Das. Principios de ingeniería de cimentaciones. 5 ed. México: Cengage Learning, 2004 p. 2 - 56, 64 – 115.

BRAND, E. W., "Predicting the performance of residual soil slopes", *Proc. 11th Int. Conf. on Soil Mechs. and Foundation Engrg.*, San Francisco, Balkema, Vol. 5, pp. 2541-2578, 1985.

CARDINALI M., Galli M, F. Guzzetti, F. Ardizzone, P. Reichenbach, and P. Bartoccini. Rainfall induced landslides in December 2004 in south-western Umbria, central Italy: types, extent, damage and risk assessment. Citado 18/05/12. Disponible en Internet: <http://hal-sde.archives-ouvertes.fr/hal-00299279>.

CAMINOS, Canales y Puertos. Universidad Politécnica de Catalunya. Disponible en internet: <http://www.google.com.co/#hl=es-419&sclient=psy-> Simposio Nacional sobre Taludes y Laderas Inestables Valencia, 21-24 de Junio de 2005.

CAMPOS T.M.P.de-Andrade M.H.N.-Vargas Jr E.A. "Unsaturated Colluvium over rock slide in a forested site in Rio de Janeiro, Brazil. " Proceedings of the sixth international symposium on Landslides, New Zealand- 1991.

CARDENAS, Camilo. (2011). La ola invernal: por qué los daños y cómo prevenirlos. En: internet: <http://razonpublica.com/index.php/econom-y-sociedad-temas-29/2356-la-ola-invernal-por-que-los-danos-y-como-prevenirlos-.html>

COLOMBIA. Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. NSR-10 (26 de Marzo de 2010). Modificaciones técnicas y científicas en la actualización del Reglamento colombiano de construcción sismo resistente. Diario Oficial. Bogotá, 2010. Título H

CONSORCIO PI LTDA- Rafael Zafra (2009), Mejoramiento y pavimentación de la vía troncal central (La Estación) Municipio de Guapotá, 2009, volumen V.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE PLANEACIÓN (2011), Fenómenos de la Niña 2010, daños estimados ola invernal Colombia 2009.

DUQUE ESCOBAR, Gonzalo. Mecánica de los suelos. Manizales.: Universidad Nacional de Colombia, 2002.

EDIER ARISTIZÁBAL, Hernán Martínez, Jaime Ignacio Vélez. Una Revisión Sobre El Estudio De Movimientos En Masa Detonados por Lluvias. Citado: 18/05/12. Disponible en internet: http://www.accefyn.org.co/revista/Vol_34/131/209-227.pdf

GARCÍA, Almudena Da Costa. Inestabilidades por degradación superficial de taludes en suelos. Corrección mediante sistemas de refuerzo anclados. Disponible en internet: <http://www.tdx.cat/handle/10803/10601>

GOBERNACIÓN DE SANTANDER (2007). "Plan Vial Departamental De Santander 2009-2018". Sector de Transito e Infraestructura.

GONZALEZ DE VALLEJO. Luis I. Ingeniería Geológica. Madrid: Prentice Hall, 2002.

GRASES, José. Vulnerabilidad de los sistemas de agua potable y alcantarillado frente a deslizamientos, sismos y otras amenazas naturales – caso estudio", el que evalúa la vulnerabilidad del sistema de abastecimiento de agua potable Tuy I, de la ciudad de Caracas, Venezuela, 1997.

INGEOMINAS (2009). Mapa geológico, plancha Igac 151, Charalá, escala 1:100.000, Bucaramanga, 2009.

INSTITUTO GEOGRÁFICO AGUSTÍN CODAZZI, Aerofotografías Vuelos: C-2207/97 a 99 y C-2475/29 a 31,[CD-ROM].[Bogotá]:formato: .TIF. Código seriado: 0861-12, Fecha de venta información: 25 de Agosto de 2012. Factura de venta: 5B-359289

Geología de las planchas 135 (San Gil)y 151 (Charalá) Cuadrángulo I-12. INGEOMINAS, 2009

JUAREZ BADILLO. Eulalio. Mecánica de Suelos. Primera reimpresión. México: Editorial Limusa, 1972.

JUAREZ BADILLO. Eulalio. Mecánica de Suelos. Primera reimpresión. México: Editorial Limusa, 1972.

MAC Gregor J.P. –MC Manus K.J. "Management of Landslides subject to mass movement" Proceedings of the sixth international symposium on Landslides, New Zealand- 1991.

MASSEY J.B. - PANG P.L.R. "Stability of Slopes and excavations in Tropical Soils". Second International Conference on Geomechanics in Tropical Soils, Singapore ,1988.

MENDOZA Manuel J. LÓPEZ y DOMÍNGUEZ Morales Leobardo. Estimación de la amenaza y el riesgo de deslizamientos. Disponible en internet: <http://crid.or.cr/digitalizacion/pdf/spa/doc16159/doc16159-2e.pdf>.

MENDOZA, M. J., DOMÍNGUEZ, L., Noriega, I. y Guevara, E., Monitoreo de laderas con fines de evaluación y alertamiento, Informe Técnico del CENAPRED, 78 pp. México, 2002.

PHILLIPSON H. B. - BRAND E.W. "Sampling and testing of Residual Soils in Hong Kong " Sampling and Testing of Residual Soils . A Review of International Practice.- Hong Kong - 1985.

POLO, José guardo. Citado:20/08/12. Disponible: <http://rcientificas.uninorte.edu.co/index.php/ingenieria/article/view/2228>.

PECK, R. B., "Stability of natural slopes", *Journal of the Soil Mechs. and Foundations Div.*, ASCE, Vol. 93, No. SM4, pp. 403-417, 1967.

RAIN and EROSION Induced Landslides and Stabilization Works in Bucaramanga – Colombia. Citado; 14/08/12. Disponible en internet: https://docs.google.com/viewer?a=v&q=cache:nyueaPVPjTUU:ocw.uis.edu.co/ingenieria-civil/estabilidad-de-taludes/clase2/Deslizamientos_Inducidos_por_Lluvias_y_Erosion_y_Obras_de_Estabilizacion.pdf

SÁNCHEZ Calderón César Eduardo, Hoyos Luis Fernando Urrego. Metodología para la Evaluación de Riesgo en Corredores Viales. Citado 14/08/12. Disponible en internet: repository.javeriana.edu.co/bitstream/10554/1249/1/ing11.pdf

SUAREZ DIAZ, Jaime. Deslizamientos inducidos por lluvias y erosión y obras de estabilización en Bucaramanga- Colombia, volumen I, 2009.

SUAREZ DIAZ, Jaime. Mecanismos de activación de deslizamientos. Citado: 18/05/12. Disponible en internet: http://ocw.uis.edu.co:8080/ingenieria-civil/estabilidad-de-taludes/clase2/Mecanismos_de_activacion_de_deslizamientos.pdf.

SUAREZ DÍAZ, Jaime. Respuesta Hidrogeológica De Los Deslizamientos De Tierra. Citado 14/08/12 16:30. Disponible en internet: ocw.uis.edu.co/de/La_hidrogeologia_en_los_deslizamientos.pdf.

SUAREZ, Jaime. Análisis Geotécnico. 1 ed. Bucaramanga: División de Publicaciones UIS, 2009 Vol. 1 y Vol. 2 p. 2 -147, 251, 270 – 305.

WANDURRAGA, B. Carlos M , 2011. Estudio Geoeléctrico realizado para la inestabilidad geológica presentada en el PR!+500 de la vía Troncal Central La Estación Guapotá, Municipio de Guapota, Santander. Bucaramanga, diciembre de 2011, 39 p.

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER, 2012. Centro de Información para el Reporte de Emergencias, “Ola invernal en Santander 2010 – 2012”. Disponible en: <http://emergenciassantander.uis.edu.co>.

Anexo A. Informe Geoeléctrico

**ESTUDIO GEOELÉCTRICO REALIZADO PARA LA
INESTABILIDAD GEOLÓGICA PRESENTADA EN EL
PR1+500 DE LA VÍA TRONCAL CENTRAL LA ESTACIÓN
GUAPOTA–MUNICIPIO DE GUAPOTA, DEPARTAMENTO
DE SANTANDER**

Presentado a:

CONSORCIO P1 LTDA – RAFAEL ZAFRA

Geólogo:

CARLOS M. WANDURRAGA BARON

MP No. 1086 DEL C.P.G.

BUCARAMANGA, DICIEMBRE DE 2011

CONTENIDO

ágina

1. INTRODUCCIÓN	168
2. GEOLOGÍA.....	171
2.1 ESTRATIGRAFÍA	171
2.1.1 FORMACIÓN TABLAZO (KIT).....	171
2.1.2 DEPÓSITO COLUVIAL (QCL)	173
3. METODOLOGÍA DE TRABAJO.....	174
3.1 DISPOSITIVO SCHLUMBERGER.....	177
3.2 ANÁLISIS DE DATOS GEOELÉCTRICOS.....	179
4. INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS.....	181
4.1 SONDEO ELÉCTRICO VERTICAL SEV – 1.....	181
4.1.1 OBSERVACIONES SONDEO ELÉCTRICO VERTICAL SEV – 1 ..	182
4.2 SONDEO ELÉCTRICO VERTICAL SEV – 2.....	183
4.2.1 OBSERVACIONES SONDEO ELÉCTRICO VERTICAL SEV – 2 ..	184

<u>4.3</u>	<u>SONDEO ELÉCTRICO VERTICAL SEV – 3.....</u>	<u>185</u>
<u>4.3.1</u>	<u>OBSERVACIONES SONDEO ELÉCTRICO VERTICAL SEV – 3 ..</u>	<u>188</u>
<u>4.4</u>	<u>SONDEO ELÉCTRICO VERTICAL SEV – 4.....</u>	<u>190</u>
<u>4.4.1</u>	<u>OBSERVACIONES SONDEO ELÉCTRICO VERTICAL SEV – 4 ..</u>	<u>193</u>
<u>5.</u>	<u>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....</u>	<u>195</u>
	<u>BIBLIOGRAFÍA</u>	<u>197</u>
	<u>ANEXO 1. RESUMEN TABULADO DE RESITIVIDADES Y RESISTENCIAS PARA CADA PUNTO ESTUDIADO</u>	<u>198</u>
	<u>ANEXO 2. RESULTADOS DEL PROCESAMIENTO GEOELECTRICO ...</u>	<u>203</u>
	<u>ANEXO 3. PERFIL GEOELECTRICO ESQUEMÁTICO ENTRE LOS SONDEOS ELÉCTRICOS VERTICALES SEV-1, SEV-2 Y SEV-3.....</u>	<u>208</u>

LISTA DE FIGURAS

Página

FIGURA No. 1. MAPA DE LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA DEL SECTOR DE LA INVESTIGACIÓN GEOFÍSICA.....	169
FIGURA No. 2. MAPA GEOLÓGICO REGIONAL Y DE LOCALIZACIÓN DEL ÁREA DE EJECUCIÓN DEL ESTUDIO GEOELÉCTRICO.....	172
FIGURA No. 3 PLANO TOPOGRÁFICO REGIONAL CON LA UBICACIÓN DE LOS SONDEOS ELÉCTRICOS VERTICALES EN EL K1+500 DE LA VÍA ESTACIÓN GUAPOTA AL MUNICIPIO DE GUAPOTÁ	108
FIGURA No. 4 VISTA DE PLANTA DEL K1+500 DE LA VÍA ESTACIÓN GUAPOTÁ – MUNICIPIO DE GUAPOTÁ CON LA UBICACIÓN DE LOS SONDEOS ELÉCTRICOS VERTICALES SEV-1, SEV-2, SEV-3 Y SEV-4.....	101
FIGURA No. 5. MONTAJE TÍPICO O CONFIGURACIÓN ELECTRÓDICA TIPO SCHLUMBERGER PARA LA EJECUCIÓN DE LOS SONDEOS ELÉCTRICOS VERTICALES	177
FIGURA No. 6. CURVA SONDEO ELÉCTRICO VERTICAL SEV-1.	182
FIGURA No. 7. FOTO DEL LUGAR EN DONDE SE EJECUTÓ EL SEV-1.....	182
FIGURA No. 8. CURVA SONDEO ELÉCTRICO VERTICAL SEV-2	184
FIGURA No. 9. FOTO DEL LUGAR EN DONDE SE EJECUTÓ EL SEV-2.....	184
FIGURA No. 10. CURVA SONDEO ELÉCTRICO VERTICAL SEV-3	187
FIGURA No. 11. FOTO DEL LUGAR EN DONDE SE EJECUTÓ EL SEV-3.....	188
FIGURA No. 10. CURVA SONDEO ELÉCTRICO VERTICAL SEV-3	192
FIGURA No. 13. FOTO DEL LUGAR EN DONDE SE EJECUTÓ EL SEV-4.....	193

1. INTRODUCCIÓN

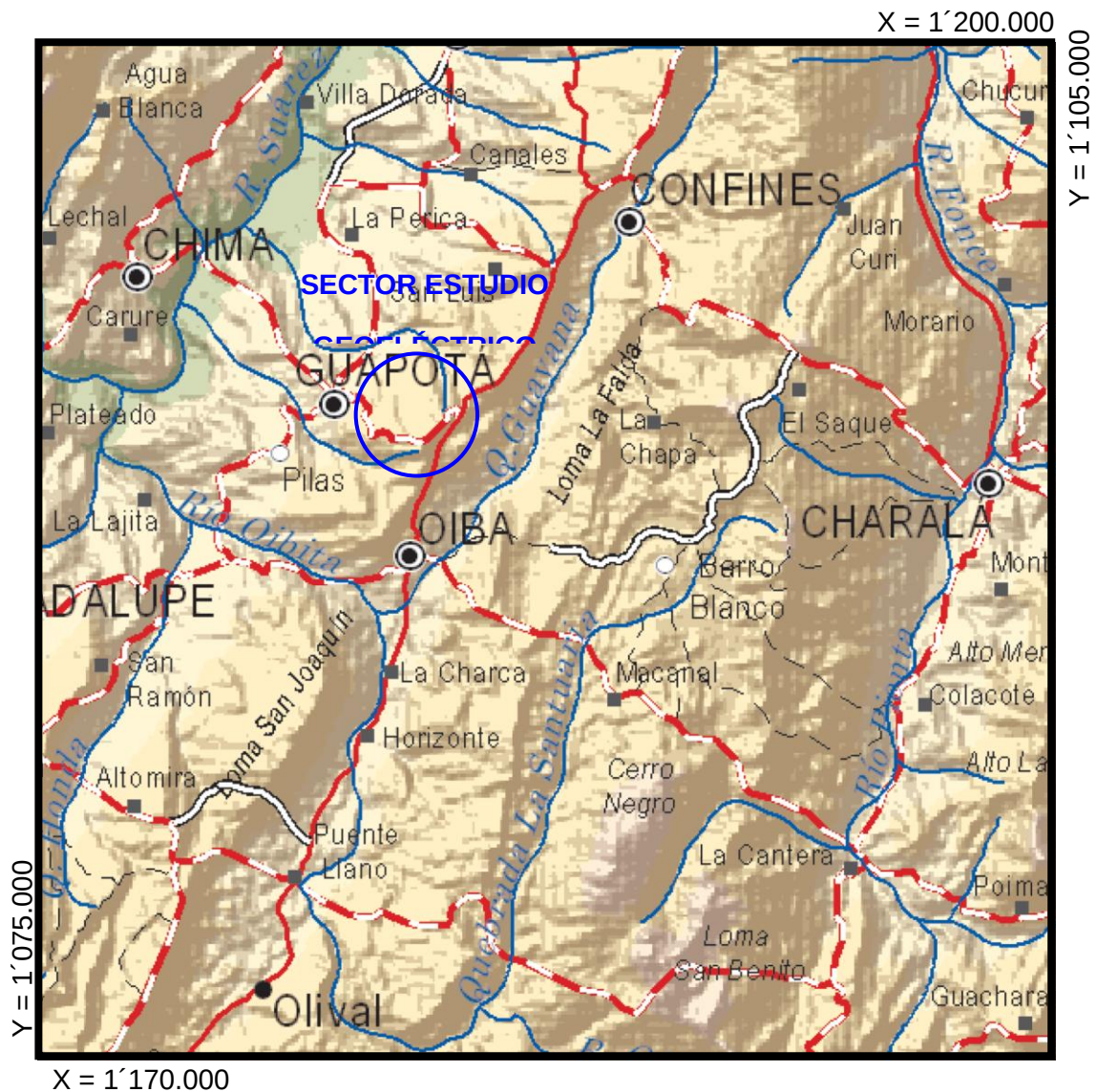
En los estudios geotécnicos y de recursos hídricos subterráneos se utiliza como principal herramienta el método geoeléctrico, que permite estudiar la constitución y posición de los sedimentos, rocas y agua subterránea, utilizando la evolución de la resistividad eléctrica a través de su profundidad.

El método Geoeléctrico o de resistividad fue ideado por el ingeniero francés Conrad Schlumberger y es el más eficaz hasta el momento, y de más amplia difusión en la prospección de agua subterránea y en la aplicación a los estudios geotécnicos, que consiste en energizar el terreno para evaluar las resistividades del subsuelo realizando una serie de mediciones de Intensidad de corriente como del gradiente de potencial desde la superficie.

Para el Contrato No. 00001294 de Octubre 15 de 2010 “MEJORAMIENTO DE LA VÍA TRONCAL CENTRAL LA ESTACIÓN – GUAPOTA DEL MUNICIPIO DE GUAPOTA, DEPARTAMENTO DE SANTANDER” que desarrolla la Firma CONSORCIO P1 LTDA – RAFAEL ZAFRA, para la Secretaria de Transporte e Infraestructura del municipio de Guapotá, en el sector del PR1+500 de la vía secundaria que va desde la vía nacional Socorro-Barbosa (Estación Guapota) al municipio de Guapota, Santander, el Consorcio P1 Ltda-Rafael Zafra, decide llevar a cabo una exploración geofísica del subsuelo mediante la ejecución de un Estudio Geoeléctrico con tres Sondeos Eléctricos Verticales a lo largo del deslizamiento que está afectando la vía, con el fin de tener un perfil geoeléctrico del subsuelo, determinando el espesor del depósito cuaternario, las características físicas e hídricas de este depósito y las del basamento.

Para la toma de datos se efectúa la visita correspondiente al sector de la inestabilidad geológica del PR1+500 de la Vía secundaria a Guapota, Santander (ver Figura 1), el día 13 de diciembre de 2011, día en el cual se ejecutaron los Sondeos Eléctricos Verticales **SEV-1, SEV-2, SEV-3 y SEV-4** previstos en los lugares apropiados y considerados de interés y a su vez, donde las condiciones locales y en general de carácter logístico lo

permiten, de acuerdo a una visita previa realizada, localizados de forma tal que se permita lograr la interpretación más homogénea sobre la respectiva área de interés.



1.1 Figura No. 1. Mapa de Localización geográfica del sector de la vía que conduce desde la vía troncal central estación Guapota-Guapotá. Para la localización de los SEV se utilizó un GPS (Global Positioning System) Map 60CSx Garmin, que es un sistema de localización por satélite, el cual determina la posición de un punto en relación a un grupo de satélites que orbitan la tierra y envían continuamente señales de radio con la posición y el tiempo exactos de cada uno de ellos. Conociendo tres o más de estos satélites y calculando las diferencias en tiempo entre señales transmitidas, el GPS determina su posición en coordenadas planas con una precisión de 2 m.

En este informe técnico se consignan los resultados del estudio y se describen las características hidrogeológicas del subsuelo, manifestando la litología asociada y su estado, conductas de resistividad y comportamientos hídricos.

2. GEOLOGÍA

El área de interés corresponde totalmente a rocas sedimentarias, representadas especialmente por materiales arcillosos, calcáreos y arenosos, los cuales descansan sobre rocas sedimentarias más antiguas que no afloran en el área de influencia, que hacen parte del conjunto sedimentario del Cretáceo Inferior del Macizo de Santander.

La unidad reconocida en campo fue la Formación Tablazo (Ver Figura 2), la cual está parcialmente cubierta por delgados cuerpos cuaternarios (derrubios, conos de deyección y Coluviones) y presentan en términos generales exposición aceptable, meteorización avanzada, observable parcialmente a lo largo de las vías de comunicación y en pequeñas cañadas fuera del área.

1 2.1 ESTRATIGRAFÍA

En este capítulo se desea ilustrar las características litológicas y sedimentológicas de las unidades de roca del subsuelo que están comprometidas en la amplitud de investigación de la herramienta Geoeléctrica, además de evaluar y comprender las propiedades de permeabilidad, porosidad primaria y secundaria de las unidades que están en capacidad de almacenar el agua subterránea; es decir nos interesa detallar la litología de las rocas que estarían incluidas en el basamento del respectivo coluvión y suelos residuales. A profundidades mayores a las del estudio geoelectrico, existen diferentes unidades de roca que para nuestro objetivo exploratorio no implican repercusiones importantes y por ello no se describen en el presente informe.

2 2.1.1 Formación Tablazo (Kit)

Descrita por O.C. Wheeler (en MORALES, L. et al., 1958) y la localidad tipo está en



LEYENDA

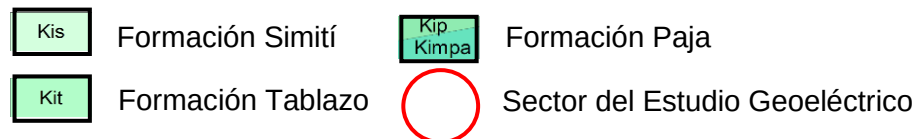


Figura No. 2. Mapa Geológico regional y de Localización del área de ejecución del Estudio Geoeléctrico

sitio Tablazo, en el puente del cruce del Río Sogamoso de la vía Bucaramanga-San Vicente. La secuencia de esta unidad consiste de calizas gris a negras, fosilíferas,

localmente glauconíticas y arcillosas de color negro, con niveles intercalados de arcillolitas grises a gris azulado, calcáreas, fosilíferas, en capas medianas a gruesas, con intercalaciones de arenisca grises, grano fino a medio, arcillosas, levemente calcáreas, en capas delgadas. El ambiente de depósito parece corresponder a condiciones neríticas, pocas profundas. El espesor varía entre 150 y 325 m.

La Formación Tablazo se encuentra en contactos concordantes con la infrayacente Formación Paja y la suprayacente Formación Simití. Su edad es considerada del Aptiano superior-Albiano inferior. Esta unidad en parte es crono-estratigráficamente correlacionable con las formaciones Tibú-Mercedes y Aguardiente

3 2.1.2 Depósito Coluvial (Qcl)

El cuerpo cuaternario está constituido por un depósito coluvial medianamente espeso con materiales heterogéneos y heterométricos de areniscas y arcillolitas, embebidos en una matriz limo-arcillosa, depositados por diferentes medios de transporte en especial la gravedad y el agua subterránea. Este depósito suprayace a sedimentos del cretácico inferior compuesto por arcillolitas, areniscas arcillosas fosilíferas y calizas grises a negras fosilíferas.

3. METODOLOGÍA DE TRABAJO

Para la ejecución del Estudio Geoelectrico se efectuaron cuatro (4) fases o etapas de trabajo que incluyeron las siguientes actividades:

- i. **Fase de Reconocimiento Lito-Estratigráfico y Estructural:** Realizada en los alrededores del área del proyecto, con el fin de reconocer la geología local, estratigrafía, geomorfología, inclinación (actitud) de las capas de roca en superficie y constatar e identificar los principales agentes hídricos.
- ii. **Fase de Adquisición de Datos:** Efectuada con la visita puntual en los sitios de interés geotécnico para planear la ubicación y ejecución de cuatro (4) Sondeos Eléctricos Verticales SEV (Ver Figura 3) con una profundidad de investigación Geofísica de 133.33 m.
- iii. **Fase de Valoración de Información:** Revisión bibliográfica y análisis de la Información geológica existente de superficie y subsuelo, para el sector del estudio.
- iv. **Fase de Procesamiento e Interpretación:** Con los datos adquiridos de las fases anteriores y utilizando software, se realizó el procesamiento e interpretación de los datos y se correlacionaron los resultados con la información regional y local.

Los sondeos se realizan con un equipo de resistividad GESS-2000 compuesto por un Transmisor y un Receptor con las siguientes características: Potencia 1500 W, Máximo Voltaje de Salida 400V, AB/2 Máxima de 1000 m de profundidad, Electrodo en Acero Inoxidable de Alta Conductividad, Corriente de salida: continua DC, Precisión en la corriente de salida 0.5% en 100mA, Tiempo de pulsación de 1 a 4 segundos, Lecturas en auto-rango, Precisión V/I de 0.1%, Impedancia de entrada 1 M mínimo, Fuente de entrada 12V, Operación de temperaturas entre -5 a +50°C.

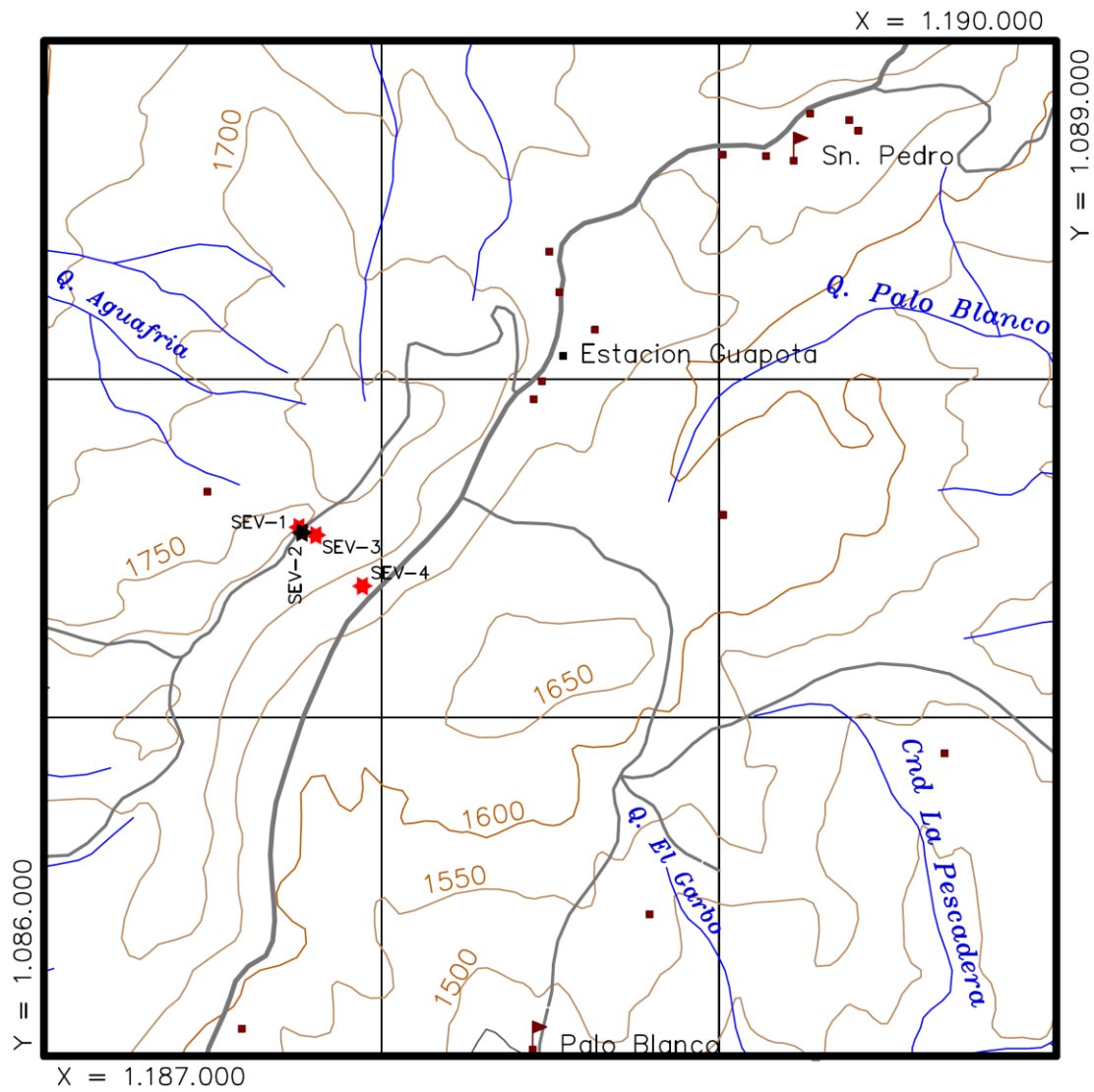


Figura No. 3 Plano topográfico regional con la ubicación de los Sondeos Eléctricos Verticales en el K1+500 de la vía Estación Guanota al municipio de Guanotá

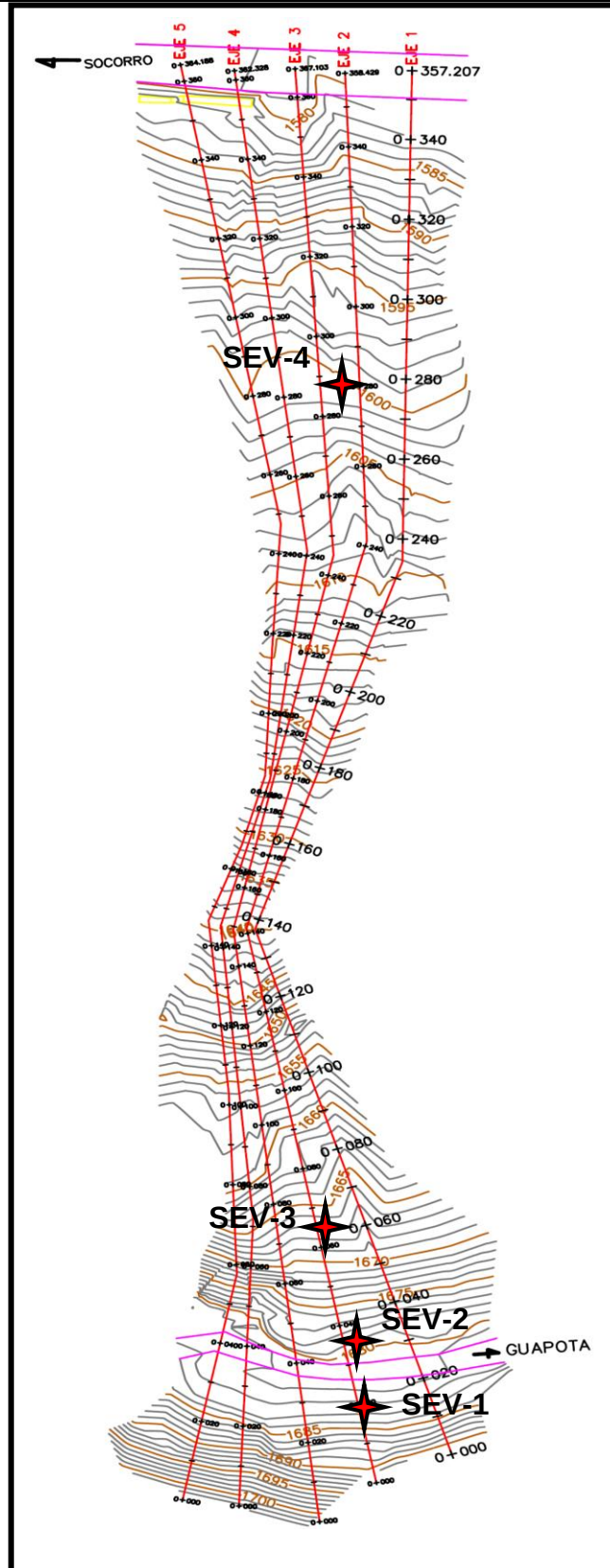


Figura No. 4 Vista de planta del K1+500 de la vía Estación Guapotá – municipio de Guapotá con la ubicación de los Sondeos Eléctricos Verticales SEV-1 SEV-2 SEV-3 y SEV-4

3.1 DISPOSITIVO SCHLUMBERGER

En este tipo de arreglo, los electrodos de potencial se colocan como se muestra en la Figura 5: (M y N); se ubican simétricamente a una distancia l del punto central. De igual forma se colocan los electrodos de corriente (A y B) a una distancia L del punto central, conservando entre todos una alineación. Por lo tanto, L es equivalente a $AB/2$, mientras que el valor de $MN/2$ lo es para l .

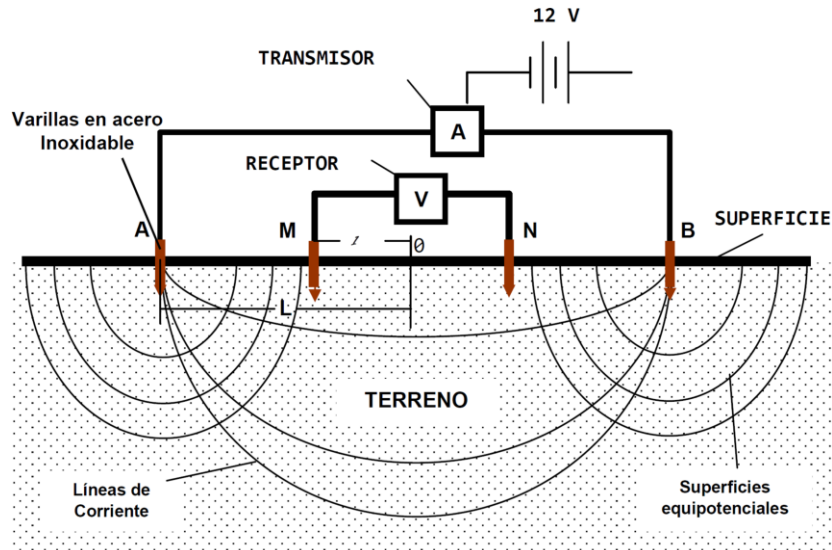


Figura No. 5. Montaje Típico o Configuración Electrónica Tipo Schlumberger para la ejecución de los Sondeos Eléctricos Verticales

De este arreglo se extrae el siguiente valor de K , que corresponde a la constante, para cada apertura. K se denomina constante geométrica, porque depende directamente de la geometría del dispositivo empleado para inyectar y medir la corriente y tiene las dimensiones de una distancia (m).

$$K = \frac{2\pi}{\frac{1}{L-l} - \frac{1}{L+l} - \frac{1}{L+l} + \frac{1}{L-l}} = \frac{\pi(L^2 - l^2)}{2l}$$

(Fuente: Cantos Figueroa en el Tratado de Geofísica Aplicada, 1979)

Ejemplo: Reemplazando los valores para el caso de la constante (K) con apertura $AB/2$ (L): 1,33 m y $MN/2$ (l): 0,44 m, se obtiene:

$$K = \pi \frac{((1,33^2) - (0,44^2))}{2 * 0,44} = 5,62m$$

Normalmente sólo se utiliza la constante con dos (2) dígitos.

Este arreglo es el utilizado en el proyecto y se practica con apertura de octava de ciclo logarítmico, lo cual hace que se obtengan 8 lecturas entre las profundidades 1,33 a 10 (m); 13,34 a 100 (m) y 133,34 a 1000 (m) que representan el AB/2, las que están representando cada una a un ciclo logarítmico. Se inicia con un MN/2 de 0,44 (m) (equivalente al 33% del AB/2 inicial), el cual se amplía a 5,93 (m) a partir del valor AB/2 inicial de 31,62 (m), con el fin de lograr valores más representativos. En caso de efectuar sondeos más profundos a los realizados, la nueva apertura MN/2 corresponde a 44,44 (m), la cual se inicia a partir de los 133,34(m). Siempre se conserva esta proporcionalidad cuando se requiere ampliar el AB/2.

Con el fin de tener una resolución de interpretación de la profundidad de diseño, la cual debe ser correspondiente con la profundidad efectiva, fue necesario realizar una extrapolación de la curva de campo (un ciclo adicional), de acuerdo con las recomendadas de Otto Koefoed, para la aplicación de este en la curva teórica, obteniendo una profundidad efectiva del 60% de la profundidad investigada en campo (AB/2).

Para el cálculo de la Resistividad (R), se aplica la siguiente relación:

$$R = \frac{V(m.voltios)}{I(m.amperios)} * K(m) = \Omega - m$$

Las lecturas para los diferentes cálculos se efectúan de acuerdo con lo expresado en la Tabla 1.

Configuración de Electrodo Tipo Schlumberger

CONFIGURACIÓN ELECTRODOS POR MÉTODO SCHLUMBERGER	
AB/2 m	MN/2 m
1,33 – 31,62	0,44
31,62- 133,34	5,93
133,34 – 562,30	44,44
562,30 -1000,00	105,40

Lo anterior permite obtener puntos de control para las dos últimas lecturas, de tal manera que se analice la posible desviación de la curva de campo en lo referente a la resistividad

aparente que se está logrando. En la interpretación se toma el valor más cercano al comportamiento de la curva.

El valor de la constante geoelectrica K, para cada apertura se presenta en cada sondeo, dependiendo de la separación de los electrodos AB/2 y MN/2.

3.2 ANÁLISIS DE DATOS GEOELÉCTRICOS

En interpretaciones cuantitativas se debe distinguir entre interpretaciones puramente matemáticas e interpretaciones Hidrogeológicas. Es decir, la interpretación de un levantamiento Geoelectrico es mucho más que simplemente sumar los resultados de una interpretación matemática de cada una de las mediciones.

Una interpretación geoelectrica tiene además como objetivo proporcionar información, como:

- Profundidades, espesores y extensión de acuíferos, capas semipermeables e impermeables.
- Nivel freático
- Profundidad del basamento
- Interfaz entre aguas dulces y saladas
- Calidad química de las aguas subterráneas
- Propiedades físicas de la roca (Porosidad, permeabilidad, granulometría, etc.)
- En general, aporta datos sobre constitución hidrogeológica en un área.

En la interpretación de un Sondeo Eléctrico Vertical las resistividades aparentes, obtenidas por medio de un SEV con el dispositivo Schlumberger, se representan en función de las distancias AB/2 en un gráfico de papel doblemente logarítmico, en el cual las ordenadas representan profundidades y las abscisas resistividad aparente (ver figuras 6, 8, 10 y 12).

El sistema computarizado recibe las aperturas y la resistividad aparente, lo cual permite interpretar las unidades geoelectricas con resistividad, espesor y profundidad del techo (ver Anexos 1 y 2), para que manualmente se determine la litología correspondiente. Los anteriores datos son incluidos en otro programa de computador, denominado Curteo, en el cual se procede, independientemente del programa inicial, en forma totalmente inversa,

obteniendo así la curva teórica, la cual indica el grado de confiabilidad de los datos obtenidos en el campo.

Para ambos casos se emplea un error relativo de 0,10, lo cual muestra la precisión con la cual se maneja la información a ser comparada.

4. INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

4.1 SONDEO ELÉCTRICO VERTICAL SEV – 1

LOCALIZACIÓN: Vía Estación Guapotá- municipio de Guapotá K1+500 (Figura 7).

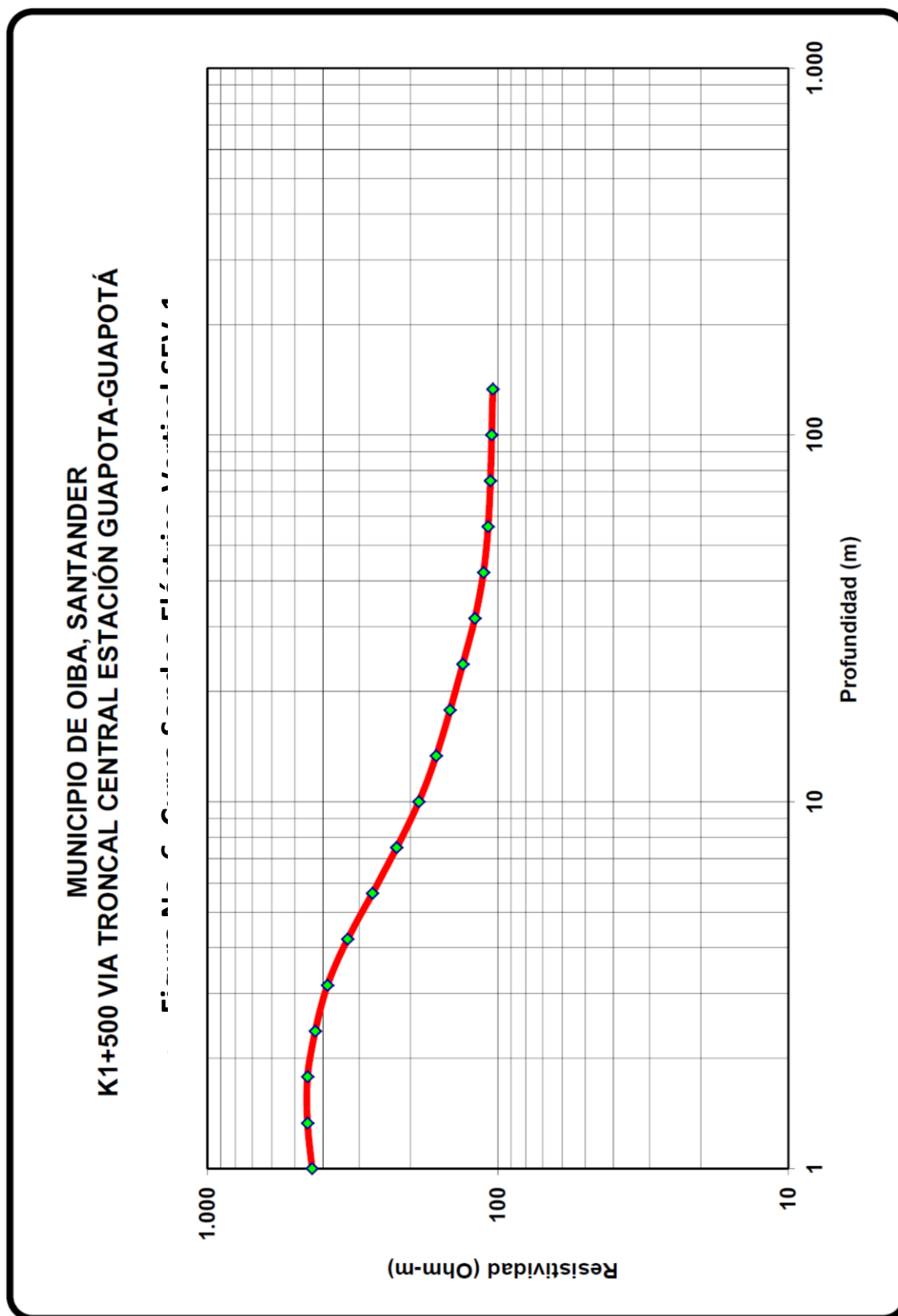
PROFUNDIDAD INVESTIGADA: $AB/2 = 133.33$ m.

TERRENO: Inclinado

COORDENADAS: X = 1'188.564, Y = 1'086.756, Z = 1782 msnm

ERROR RELATIVO: 0.0064

Profundidad (m) Desde - Hasta	Unidad Geoeléctrica	Resistividad (Ohm – m)	Correlación Hidrogeológica
0.00 - 0.30	I	413	Suelo arcillo-arenoso con materia orgánica.
0.30 - 2.60	II	454	Depósito coluvial compuesto por bloques de areniscas embebidos en una matriz arcillosa
2.60 - 16.30	III	136	Basamento sedimentario compuesto por arcillolitas calcáreas con intercalaciones de areniscas. Con cierto grado de meteorización y húmedo. Formación Tablazo.
16.30 - 133.33	IV	101	Basamento sedimentario compuesto por arcillolitas calcáreas con intercalaciones de areniscas. Húmedas. Formación Tablazo.



pluvial
litas
tácico
os de
s, con
on la

La información de resistividad da la evidencia de recurso hídrico en las unidades geoeléctricas III y IV.

4.2 SONDEO ELÉCTRICO VERTICAL SEV – 2

LOCALIZACIÓN: Vía Estación Guapotá- municipio de Guapotá K1+500 (Figura 9).

PROFUNDIDAD INVESTIGADA: $AB/2 = 133.33$ m.

TERRENO: Inclinado

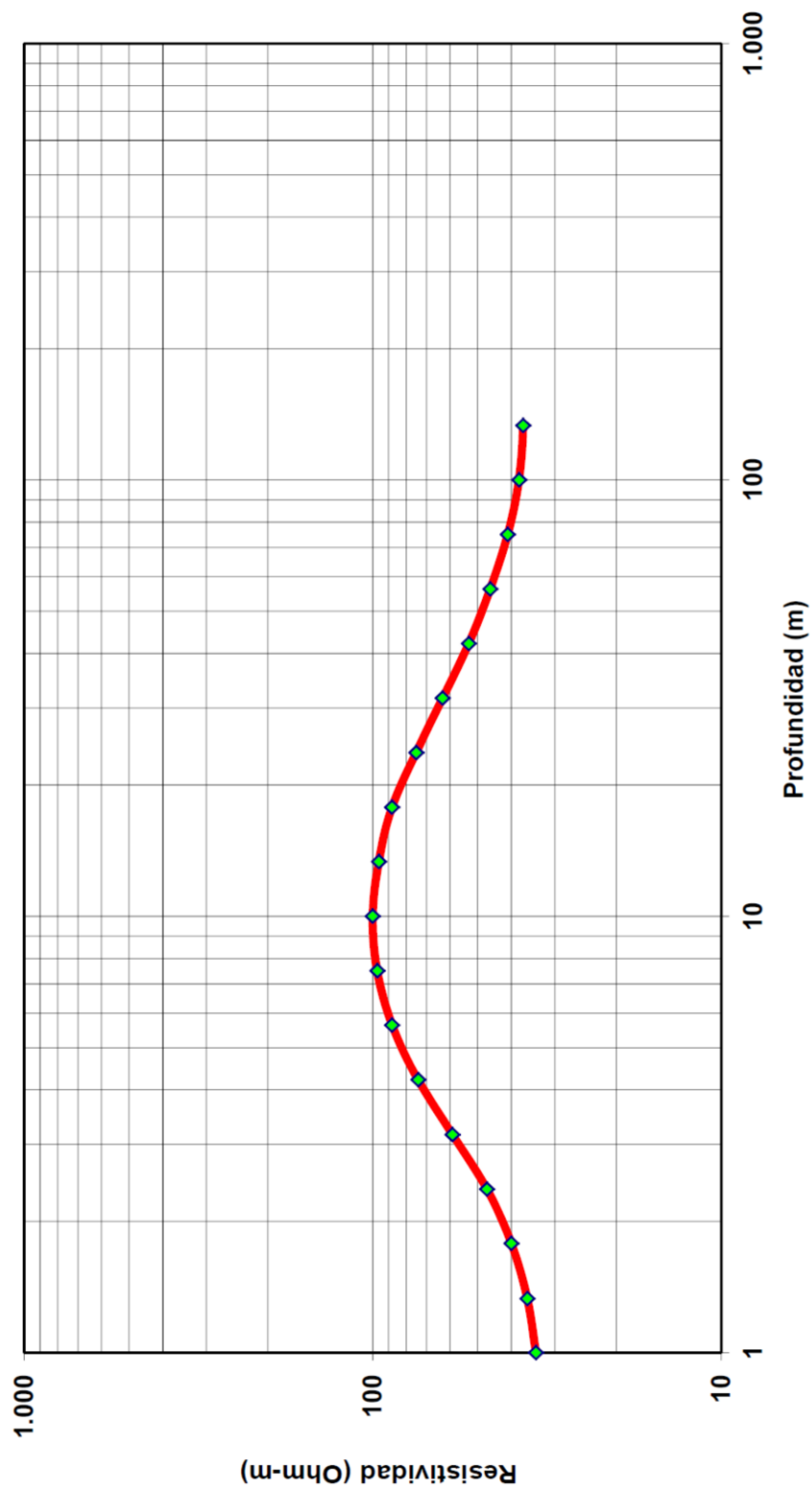
COORDENADAS: X = 1'188.548, Y = 1'086.765, Z = 1774 msnm

ERROR RELATIVO: 0.0168

Profundidad (m) Desde - Hasta	Unidad Geoeléctrica	Resistividad (Ohm – m)	Correlación Hidrogeológica
0.0 - 0.90	I	31	Depósito coluvial compuesto por bloques de areniscas y arcillolitas embebidos en una matriz arcillosa. Saturado.
0.90 - 1.80	II	60	Depósito coluvial compuesto por bloques de areniscas y arcillolitas embebidos en una matriz arcillosa. Saturado.
1.80 - 6.30	III	209	Depósito coluvial compuesto por bloques de areniscas y arcillolitas embebidos en una matriz arcillosa. Húmedo.
6.30 - 67.10	IV	38	Basamento sedimentario Con cierto grado de meteorización compuesto por lutitas calcáreas. Muy Húmedas. Formación Tablazo.
67.10 - 133.33	V	35	Basamento sedimentario compuesto por lutitas calcáreas. Muy Húmedas. Formación Tablazo.

MUNICIPIO DE OIBA, SANTANDER
K1+500 VIA TRONCAL CENTRAL ESTACIÓN GUAPOTA-GUAPOTÁ

Figura 11. Curva de Resistividad vs. Profundidad



La presente sección Geoeléctrica se caracteriza por presentar un depósito coluvial compuesto por fragmentos heterométricos y heterogéneos de areniscas y arcillolitas embebidos en una matriz arcillo-limosa, suprayaciendo a un basamento Cretácico conformado por calizas fosilíferas y arcillosas de color negro, con niveles intercalados de arcillolitas grises a gris azulado, calcáreas, fosilíferas, en capas medianas a gruesas, con intercalaciones de arenisca arcillosas, levemente calcáreas correlacionables con la Formación Tablazo.

La información de resistividad da la evidencia de recurso hídrico en todas las unidades geoeléctricas.

6 4.3 SONDEO ELÉCTRICO VERTICAL SEV – 3

LOCALIZACIÓN: Vía Estación Guapotá- municipio de Guapotá K1+500 (Figura 11).

PROFUNDIDAD INVESTIGADA: $AB/2 = 133.33$ m.

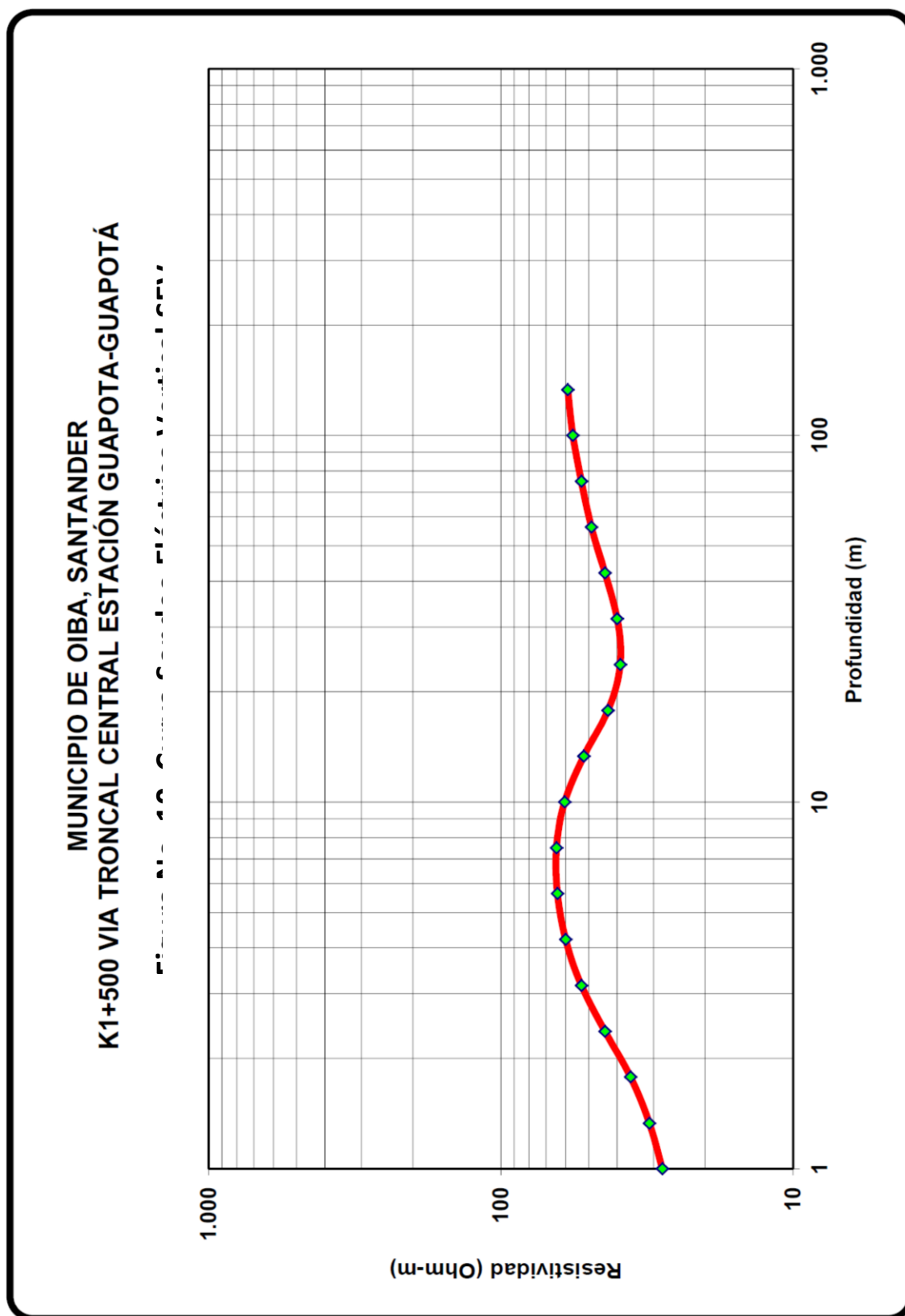
TERRENO: ondulado

COORDENADAS: X = 1'188.540, Y = 1'086.806, Z = 1761 msnm

ERROR RELATIVO: 0.0116

Profundidad (m) Desde - Hasta	Unidad Geoeléctrica	Resistividad (Ohm – m)	Correlación Hidrogeológica
0.0 - 0.50	I	23	Suelo arcillo-limoso con materia orgánica. Saturado.
0.50 - 1.30	II	35	Depósito coluvial compuesto por bloques de areniscas y arcillolitas embebidos en una matriz arcillosa. Saturado.
1.30 - 4.40	III	148	Depósito coluvial compuesto por bloques de areniscas y arcillolitas embebidos en una matriz arcillosa. Húmedo.
4.40 - 10.60	IV	11	Basamento sedimentario

Profundidad (m) Desde - Hasta	Unidad Geoeléctrica	Resistividad (Ohm – m)	Correlación Hidrogeológica
			compuesto por arcillolitas calcáreas. Saturadas. Formación Tablazo.
10.60 - 31.60	V	98	Basamento sedimentario compuesto por arcillolitas calcáreas con intercalaciones de areniscas. Húmedas. Formación Tablazo.
31.60 - 133.33	VI	62	Basamento sedimentario compuesto por arcillolitas calcáreas con intercalaciones de areniscas. Húmedas. Formación Tablazo.





6.1 Figura No. 11. Foto del lugar en donde se ejecutó el SEV-3.

7 4.3.1 Observaciones Sondeo Eléctrico Vertical SEV – 3

La presente sección Geoeléctrica se caracteriza por presentar un depósito coluvial compuesto por fragmentos heterométricos y heterogéneos de areniscas y arcillolitas embebidos en una matriz arcillo-limosa, suprayaciendo a un basamento Cretácico conformado por calizas fosilíferas y arcillosas de color negro, con niveles intercalados de arcillolitas grises a gris azulado, calcáreas, fosilíferas, en capas medianas a gruesas, con intercalaciones de arenisca arcillosas, levemente calcáreas correlacionables con la Formación Tablazo.

La información de resistividad da la evidencia de recurso hídrico en todas las unidades geoeléctricas.

8 4.4 SONDEO ELÉCTRICO VERTICAL SEV – 4

LOCALIZACIÓN: Vía Estación Guapotá- municipio de Guapotá K1+500, sitio cercano a la vía nacional (Figura 11).

PROFUNDIDAD INVESTIGADA: $AB/2 = 133.33$ m.

TERRENO: ondulado

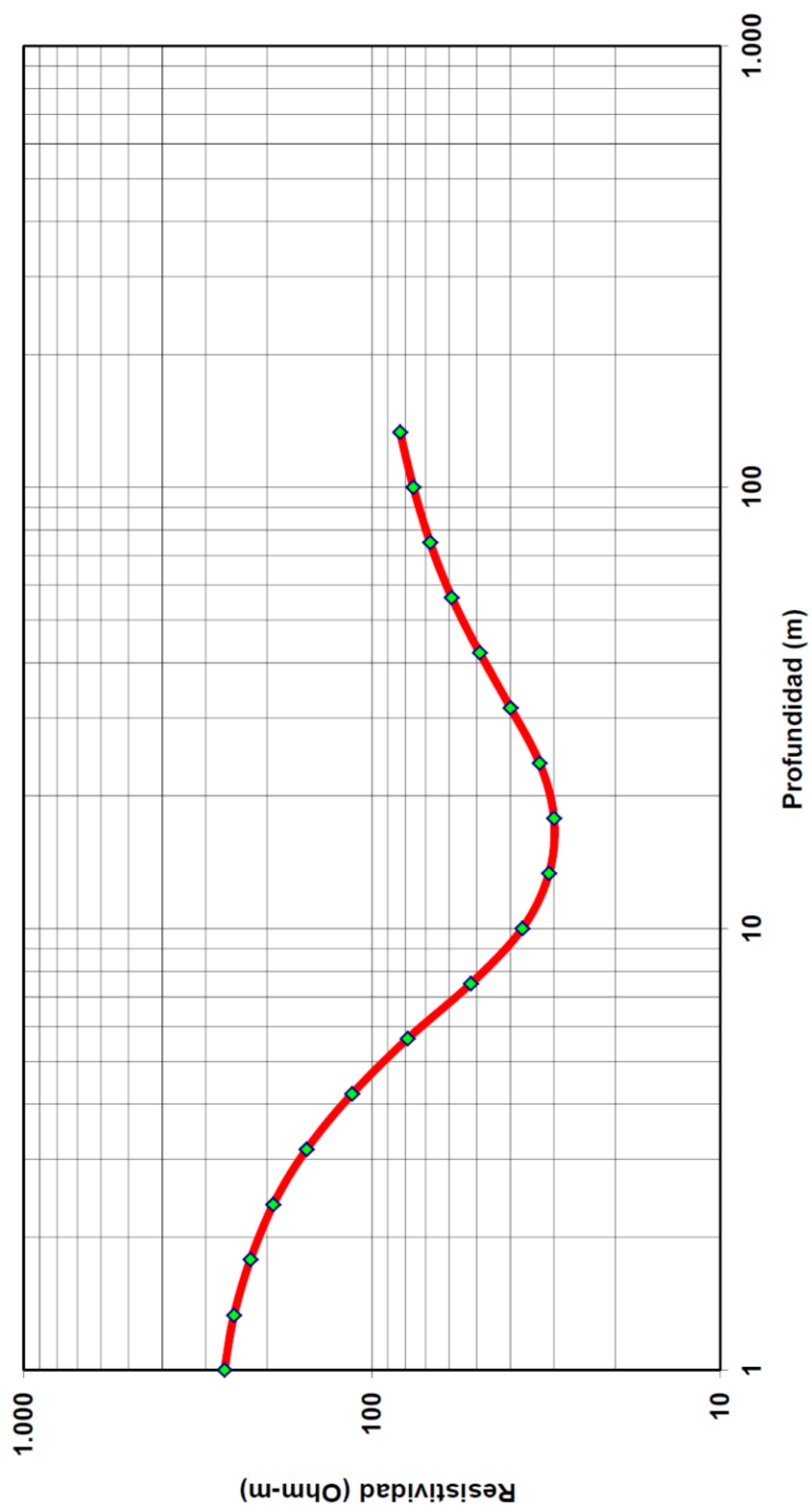
COORDENADAS: X = 1'188.390, Y = 1'086.944, Z = 1703 msnm

ERROR RELATIVO: 0.0104

Profundidad (m) Desde - Hasta	Unidad Geoeléctrica	Resistividad (Ohm – m)	Correlación Hidrogeológica
0.00 - 0.80	I	297	Suelo arcillo-arenoso con materia orgánica.
0.80 - 3.10	II	144	Depósito coluvial compuesto por bloques de areniscas y arcillolitas embebidos en una matriz arcillosa. Húmedo.
3.10 - 16.20	III	22	Depósito coluvial compuesto por bloques de areniscas y arcillolitas embebidos en una matriz arcillosa. Saturado.
16.20 - 77.30	IV	119	Basamento sedimentario compuesto por arcillolitas calcáreas con intercalaciones de areniscas. Húmedas. Formación Tablazo.
77.30 - 133.33	V	89	Basamento sedimentario compuesto por arcillolitas calcáreas con intercalaciones de areniscas. Húmedas. Formación

Profundidad (m) Desde - Hasta	Unidad Geoeléctrica	Resistividad (Ohm – m)	Correlación Hidrogeológica
			Tablazo.

MUNICIPIO DE OIBA, SANTANDER
K1+500 VIA TRONCAL CENTRAL ESTACIÓN GUAPOTA-GUAPOTÁ
RESISTIVIDAD VS. PROFUNDIDAD





8.1 Figura No. 13. Foto del lugar en donde se ejecutó el SEV-4.

9 4.4.1 Observaciones Sondeo Eléctrico Vertical SEV – 4

La presente sección Geoeléctrica se caracteriza por presentar un depósito coluvial compuesto por fragmentos heterométricos y heterogéneos de areniscas y arcillolitas embebidos en una matriz arcillo-limosa, suprayaciendo a un basamento Cretácico conformado por calizas fosilíferas y arcillosas de color negro, con niveles intercalados de arcillolitas grises a gris azulado, calcáreas, fosilíferas, en capas medianas a gruesas, con intercalaciones de arenisca arcillosas, levemente calcáreas correlacionables con la Formación Tablazo.

La información de resistividad da la evidencia de recurso hídrico en todas las unidades geoeléctricas.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

De acuerdo con las observaciones de campo efectuadas y la interpretación de los Sondeos Eléctricos Verticales SEV-1, SEV-2, SEV-3 y SEV-4, realizados en el área de interés del coluvión, es posible obtener las siguientes conclusiones y recomendaciones:

- ♦ En general esta región genera una expresión Geomorfológica de origen denudacional-estructural de pendientes fuertes a moderadas.
- ♦ Las secciones Geoeléctricas de los Sondeos Eléctricos Verticales presentan una litología correspondiente a rocas sedimentarias marinas del Cretáceo conformado por calizas fosilíferas y arcillosas de color negro, con niveles intercalados de arcillolitas grises a gris azulado, calcáreas, fosilíferas, en capas medianas a gruesas, con intercalaciones de arenisca arcillosas, levemente calcáreas correlacionables con la Formación Tablazo, infrayaciendo a un depósito coluvial compuesto por fragmentos heterométricos y heterogéneos de areniscas y arcillolitas embebidos en una matriz arcillo-limosa.
- ♦ Las unidades geoeléctricas en general se encuentran con bastante humedad tanto en el depósito coluvial como en el basamento metamórfico.
- ♦ La zona principal de recarga parece ser el resultado de la infiltración directa de las precipitaciones que ocurren en el área, el aporte de las aguas precipitadas en la zona montañosa durante la estación lluviosa, las aguas provenientes de la infiltración de las corrientes superficiales existentes. La escorrentía superficial fluye sobre una topografía de pendientes empinadas a fuertes, que permiten una elevada infiltración hacia zonas más profundas.
- ♦ En general en los sitios investigados geoeléctricamente, se permite observar meteorización y fracturamiento en el basamento debido al tectonismo presente en la zona.

- ♦ Las unidades III y IV del SEV-1 y todas las unidades geoelectricas de los SEV-2, SEV-3 y SEV-4 presentan bastante recurso.
- ♦ Las rocas del basamento están buzando hacia el Noroeste, las cuales no están favoreciendo el movimiento coluvial.
- ♦ En el siguiente cuadro se presenta un resumen Geológico-Geotécnico de la investigación geoelectrica realizada para los sitios donde se ejecutaron los Sondeos Eléctricos Verticales :

SITIO SONDE O	SUELO Desde....Has ta	SUELO RESIDUAL Desde.....Has ta	COLUVION Desde...Has a	BASAMENTO partir de:
SEV - 1	-	-	0.00 – 2.60	2.60
SEV - 2	-	-	0.00 – 6.30	6.30
SEV - 3	-	-	0.00 – 4.40	4.40
SEV - 4	-	-	0.00 – 16.20	16.20

- ♦ El grado de meteorización va disminuyendo a medida que se profundiza la roca hasta llegar a la roca fresca.
- ♦ El depósito coluvial es bastante espeso hacia la Vía Nacional y disminuye hacia la corona (ver Perfil Geoelectrico esquemático en el Anexo 3 entre los SEV-1, SEV-2 y SEV-3, y además observar la profundidad del basamento rocoso en el SEV-4).

10 BIBLIOGRAFÍA

Aparicio, F. 1989. Fundamentos de Hidrología de Superficie. Editorial Limusa.

Bear, J. 1979. Hydraulics of Groundwater. Mc Graw Hill, New York.

Cantos F. 1978. Tratado de Geofísica Aplicada.

Custodio, E., y Llamas, M. 1978. Hidrología Subterránea. Editorial Omega S. A. Barcelona. Tomos I y II.

De Wiest, R. 1965. Geohidrology. Editorial Willey, New York.

Ingeominas. 1957. Boletín Geológico, volumen V, Número 3.

Ingeominas, 1976. Mapa Geológico de Colombia, 1 plano.

Ingeominas. 1998. Mapa Geológico Generalizado de Santander.

Ingeominas. 2009. Boletín y Mapa Geológico Plancha 151 - Charalá.

Ingeominas. 2009. Boletín y Mapa Geológico Plancha 135 – San Gil.

Koefoed, Otto. 1979. Geosounding Principles, 1 Resistivity Sounding Measurements. Elsevier Scientific Publishing, Amsterdam.

TNO. 1988. Conferencias Curso Evaluación de Recursos de Aguas Subterráneas. Bogotá.

ANEXO 1

11 ANEXO 1. RESUMEN TABULADO DE RESITIVIDADES Y RESISTENCIAS PARA CADA PUNTO ESTUDIADO

**Resistividades Aparentes y Resistencias del Sitio de Ejecución del Sondeo
Eléctrico Vertical SEV- 1**

AB/2 (m)	K (m)	Resistencia (Ohm)	Resistividad (Ohm – m)
1,33	5,62	80,42704626	452,00
1,78	10,62	42,56120527	452,00
2,37	19,36	21,95247934	425,00
3,16	34,95	11,04434907	386,00
4,22	62,88	5,232188295	329,00
5,63	112,06	2,409423523	270,00
7,50	200,12	1,114331401	223,00
10,00	356,30	0,524838619	187,00
13,34	634,60	0,256854712	163,00
17,78	1127,88	0,129446395	146,00
23,71	2006,23	0,065795048	132,00
31,62	255,52	0,469630557	120,00
42,17	461,74	0,242560748	112,00
56,23	828,21	0,13040171	108,00
74,99	1480,29	0,07160759	106,00
100,00	2637,50	0,039810427	105,00
133.33	4699,60	0,022129543	104,00

**Resistividades Aparentes y Resistencias del Sitio de Ejecución del Sondeo
Eléctrico Vertical SEV- 2**

AB/2 (m)	K (m)	Resistencia (Ohm)	Resistividad (Ohm – m)
1,33	5,62	6,40569395	36,00
1,78	10,62	3,766478343	40,00

AB/2 (m)	K (m)	Resistencia (Ohm)	Resistividad (Ohm – m)
2,37	19,36	2,42768595	47,00
3,16	34,95	1,688125894	59,00
4,22	62,88	1,176844784	74,00
5,63	112,06	0,785293593	88,00
7,50	200,12	0,484709174	97,00
10,00	356,30	0,280662363	100,00
13,34	634,60	0,151276395	96,00
17,78	1127,88	0,078022485	88,00
23,71	2006,23	0,03738355	75,00
31,62	255,52	0,246556043	63,00
42,17	461,74	0,114783211	53,00
56,23	828,21	0,055541469	46,00
74,99	1480,29	0,027697276	41,00
100,00	2637,50	0,014407583	38,00
133.33	4699,60	0,00787301	37,00

Resistividades Aparentes y Resistencias del Sitio de Ejecución del Sondeo Eléctrico Vertical SEV- 3

AB/2 (m)	K (m)	Resistencia (Ohm)	Resistividad (Ohm – m)
1,33	5,62	5,516014235	31,00
1,78	10,62	3,389830508	36,00
2,37	19,36	2,272727273	44,00
3,16	34,95	1,516452074	53,00
4,22	62,88	0,954198473	60,00
5,63	112,06	0,571122613	64,00
7,50	200,12	0,322306616	64,50

AB/2 (m)	K (m)	Resistencia (Ohm)	Resistividad (Ohm – m)
10,00	356,30	0,16980073	60,50
13,34	634,60	0,08194138	52,00
17,78	1127,88	0,038124623	43,00
23,71	2006,23	0,019439446	39,00
31,62	255,52	0,156543519	40,00
42,17	461,74	0,095291723	44,00
56,23	828,21	0,059163739	49,00
74,99	1480,29	0,035803795	53,00
100,00	2637,50	0,02149763	56,70
133,33	4699,60	0,01255426	59,00

**Resistividades Aparentes y Resistencias del Sitio de Ejecución del Sondeo
Eléctrico Vertical SEV- 4**

AB/2 (m)	K (m)	Resistencia (Ohm)	Resistividad (Ohm – m)
1,33	5,62	44,30604982	249,00
1,78	10,62	20,99811676	223,00
2,37	19,36	9,917355372	192,00
3,16	34,95	4,406294707	154,00
4,22	62,88	1,812977099	114,00
5,63	112,06	0,704979475	79,00
7,50	200,12	0,259844094	52,00
10,00	356,30	0,103845074	37,00
13,34	634,60	0,048849669	31,00
17,78	1127,88	0,026598574	30,00
23,71	2006,23	0,016448762	33,00
31,62	255,52	0,156543519	40,00
42,17	461,74	0,106120327	49,00

AB/2 (m)	K (m)	Resistencia (Ohm)	Resistividad (Ohm – m)
56,23	828,21	0,071237971	59,00
74,99	1480,29	0,045936945	68,00
100,00	2637,50	0,028815166	76,00
133.33	4699,60	0,017661078	83,00

ANEXO 2

12 ANEXO 2. RESULTADOS DEL PROCESAMIENTO GEOELECTRICO

SONDEO ELECTRICO VERTICAL SEV- 1

MODEL DATA LAYER 1

.52 TO 1.23 .25 413.00
454.28

CONTINUE(1), CHOOSE DEPTH(2), CHOOSE NEXT
RESISTIVITY

(3), OR CHOOSE DEPTH AND NEXT RESISTIVITY (4)

1

MODEL DATA LAYER 2

1.64 TO 12.29 2.32 454.28
136.26

CONTINUE(1), CHOOSE DEPTH(2), CHOOSE NEXT
RESISTIVITY

(3), OR CHOOSE DEPTH AND NEXT RESISTIVITY (4)

1

MODEL DATA LAYER 3

16.40 TO 291.56 13.69 136.26
101.02

CONTINUE(1), CHOOSE DEPTH(2), CHOOSE NEXT
RESISTIVITY

(3), OR CHOOSE DEPTH AND NEXT RESISTIVITY (4)

1

FINAL SOLUTION

LAYER	RESISTIVITY	THICKNESS	DEPTH
1	413.0	.3	.0
2	454.3	2.3	.3
3	136.3	13.7	2.6

SONDEO ELECTRICO VERTICAL SEV- 2

MODEL DATA LAYER 1

.39 TO 1.23 .87 30.90
60.24

CONTINUE(1), CHOOSE DEPTH(2), CHOOSE NEXT
RESISTIVITY

(3), OR CHOOSE DEPTH AND NEXT RESISTIVITY (4)

1

MODEL DATA LAYER 2

1.64 TO 3.89 .92 60.24
209.33

CONTINUE(1), CHOOSE DEPTH(2), CHOOSE NEXT
RESISTIVITY

(3), OR CHOOSE DEPTH AND NEXT RESISTIVITY (4)

1

MODEL DATA LAYER 3

5.18 TO 69.14 4.53 209.33
38.32

CONTINUE(1), CHOOSE DEPTH(2), CHOOSE NEXT
RESISTIVITY

(3), OR CHOOSE DEPTH AND NEXT RESISTIVITY (4)

1

MODEL DATA LAYER 4

92.20 TO 291.56 60.78 38.32
34.49

CONTINUE(1), CHOOSE DEPTH(2), CHOOSE NEXT
RESISTIVITY

(3), OR CHOOSE DEPTH AND NEXT RESISTIVITY (4)

SONDEO ELECTRICO VERTICAL SEV- 3

MODEL DATA LAYER 1

.39 TO .69 .47 23.00
34.96

CONTINUE(1), CHOOSE DEPTH(2), CHOOSE NEXT
RESISTIVITY

(3), OR CHOOSE DEPTH AND NEXT RESISTIVITY (4)

1

MODEL DATA LAYER 2

.92 TO 2.19 .83 34.96
147.94

CONTINUE(1), CHOOSE DEPTH(2), CHOOSE NEXT
RESISTIVITY

(3), OR CHOOSE DEPTH AND NEXT RESISTIVITY (4)

1

MODEL DATA LAYER 3

2.92 TO 6.91 3.08 147.94
10.80

CONTINUE(1), CHOOSE DEPTH(2), CHOOSE NEXT
RESISTIVITY

(3), OR CHOOSE DEPTH AND NEXT RESISTIVITY (4)

1

MODEL DATA LAYER 4

9.22 TO 29.16 6.22 10.80
97.81 13

CONTINUE(1), CHOOSE DEPTH(2), CHOOSE NEXT
RESISTIVITY

(3), OR CHOOSE DEPTH AND NEXT RESISTIVITY (4)

SONDEO ELECTRICO VERTICAL SEV- 4

MODEL DATA LAYER 1

.39 TO 1.64 .80 297.00
143.79

CONTINUE(1), CHOOSE DEPTH(2), CHOOSE NEXT
RESISTIVITY

(3), OR CHOOSE DEPTH AND NEXT RESISTIVITY (4)

1

MODEL DATA LAYER 2

2.19 TO 9.22 2.30 143.79
22.44

CONTINUE(1), CHOOSE DEPTH(2), CHOOSE NEXT
RESISTIVITY

(3), OR CHOOSE DEPTH AND NEXT RESISTIVITY (4)

1

MODEL DATA LAYER 3

12.29 TO 69.14 13.11 22.44
118.82

CONTINUE(1), CHOOSE DEPTH(2), CHOOSE NEXT
RESISTIVITY

(3), OR CHOOSE DEPTH AND NEXT RESISTIVITY (4)

1

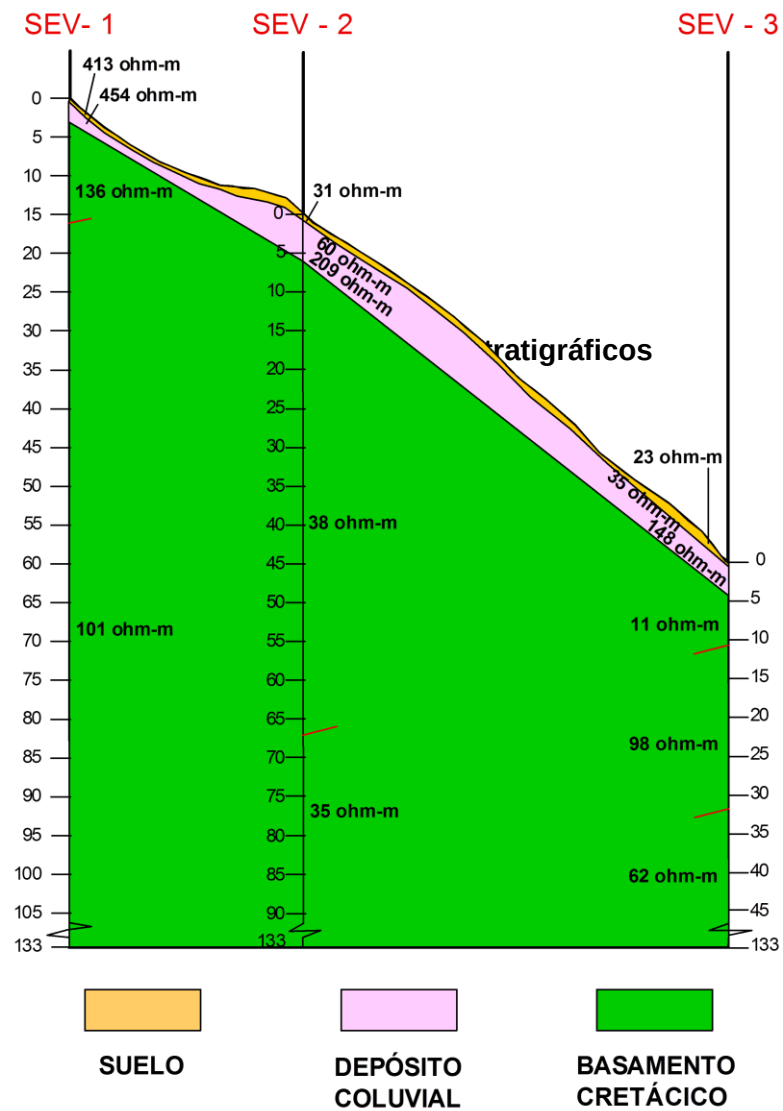
MODEL DATA LAYER 4

92.20 TO 291.56 61.12 118.82
88.54

CONTINUE(1), CHOOSE DEPTH(2), CHOOSE NEXT
RESISTIVITY

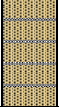
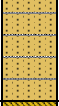
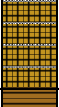
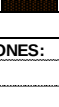
**PERFIL GEOELECTRICO ESQUEMÁTICO ENTRE LOS SONDEOS ELÉCTRICOS
VERTICALES SEV-1, SEV-2 Y SEV-3**

PERFIL GEOELÉCTRICO PARA EL SECTOR INESTABLE DEL K1+500 VIA NACIONAL - GUAPOTA



Anexo B. Perfiles Estratigráficos

		FICHA DE SONDEO PROYECTO: MEJORAMIENTO DE LA VÍA TRONCAL CENTRAL LA ESTACION-GUAPOTA MUNICIPIO DE GUAPOTA										Sondeo No. 3 Cota: Abscisa K1+500 Inclinación:			
PROFUNDIDAD (m)	ESPESOR ESTRATO (m)	COLUMNA LITOLÓGICA	Toma de Muestras			N30 SPT	DESCRIPCIÓN	PASA # 200	LÍMITE LÍQUIDO	IND. PLAST.	HUM. NATURAL	CLASIFIC. U.S.C.S.	C.SIMPLE (Mpa)	P (T/m²)	NIVEL FREÁTICO
			Tipo	Díametro mm	Cota (m)										
0.00	1.00		SPT		0.00 - 1.00	6	MUESTRA # 1 ARCILLA LIGERA ARENOSA, COLOR GRIS BEIGE	59.9	29	7.3	28.9	CL			
					6										
1.00															
	1.00		SPT		1.00 - 2.00	7	MUESTRA # 2 ARCILLA LIGERA ARENOSA, COLOR GRIS BEIGE	59.9	29	7.3	28.9	CL			
					7										
2.00															
	1.00		SPT		2.00 - 3.00	7	MUESTRA # 3 ARCILLA LIGERA ARENOSA COLOR GRIS BEIGE	56.8	32	9.3	35.4	CL			
					5										
3.00															
	1.00		SPT		3.00 - 4.00	15	MUESTRA # 4 ARCILLA LIGERA ARENOSA COLOR GRIS RATÓN	84.6	32	10	19.5	CL			
					20										
4.00															
	1.00		SPT		4.00 - 5.00	20	MUESTRA # 5 ARCILLA LIGERA ARENOSA CON GRAVA , COLOR GRIS BEIGE	62.8	31	9.1	29.1	CL			
					35										
5.00															
	1.00		SPT		5.00 - 6.00	45	MUESTRA # 6 ARCILLA LIGERA ARENOSA COLOR GRIS BEIGE	84.6	30	10.1	19.1	CL			
					98										
6.00															
	1.00		SPT		6.00 - 7.00	R	MUESTRA # 7 NUCLEOS 1 Peso 181.1 gr, largo 10.1 cm				3.1	24.09			
7.00															
	1.00		SPT		7.00 - 8.00	R	MUESTRA # 8 NUCLEOS 1 Peso 181.1 gr, largo 10.1 cm				3.1	24.09			
8.00															
	1.00		SPT		8.00 - 9.00	R	MUESTRA # 9 ARCILLA LIGERA ARENOSA COLOR AMARILLO ARENA	85.1	35	11.3	21.2	CL			
9.00															
OBSERVACIONES:															

		FICHA DE SONDEO PROYECTO: MEJORAMIENTO DE LA VÍA TRONCAL CENTRAL LA ESTACION-GUAPOTA MUNICIPIO DE GUAPOTA DEPARTAMENTO DE SANTADER										Sondeo No.1 Cota: Abscisa K1+510 Inclinación:			
PROFUNDIDAD (m)	ESPESOR ESTRATO (m)	COLUMNA LITOLÓGICA	Toma de Muestras			N30 SPT	DESCRIPCIÓN	PASA # 200	LÍMITE LÍQUIDO	IND. PLAST.	HUM. NATURAL	CLASIFIC. U.S.C.S.	C.SIMPLE (Mpa)	p (T/m3)	NIVEL FREÁTICO
			Tipo	Díametro mm	Cota (m)										
0.00	1.00		SPT		0.00 - 1.00	11	MUESTRA 1: LIMO ARENOSO CON GRAVA	67.8	43	11.5	39.4	ML			
1.00										16					
	1.00		SPT		1.00 - 2.00	6	MUESTRA 2: LIMO ARENOSO	61.7	39	13.8	30.8	ML			
2.00										7					
	1.00		SPT		2.00 - 3.00	7	MUESTRA 3: LIMO ARENOSO	69.4	47	26.5	25.3	CL			
3.00										12					
	1.00		SPT		3.00 - 4.00	6	MUESTRA 4: LIMO ARENOSO	69.4	47	26.5	25.3	CL			
4.00										10					
	1.00		SPT		4.00 - 5.00	11	MUESTRA 5: GRAVA ARCILLOSA CON ARENA	42.5	31	8.7	28.6	GC			
5.00										12					
	1.00		SPT		5.00 - 6.00	26	MUESTRA 6: ARCILLAS LIGERA ARENOSA	79.7	33	10.1	21.8	CL			
6.00										28					
	1.00		SPT		6.00 - 7.00	7	MUESTRA 7: NO SE OBTUVO MUESTRA								
7.00										14					
	1.00		SPT		7.00 - 8.00	16	MUESTRA 8: NO SE OBTUVO MUESTRA								
8.00										19					
	1.00		SPT		8.00 - 9.00	42	MUESTRA 9: ARCILLA LIGERA ARENOSA	73.1	32	10.4	19.1	CL			
9.00										62					
	0.50		SPT		9.00 - 9.50	99	MUESTRA 10: ARCILLA LIGERA ARENOSA CON GRAVA	63.2	33	9.8	23.9	CL			
9.50															
OBSERVACIONES:															

PERFIL DEL SONDEO										
PROYECTO:	NI 70+500 VIA OIBA-SOCCORRO FINCA EL TAMBOR REYES						FECHA:	12/08/2012		
LUGAR:							COTA SUPERFICIE:			
SONDEO No:	1	EL:	H:	COTA FONDO:				4,2mts		
TIPO DE SONDEO:	MANUAL			DIAMETRO:						
Perfil del Suelo			Muestra							
Profundidad (m)	Descripción	Índice	Número	% humedad	QU = Kgs/cm ²				S.P.T GOLPES	
0,15	CAPA VEGETAL				25	50	75	100		
1,20	GRAMAS Y ALGUNOS CARTOS SUB-ANGULARES Y PLANOS ALTERNADOS EN MATRIZ LINO ARCILLOSA PANDA CON TRAZOS ANILLOS		1							
1,70	ARCILLA ARENOSA AMARILLA DE MEDIANA HUESA-ALTA, CONSISTENCIA BAJA CON ALGO DE GRANOS Y PRESENCIA DE ALGUNOS CARTOS DE FORMACIÓN ARENOSA		2	62	0,48					2-2-2
2,15				61	0,732					2-3-3
2,70				62	0,834					3-3-4
3,15				60	1,098					3-4-5
3,70				61	0,906					3-4-4
4,20				62	1,098					4-4-5
60	Spl. Spec	Laboratorista: Orlando Peña Duran								
61	Moisture ratio	Banco: Ino. Celso Peña G.								
Ing. Laura R. Lopez	DESPLAZAMIENTO VIA OIBA SOCCORRO							Firma		
PEÑA DE SANTANDER S.A.S								DISEÑO		

Anexo C. Resultados de Ensayos de Laboratorio

RESUMEN ENSAYOS CORTE DIRECTO

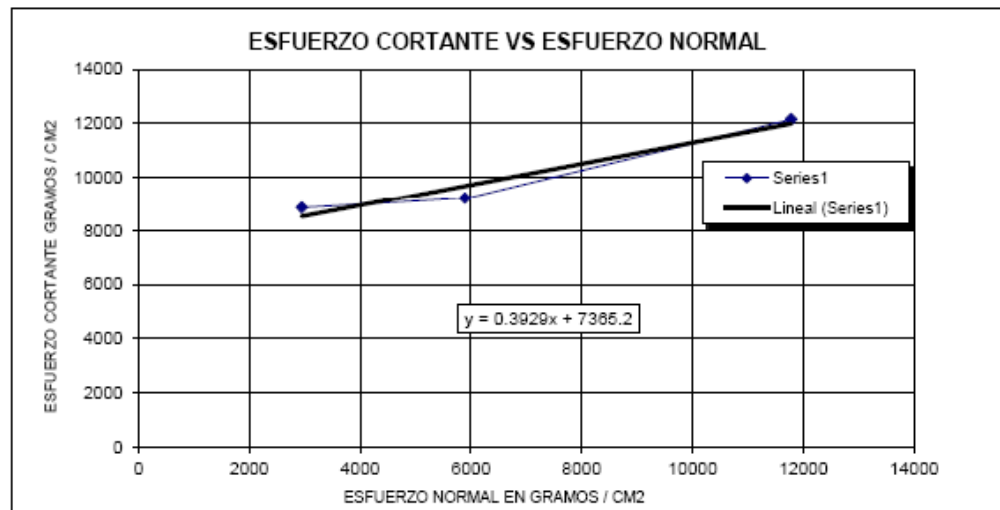
	APIQUE 1	APIQUE 2	APIQUE 4	APIQUE 5
GRAVAS(%)	4.81	6.74	2.42	0.57
ARENAS(%)	17.12	14.11	5.25	15.44
FINOS(%)	78.07	79.15	92.33	83.99
LIMITE LIQUIDO	49%	42%	45%	42%
INDICE PLASTICO	18%	13%	16%	14%
CLASIFICACION	ML	ML	ML	ML
HUMEDAD NATURAL				
Øpico	21	20	21	20
C pico (kg/m2)	7365.2	3691.8	6628.7	3121
W%	31	33	31	34
δ (gr/cm3)	1.586	1.751	1.713	1.713
HUMEDAD SATURADA				
Øpico	19	17	18	18
C pico (kg/m2)	764.14	966.68	2246.4	2246.4
W%	33	35	36	38
δ (gr/cm3)	1.817	1.920	1.797	1.968
HUMEDAD OPTIMA				
Ø residual	20	25	19	22
C residual (kg/m2)	7991.2	4861	9096	4575.6
W%	17.5	17.5	20.9	16.6
δ (gr/cm3)	2.024	1.975	1.874	1.971



UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
CENTRO CARACTERIZACION MATERIALES DE CONSTRUCCION
ENSAYO DE CORTE DIRECTO INV E-154

FECHA	noviembre 23 DE 2011	SONDEO	1
PROYECTO	GUAPOTA	MUESTRA	1(Tomada por el cliente)
LOCALIZACION	GUAPOTA SANTANDER	PROFUNDIDAD	2.2 m - 5 m

CARGA VERTICAL	AREA	CARGA HORIZONTAL	ESFUERZO NORMAL	ESFUERZO CORTANTE
Kg	m2	MAXIMA EN Kg	Kg/m2	Kg/m2
8.000	0.002715	24.00	2946.08	8838.24
16.000	0.002715	25.00	5892.16	9206.50
32.000	0.002715	33.00	11784.32	12152.58



HUMEDAD %	31	DE ENSAYO
PENDIENTE	0.3929	
ANGULO FRICCION	21	grados
COHESION	7365.2	kg/m2
densidad	1.59	

VoBo:

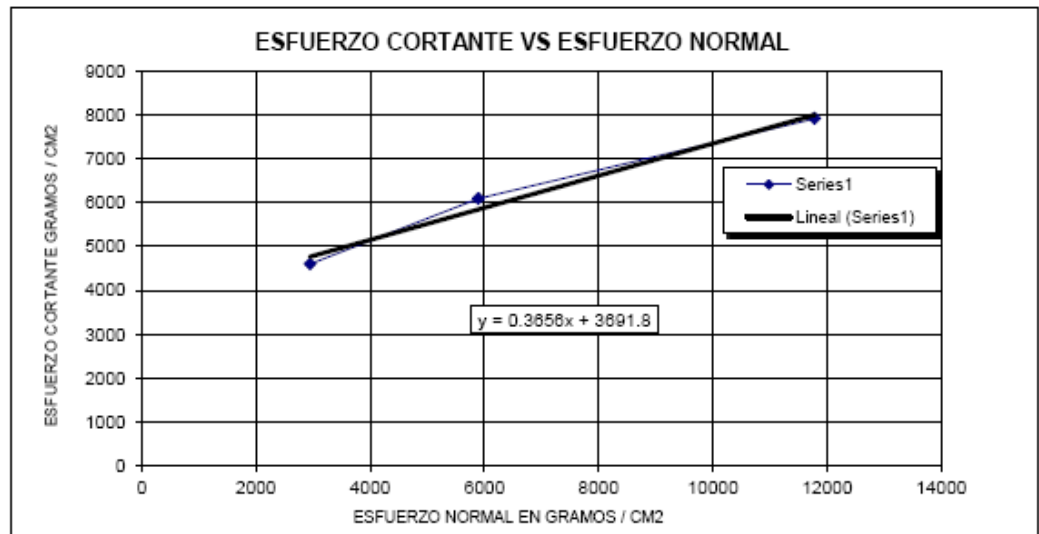
Ing. Germán García Vera
 Director Escuela de Ingeniería Civil



UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
CENTRO CARACTERIZACION MATERIALES DE CONSTRUCCION
ENSAYO DE CORTE DIRECTO INV E-154

FECHA	noviembre 23 DE 2011	SONDEO	1
PROYECTO	GUAPOTA	MUESTRA	1(Tomada por el cliente)
LOCALIZACION	GUAPOTA SANTANDER	PROFUNDIDAD	2.2 m - 5 m

CARGA VERTICAL	AREA	CARGA HORIZONTAL	ESFUERZO NORMAL	ESFUERZO CORTANTE
Kg	m2	MAXIMA EN Kg	Kg/m2	Kg/m2
8.000	0.002715	12.50	2948.08	4803.25
16.000	0.002715	16.55	5892.16	6094.70
32.000	0.002715	21.50	11784.32	7917.59



HUMEDAD %	33	DE ENSAYO
PENDIENTE	0.3656	
ANGULO FRICCION	20	grados
COHESION	3691.8	kg/m2
densidad	1.75	

VoBo:

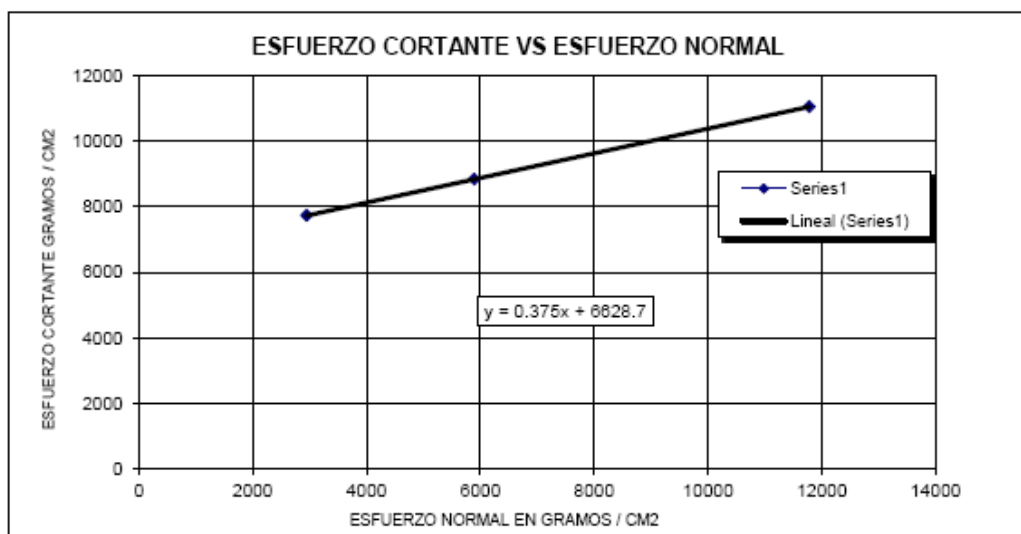
Ing. Germán García Vera
 Director Escuela de Ingeniería Civil



UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
CENTRO CARACTERIZACION MATERIALES DE CONSTRUCCION
ENSAYO DE CORTE DIRECTO INV E-154

FECHA	noviembre 23 DE 2011	SONDEO	1
PROYECTO	GUAPOTA	MUESTRA	1(Tomada por el cliente)
LOCALIZACION	GUAPOTA SANTANDER	PROFUNDIDAD	2.2 m - 5 m

CARGA VERTICAL	AREA	CARGA HORIZONTAL	ESFUERZO NORMAL	ESFUERZO CORTANTE
Kg	m2	MAXIMA EN Kg	Kg/m2	Kg/m2
8.000	0.002715	21.00	2946.08	7733.46
16.000	0.002715	24.00	5892.16	8838.24
32.000	0.002715	30.00	11784.32	11047.80



HUMEDAD %	31	DE ENSAYO
PENDIENTE	0.375	
ANGULO FRICCION	21	grados
COHESION	6628.7	kg/m2
densidad	1.71	

VoBo:

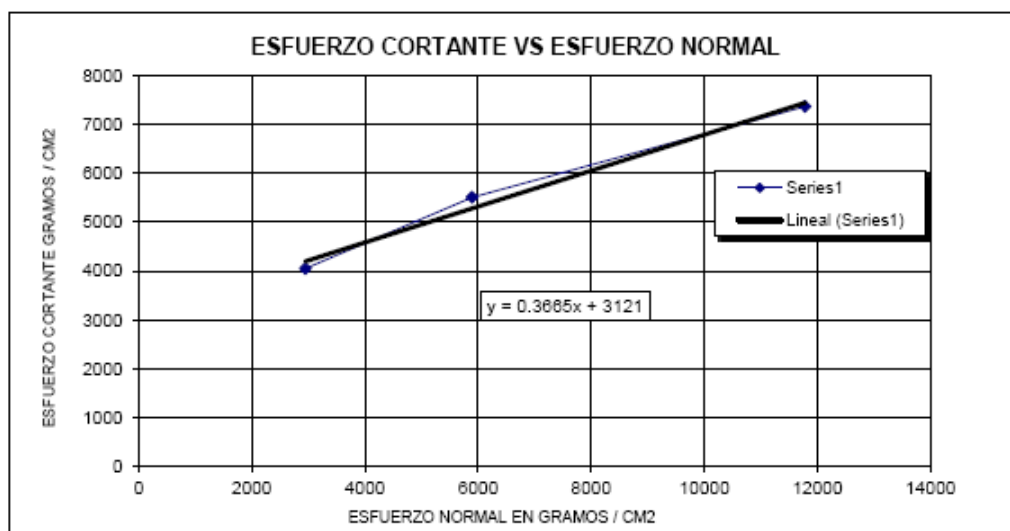
Ing. Germán García Vera
 Director Escuela de Ingeniería Civil



UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
CENTRO CARACTERIZACION MATERIALES DE CONSTRUCCION
ENSAYO DE CORTE DIRECTO INV E-154

FECHA	noviembre 23 DE 2011	SONDEO	1
PROYECTO	GUAPOTA	MUESTRA	1(Tomada por el cliente)
LOCALIZACION	GUAPOTA SANTANDER	PROFUNDIDAD	2.2 m - 5 m

CARGA VERTICAL	AREA	CARGA HORIZONTAL	ESFUERZO NORMAL	ESFUERZO CORTANTE
Kg	m2	MAXIMA EN Kg	Kg/m2	Kg/m2
8.000	0.002715	11.00	2946.08	4050.86
16.000	0.002715	14.95	5892.16	5505.49
32.000	0.002715	20.00	11784.32	7365.20



HUMEDAD %	34	DE ENSAYO
PENDIENTE	0.3665	
ANGULO FRICCION	20	grados
COHESION	3121	kg/m2
densidad	1.71	

VoBo:

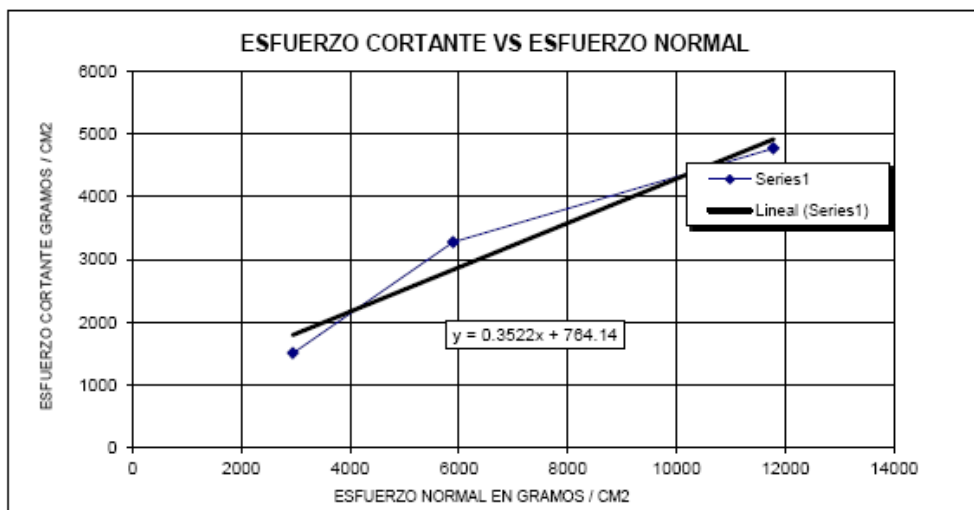
Ing. Germán García Vera
 Director Escuela de Ingeniería Civil



UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
CENTRO CARACTERIZACION MATERIALES DE CONSTRUCCION
ENSAYO DE CORTE DIRECTO INV E-154

FECHA	noviembre 23 DE 2011	SONDEO	1
PROYECTO	GUAPOTA	MUESTRA	1(Tomada por el cliente)
LOCALIZACION	GUAPOTA SANTANDER	PROFUNDIDAD	2.2 m - 5 m

CARGA VERTICAL	AREA	CARGA HORIZONTAL	ESFUERZO NORMAL	ESFUERZO CORTANTE
Kg	m2	MAXIMA EN Kg	Kg/m2	Kg/m2
8.000	0.002715	4.10	2946.08	1509.87
16.000	0.002715	8.90	5892.16	3277.51
32.000	0.002715	12.95	11784.32	4768.97



HUMEDAD %	33	DE ENSAYO
PENDIENTE	0.352	
ANGULO FRICCION	19	grados
COHESION	764.14	kg/m2
densidad	1.82	

VoBo:

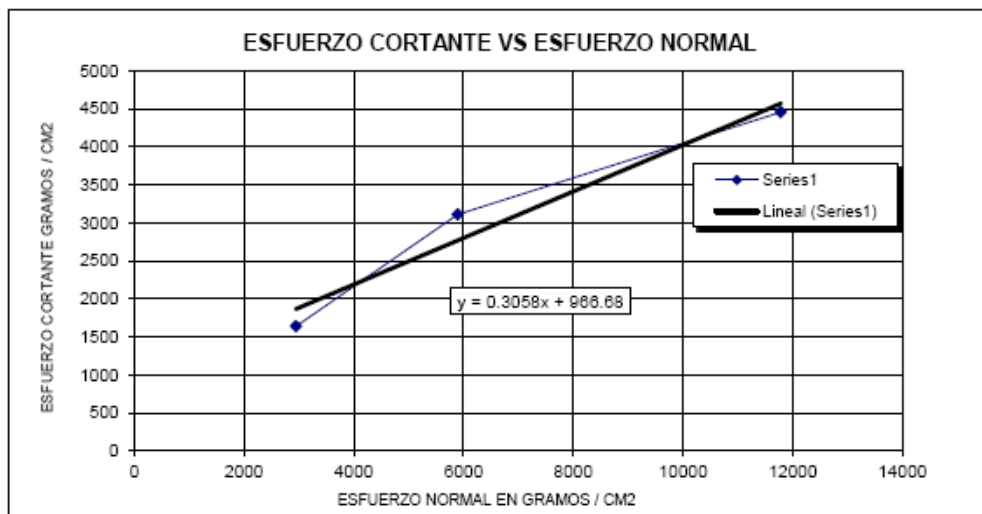
Ing. Germán García Vera
 Director Escuela de Ingeniería Civil



UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
CENTRO CARACTERIZACION MATERIALES DE CONSTRUCCION
ENSAYO DE CORTE DIRECTO INV E-154

FECHA	noviembre 23 DE 2011	SONDEO	1
PROYECTO	GUAPOTA	MUESTRA	1(Tomada por el cliente)
LOCALIZACION	GUAPOTA SANTANDER	PROFUNDIDAD	2.2 m - 5 m

CARGA VERTICAL	AREA	CARGA HORIZONTAL	ESFUERZO NORMAL	ESFUERZO CORTANTE
Kg	m2	MAXIMA EN Kg	Kg/m2	Kg/m2
8.000	0.002715	4.45	2946.08	1638.76
16.000	0.002715	8.45	5892.16	3111.80
32.000	0.002715	12.10	11784.32	4455.94



HUMEDAD %	35	DE ENSAYO
PENDIENTE	0.3058	
ANGULO FRICCION	17	grados
COHESION	966.68	kg/m2
densidad	1.92	

VoBo:

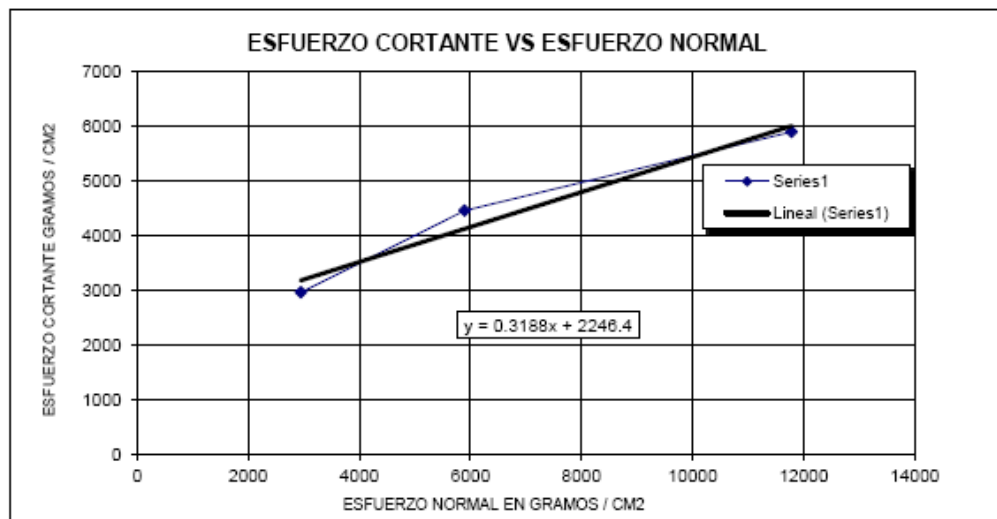
Ing. Germán García Vera
 Director Escuela de Ingeniería Civil



UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
CENTRO CARACTERIZACION MATERIALES DE CONSTRUCCION
ENSAYO DE CORTE DIRECTO INV E-154

FECHA	noviembre 23 DE 2011	SONDEO	1
PROYECTO	GUAPOTA	MUESTRA	1(Tomada por el cliente)
LOCALIZACION	GUAPOTA SANTANDER	PROFUNDIDAD	2.2 m - 5 m

CARGA VERTICAL	AREA	CARGA HORIZONTAL	ESFUERZO NORMAL	ESFUERZO CORTANTE
Kg	m2	MAXIMA EN Kg	Kg/m2	Kg/m2
8.000	0.002715	8.05	2946.08	2964.49
16.000	0.002715	12.10	5892.16	4455.94
32.000	0.002715	16.00	11784.32	5892.16



HUMEDAD %	36	DE ENSAYO
PENDIENTE	0.3188	
ANGULO FRICCION	18	grados
COHESION	2246.4	kg/m2
densidad	1.80	

VoBo:

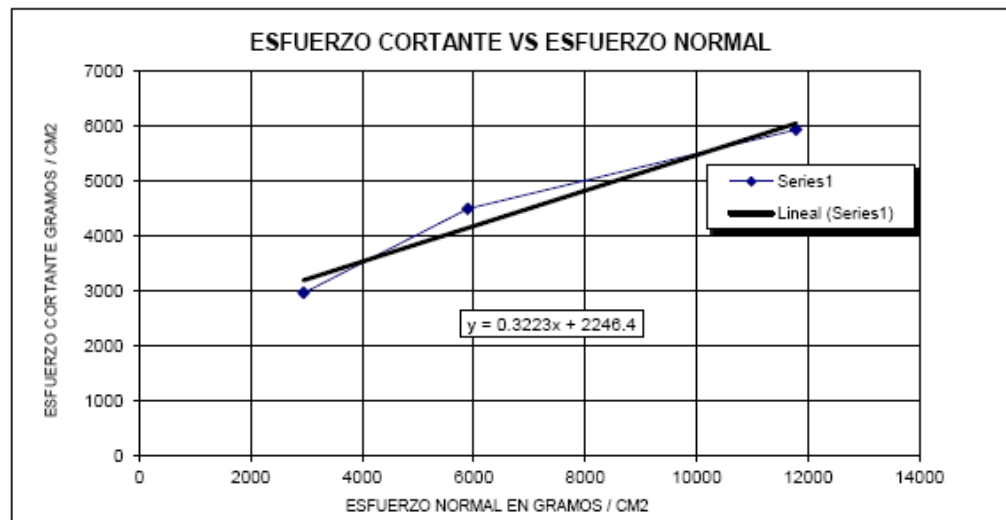
Ing. Germán García Vera
 Director Escuela de Ingeniería Civil



UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
CENTRO CARACTERIZACION MATERIALES DE CONSTRUCCION
ENSAYO DE CORTE DIRECTO INV E-154

FECHA	noviembre 23 DE 2011	SONDEO	1
PROYECTO	GUAPOTA	MUESTRA	1(Tomada por el cliente)
LOCALIZACION	GUAPOTA SANTANDER	PROFUNDIDAD	2.2 m - 5 m

CARGA VERTICAL	AREA	CARGA HORIZONTAL	ESFUERZO NORMAL	ESFUERZO CORTANTE
Kg	m2	MAXIMA EN Kg	Kg/m2	Kg/m2
8.000	0.002715	8.05	2946.08	2964.49
16.000	0.002715	12.20	5892.16	4492.77
32.000	0.002715	16.10	11784.32	5928.98



HUMEDAD %	38	DE ENSAYO
PENDIENTE	0.3223	
ANGULO FRICCION	18	grados
COHESION	2246.4	kg/m2
densidad	1.97	

VoBo:

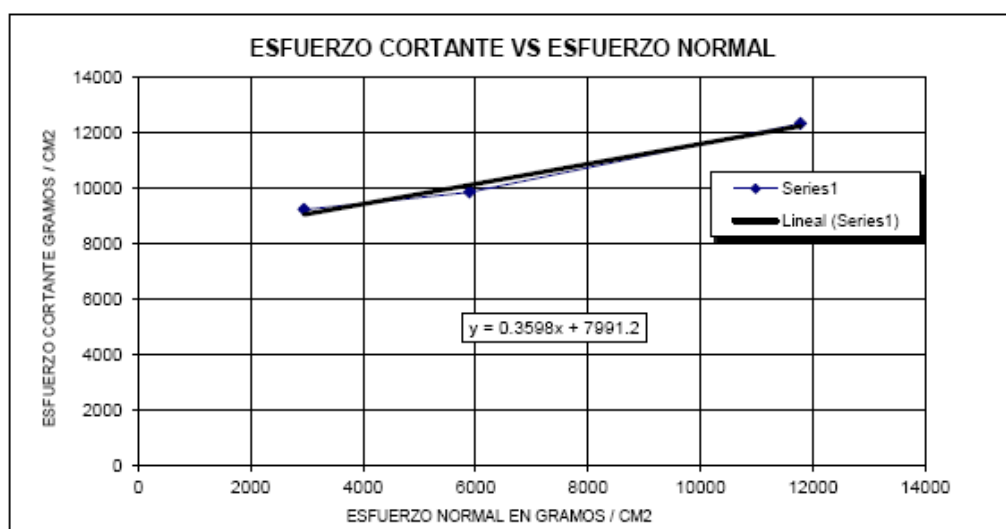
Ing. Germán García Vera
 Director Escuela de Ingeniería Civil



UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
CENTRO CARACTERIZACION MATERIALES DE CONSTRUCCION
ENSAYO DE CORTE DIRECTO INV E-154

FECHA	noviembre 23 DE 2011	SONDEO	1
PROYECTO	GUAPOTA	MUESTRA	1(Tomada por el cliente)
LOCALIZACION	GUAPOTA SANTANDER	PROFUNDIDAD	2.2 m - 5 m

CARGA VERTICAL	AREA	CARGA HORIZONTAL	ESFUERZO NORMAL	ESFUERZO CORTANTE
Kg	m2	MAXIMA EN Kg	Kg/m2	Kg/m2
8.000	0.002715	25.05	2946.08	9224.91
16.000	0.002715	26.75	5892.16	9850.95
32.000	0.002715	33.45	11784.32	12318.29



HUMEDAD %	17.5	DE ENSAYO
PENDIENTE	0.3598	
ANGULO FRICCION	20	grados
COHESION	7991.2	kg/m2
densidad	2.02	

VoBo:

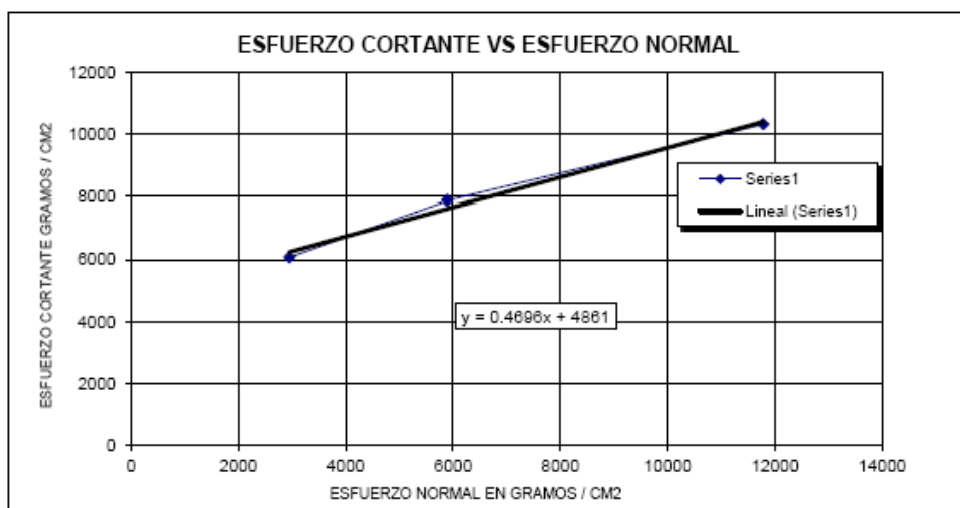
Ing. Germán García Vera
 Director Escuela de Ingeniería Civil



UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
CENTRO CARACTERIZACION MATERIALES DE CONSTRUCCION
ENSAYO DE CORTE DIRECTO INV E-154

FECHA	noviembre 23 DE 2011	SONDEO	1
PROYECTO	GUAPOTA	MUESTRA	1(Tomada por el cliente)
LOCALIZACION	GUAPOTA SANTANDER	PROFUNDIDAD	2.2 m - 5 m

CARGA VERTICAL	AREA	CARGA HORIZONTAL	ESFUERZO NORMAL	ESFUERZO CORTANTE
Kg	m2	MAXIMA EN Kg	Kg/m2	Kg/m2
8.000	0.002715	16.50	2946.08	6076.29
16.000	0.002715	21.40	5892.16	7880.76
32.000	0.002715	28.00	11784.32	10311.28



HUMEDAD %	17.5	DE ENSAYO
PENDIENTE	0.4696	
ANGULO FRICCION	25	grados
COHESION	4861	kg/m2
densidad	1.97	

VoBo:

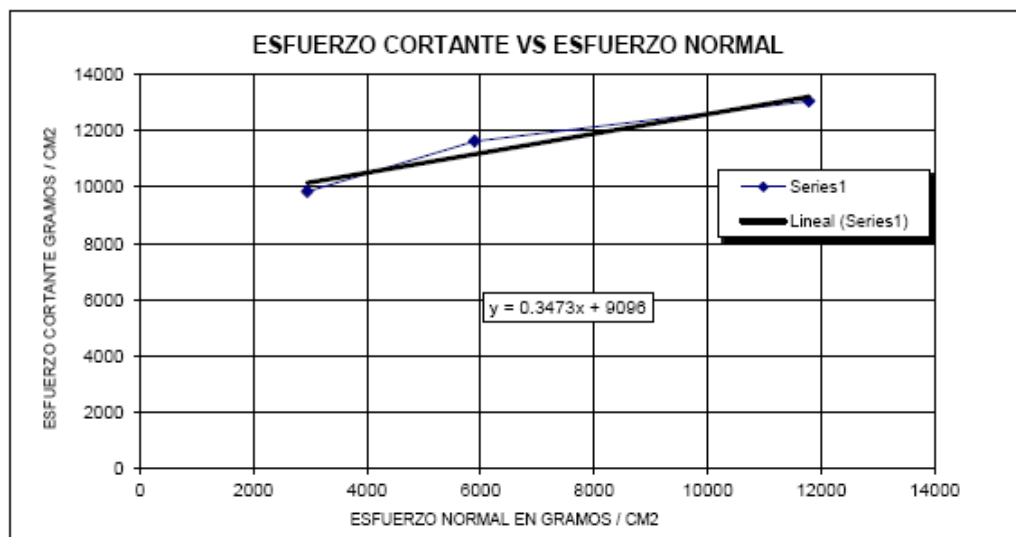
Ing. Germán García Vera
 Director Escuela de Ingeniería Civil



UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
CENTRO CARACTERIZACION MATERIALES DE CONSTRUCCION
ENSAYO DE CORTE DIRECTO INV E-154

FECHA	noviembre 23 DE 2011	SONDEO	1
PROYECTO	GUAPOTA	MUESTRA	1(Tomada por el cliente)
LOCALIZACION	GUAPOTA SANTANDER	PROFUNDIDAD	2.2 m - 5 m

CARGA VERTICAL	AREA	CARGA HORIZONTAL	ESFUERZO NORMAL	ESFUERZO CORTANTE
Kg	m2	MAXIMA EN Kg	Kg/m2	Kg/m2
8.000	0.002715	26.65	2946.08	9814.13
16.000	0.002715	31.50	5892.16	11800.19
32.000	0.002715	35.40	11784.32	13036.40



HUMEDAD %	20.9	DE ENSAYO
PENDIENTE	0.3473	
ANGULO FRICCION	19	grados
COHESION	9096	kg/m2
densidad	1.87	

VoBo:

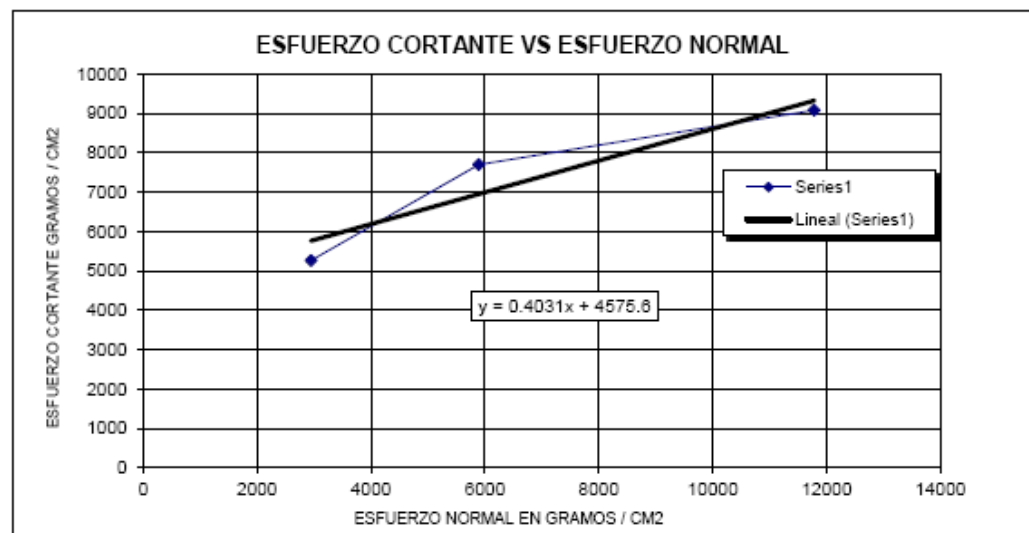
Ing. Germán García Vera
 Director Escuela de Ingeniería Civil



UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
CENTRO CARACTERIZACION MATERIALES DE CONSTRUCCION
ENSAYO DE CORTE DIRECTO INV E-154

FECHA	noviembre 23 DE 2011	SONDEO	1
PROYECTO	GUAPOTA	MUESTRA	1(Tomada por el cliente)
LOCALIZACION	GUAPOTA SANTANDER	PROFUNDIDAD	2.2 m - 5 m

CARGA VERTICAL	AREA	CARGA HORIZONTAL	ESFUERZO NORMAL	ESFUERZO CORTANTE
Kg	m2	MAXIMA EN Kg	Kg/m2	Kg/m2
8.000	0.002715	14.30	2946.08	5266.12
16.000	0.002715	20.90	5892.16	7898.63
32.000	0.002715	24.85	11784.32	9077.61



HUMEDAD %	16.6	DE ENSAYO
PENDIENTE	0.4031	
ANGULO FRICCION	22	grados
COHESION	4575.6	kg/m2
densidad	1.97	

VoBo:

Ing. Germán García Vera
 Director Escuela de Ingeniería Civil

LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS - ENSAYO DE CORTE DIRECTO INV E-154

FECHA	29 de marzo 2012	SONDEO	APIQUE 1
PROYECTO	ESTABILIZACION DE TALUED VIA GUAPOTA	MUESTRA	M-4
LOCALIZACION	GUAPOTA - SANTANDER	PROFUNDIDAD	1 M - 1,5 M

Forma de la muestra	circular	Condicion de la muestra	arcilla
Peso de la probeta	118	Area en cm2	27.15
Diametro de la probeta (cm)	5.88	Volumen de la probeta (cm3)	64.03
Altura de la probeta (cm)	2.358	Densidad del suelo (gr/cm3)	2.022
Peso del suelo+probeta(gr)	247.5	Esfuerzo normal Kg /cm2	0.29
Peso del suelo (gr)	129.5		
Carga normal aplicada kg	8		

Deformacion Horizontal (mm)	Carga (Kg)	Lectura de deformacion Vertical-# rayas	Deformacion Vertical (mm)	Area corregida (cm2)	Esfuerzo cortante (kg/cm2)
0	0	0			
0.127	20.15	0	0.000	27.15	0.74204
0.254	21.45	0	0.000	27.15	0.78992
0.381	27.15	-1	-0.010	27.15	0.99983
0.508	27	-1	-0.010	27.15	0.99430
0.635	26.45	-1	-0.010	27.15	0.97405
0.762	26.7	-1	-0.010	27.15	0.98325
1.016	26.8	-1	-0.010	27.15	0.98694
1.27	27.05	-1	-0.010	27.15	0.99614
1.524	26.75	-1	-0.010	27.15	0.98510
1.778	25.05	-1	-0.010	27.15	0.92249
2.032	25.05	-1	-0.010	27.15	0.92249
2.286	25.05	-1	-0.010	27.15	0.92249
2.54	25.05	-1	-0.010	27.15	0.92249
3.048					
3.556					
4.064					
4.572					
5.08					
5.207					
5.334					
5.461					
5.588					
5.715					
5.842					
5.968					

Nota: constante del deformimetro vertical = 0,01 mm

DETERMINACION DE LA HUMEDAD EN %

PESO DE LA TARA EN gr		PESO AGUA gr	
P.TARA + SUELO HUMEDO gr		PESO SECO gr	
P.TARA + SUELO SECO gr		HUMEDAD %	

Constante del deformimetro vertical = 0,01 mm

LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS - ENSAYO DE CORTE DIRECTO INV E-154

FECHA	29 de marzo 2012	SONDEO	APIQUE 1
PROYECTO	ESTABILIZACION DE TALUED VIA GUAPOTA	MUESTRA	M-3
LOCALIZACION	GUAPOTA - SANTANDER	PROFUNDIDAD	1 M - 1,5 M

Forma de la muestra	circular	Condicion de la muestra	arcilla
Peso de la probeta	118		
Diametro de la probeta (cm)	5.88	Area en cm2	27.15
Altura de la probeta (cm)	2.358	Volumen de la probeta (cm3)	64.03
Peso del suelo+probeta(gr)	243.2	Densidad del suelo (gr/cm3)	1.955
Peso del suelo (gr)	125.2		
Carga normal aplicada kg	16	Esfuerzo normal Kg /cm2	0.59

Deformacion Horizontal (mm)	Carga (Kg)	Lectura de deformacion Vertical=# rayas	Deformacion Vertical (mm)	Area corregida (cm2)	Esfuerzo cortante (kg/cm2)
0	0	0			
0.127	19.75	0	0.000	27.15	0.72731
0.254	20.65	0	0.000	27.15	0.76046
0.381	20.9	0	0.000	27.15	0.76986
0.508	22.6	0	0.000	27.15	0.83227
0.635	23.4	0	0.000	27.15	0.86173
0.762	23.6	0	0.000	27.15	0.86909
1.016	23.9	0	0.000	27.15	0.88014
1.27	24.35	0	0.000	27.15	0.89671
1.524	27.3	0	0.000	27.15	1.00535
1.778	26.75	0	0.000	27.15	0.98510
2.032	26.75	0	0.000	27.15	0.98510
2.286	26.75	0	0.000	27.15	0.98510
2.54					
3.048					
3.556					
4.064					
4.572					
5.08					
5.207					
5.334					
5.461					
5.588					
5.715					
5.842					
5.968					

Nota: constante del deformimetro vertical = 0,01 mm

DETERMINACION DE LA HUMEDAD EN %

PESO DE LA TARA EN gr		PESO AGUA gr	
P.TARA + SUELO HUMEDO gr		PESO SECO gr	
P.TARA + SUELO SECO gr		HUMEDAD %	

Constante del deformimetro vertical = 0,01 mm

LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS - ENSAYO DE CORTE DIRECTO INV E-154

FECHA	29 de marzo 2012	SONDEO	APIQUE 1
PROYECTO	ESTABILIZACION DE TALUED VIA GUAPOTA	MUESTRA	M-3
LOCALIZACION	GUAPOTA - SANTANDER	PROFUNDIDAD	1 M - 1,5 M

Forma de la muestra	circular	Condicion de la muestra	arcilla
Peso de la probeta	118		
Diametro de la probeta (cm)	5.88	Area en cm2	27.15
Altura de la probeta (cm)	2.358	Volumen de la probeta (cm3)	64.03
Peso del suelo+probeta(gr)	252	Densidad del suelo (gr/cm3)	2.093
Peso del suelo (gr)	134		
Carga normal aplicada kg	32	Esfuerzo normal Kg /cm2	1.18

Deformacion Horizontal (mm)	Carga (Kg)	Lectura de deformacion Vertical-# rayas	Deformacion Vertical (mm)	Area corregida (cm2)	Esfuerzo cortante (kg/cm2)
0	0	0			
0.127	19.65	-1	-0.010	27.15	0.72363
0.254	24.3	-2	-0.020	27.15	0.89487
0.381	26.2	-3	-0.030	27.15	0.96484
0.508	33.95	-3	-0.030	27.15	1.25024
0.635	34	-3	-0.030	27.15	1.25208
0.762	33.7	-3	-0.030	27.15	1.24104
1.016	33.45	-3	-0.030	27.15	1.23183
1.27	33.45	-3	-0.030	27.15	1.23183
1.524	33.45	-3	-0.030	27.15	1.23183
1.778	33.45	-3	-0.030	27.15	1.23183
2.032	33.45	-3	-0.030	27.15	1.23183
2.286					
2.54					
3.048					
3.556					
4.064					
4.572					
5.08					
5.207					
5.334					
5.461					
5.588					
5.715					
5.842					
5.968					

Nota: constante del deformimetro vertical = 0,01 mm

DETERMINACION DE LA HUMEDAD EN %

PESO DE LA TARA EN gr		PESO AGUA gr	
P.TARA + SUELO HUMEDO gr		PESO SECO gr	
P.TARA + SUELO SECO gr		HUMEDAD %	

Constante del deformimetro vertical = 0,01 mm

LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS - ENSAYO DE CORTE DIRECTO INV E-154

FECHA	29 de marzo 2012	SONDEO	APIQUE 2
PROYECTO	ESTABILIZACION DE TALUED VIA GUAPOTA	MUESTRA	M-3
LOCALIZACION	GUAPOTA - SANTANDER	PROFUNDIDAD	1 M - 1,5 M

Forma de la muestra	circular	Condicion de la muestra	arcilla
Peso de la probeta	118		
Diametro de la probeta (cm)	5.88	Area en cm2	27.15
Altura de la probeta (cm)	2.358	Volumen de la probeta (cm3)	64.03
Peso del suelo+probeta(gr)	242.6	Densidad del suelo (gr/cm3)	1.946
Peso del suelo (gr)	124.6		
Carga normal aplicada kg	8	Esfuerzo normal Kg /cm2	0.29

Deformacion Horizontal (mm)	Carga (Kg)	Lectura de deformacion Vertical-# rayas	Deformacion Vertical (mm)	Area corregida (cm2)	Esfuerzo cortante (kg/cm2)
0	0	0			
0.127	6.5	0	0.000	27.15	0.23937
0.254	7.7	0	0.000	27.15	0.28356
0.381	8.3	0	0.000	27.15	0.30566
0.508	9.4	0	0.000	27.15	0.34616
0.635	10.2	0	0.000	27.15	0.37563
0.762	10.5	0	0.000	27.15	0.38667
1.016	10.9	0	0.000	27.15	0.40140
1.27	11.7	0	0.000	27.15	0.43086
1.524	13.2	0	0.000	27.15	0.48610
1.778	15.4	0	0.000	27.15	0.56712
2.032	16.5	1	0.010	27.15	0.60763
2.286	17.7	1	0.010	27.15	0.65182
2.54	16.5	5	0.010	27.15	0.60763
3.048	16.5	8	0.050	27.15	0.60763
3.556	16.5	8	0.080	27.15	0.60763
4.064	16.5	8	0.080	27.15	0.60763
4.572					
5.08					
5.207					
5.334					
5.461					
5.588					
5.715					
5.842					
5.968					

Nota: constante del deformimetro vertical = 0,01 mm

DETERMINACION DE LA HUMEDAD EN %

PESO DE LA TARA EN gr		PESO AGUA gr	
P.TARA + SUELO HUMEDO gr		PESO SECO gr	
P.TARA + SUELO SECO gr		HUMEDAD %	

Constante del deformimetro vertical = 0,01 mm

LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS - ENSAYO DE CORTE DIRECTO INV E-154

FECHA	29 de marzo 2012	SONDEO	APIQUE 2
PROYECTO	ESTABILIZACION DE TALUED VIA GUAPOTA	MUESTRA	M-3
LOCALIZACION	GUAPOTA - SANTANDER	PROFUNDIDAD	1 M - 1,5 M

Forma de la muestra	circular	Condicion de la muestra	arcilla
Peso de la probeta	118		
Diametro de la probeta (cm)	5.88	Area en cm2	27.15
Altura de la probeta (cm)	2.358	Volumen de la probeta (cm3)	64.03
Peso del suelo+probeta(gr)	242.6	Densidad del suelo (gr/cm3)	1.946
Peso del suelo (gr)	124.6		
Carga normal aplicada kg	16	Esfuerzo normal Kg /cm2	0.59

Deformacion Horizontal (mm)	Carga (Kg)	Lectura de deformacion Vertical-# rayas	Deformacion Vertical (mm)	Area corregida (cm2)	Esfuerzo cortante (kg/cm2)
0	0	0			
0.127	11.4	0	0.000	27.15	0.41982
0.254	17.2	0	0.000	27.15	0.63341
0.381	19.3	0	0.000	27.15	0.71074
0.508	21	0	0.000	27.15	0.77335
0.635	22.9	-1	-0.010	27.15	0.84332
0.762	23.5	-2	-0.020	27.15	0.86541
1.016	21.4	-2	-0.020	27.15	0.78808
1.27	21.4	-2	-0.020	27.15	0.78808
1.524	21.4	-3	-0.030	27.15	0.78808
1.778					
2.032					
2.286					
2.54					
3.048					
3.556					
4.064					
4.572					
5.08					
5.207					
5.334					
5.461					
5.588					
5.715					
5.842					
5.968					

Nota: constante del deformimetro vertical = 0,01 mm

DETERMINACION DE LA HUMEDAD EN %

PESO DE LA TARA EN gr	7.4	PESO AGUA gr	8.4
P.TARA + SUELO HUMEDO gr	40	PESO SECO gr	24.2
P.TARA + SUELO SECO gr	31.8	HUMEDAD %	34.71

Constante del deformimetro vertical = 0,01 mm

LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS - ENSAYO DE CORTE DIRECTO INV E-154

FECHA	29 de marzo 2012	SONDEO	APIQUE 2
PROYECTO	ESTABILIZACION DE TALUED VIA GUAPOTA	MUESTRA	M-3
LOCALIZACION	GUAPOTA - SANTANDER	PROFUNDIDAD	1 M - 1,5 M

Forma de la muestra	circular	Condicion de la muestra	arcilla
Peso de la probeta	118		
Diametro de la probeta (cm)	5.88	Area en cm2	27.15
Altura de la probeta (cm)	2.358	Volumen de la probeta (cm3)	64.03
Peso del suelo+probeta(gr)	248.1	Densidad del suelo (gr/cm3)	2.032
Peso del suelo (gr)	130.1		
Carga normal aplicada kg	32	Esfuerzo normal Kg /cm2	1.18

Deformacion Horizontal (mm)	Carga (Kg)	Lectura de deformacion Vertical-# rayas	Deformacion Vertical (mm)	Area corregida (cm2)	Esfuerzo cortante (kg/cm2)
0	0	0			
0.127	18.45	0	0.000	27.15	0.67944
0.254	20.35	0	0.000	27.15	0.74941
0.381	28.15	0	0.000	27.15	1.03685
0.508	28.75	0	0.000	27.15	1.05875
0.635	28.65	0	0.000	27.15	1.05508
0.762	28.15	0	0.000	27.15	1.03685
1.016	28	-1	-0.010	27.15	1.03113
1.27	28	-1	-0.010	27.15	1.03113
1.524	28	-1	-0.010	27.15	1.03113
1.778					
2.032					
2.286					
2.54					
3.048					
3.550					
4.064					
4.572					
5.08					
5.207					
5.334					
5.461					
5.588					
5.715					
5.842					
5.968					

Nota: constante del deformimetro vertical = 0,01 mm

DETERMINACION DE LA HUMEDAD EN %

PESO DE LA TARA EN gr		PESO AGUA gr	
P.TARA + SUELO HUMEDO gr		PESO SECO gr	
P.TARA + SUELO SECO gr		HUMEDAD %	

Constante del deformimetro vertical = 0,01 mm

LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS - ENSAYO DE CORTE DIRECTO INV E-154

FECHA	29 de marzo 2012	SONDEO	APIQUE 4
PROYECTO	ESTABILIZACION DE TALUED VIA GUAPOTA	MUESTRA	M-3
LOCALIZACION	GUAPOTA - SANTANDER	PROFUNDIDAD	1 M - 1,5 M

Forma de la muestra	circular	Condicion de la muestra	arcilla
Peso de la probeta	118	Area en cm2	27.15
Diametro de la probeta (cm)	5.88	Volumen de la probeta (cm3)	64.03
Altura de la probeta (cm)	2.358	Densidad del suelo (gr/cm3)	1.983
Peso del suelo+probeta(gr)	245	Esfuerzo normal Kg /cm2	0.29
Peso del suelo (gr)	127		
Carga normal aplicada kg	8		

Deformacion Horizontal (mm)	Carga (Kg)	Lectura de deformacion Vertical-# rayas	Deformacion Vertical (mm)	Area corregida (cm2)	Esfuerzo cortante (kg/cm2)
0	0	0			
0.127	21.05	0	0.000	27.15	0.77519
0.254	23.85	-0.5	-0.005	27.15	0.87830
0.381	25.15	-1	-0.010	27.15	0.92617
0.508	26.7	-1	-0.010	27.15	0.98325
0.635	26.5	-1	-0.010	27.15	0.97589
0.762	26.6	-1	-0.010	27.15	0.97957
1.016	26.6	-1	-0.010	27.15	0.97957
1.27	26.65	-1	-0.010	27.15	0.98141
1.524	26.65	-1	-0.010	27.15	0.98141
1.778	26.65	-1	-0.010	27.15	0.98141
2.032	26.65	-1	-0.010	27.15	0.98141
2.286	26.65	-1	-0.010	27.15	0.98141
2.54					
3.048					
3.556					
4.064					
4.572					
5.08					
5.207					
5.334					
5.461					
5.588					
5.715					
5.842					
5.968					

Nota: constante del deformimetro vertical = 0,01 mm

DETERMINACION DE LA HUMEDAD EN %

PESO DE LA TARA EN gr		PESO AGUA gr	
P.TARA + SUELO HUMEDO gr		PESO SECO gr	
P.TARA + SUELO SECO gr		HUMEDAD %	

Constante del deformimetro vertical = 0,01 mm

1.87409627

LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS - ENSAYO DE CORTE DIRECTO INV E-154

FECHA	29 de marzo 2012	SONDEO	APIQUE 4
PROYECTO	ESTABILIZACION DE TALUED VIA GUAPOTA	MUESTRA	M-3
LOCALIZACION	GUAPOTA - SANTANDER	PROFUNDIDAD	1 M - 1,5 M

Forma de la muestra	circular	Condicion de la muestra	arcilla
Peso de la probeta	118		
Diametro de la probeta (cm)	5.88	Area en cm2	27.15
Altura de la probeta (cm)	2.358	Volumen de la probeta (cm3)	64.03
Peso del suelo+probeta(gr)	237	Densidad del suelo (gr/cm3)	1.858
Peso del suelo (gr)	119		
Carga normal aplicada kg	16	Esfuerzo normal Kg /cm2	0.59

Deformacion Horizontal (mm)	Carga (Kg)	Lectura de deformacion Vertical-# rayas	Deformacion Vertical (mm)	Area corregida (cm2)	Esfuerzo cortante (kg/cm2)
0	0	0			
0.127	24.5	0	0.000	27.15	0.90224
0.254	25.3	0	0.000	27.15	0.93170
0.381	25.9	0	0.000	27.15	0.95379
0.508	27.1	0	0.000	27.15	0.99798
0.635	28.1	0	0.000	27.15	1.03481
0.762	28.6	0	0.000	27.15	1.05322
1.016	29.4	0	0.000	27.15	1.08268
1.27	30.2	0	0.000	27.15	1.11214
1.524	32.1	0	0.000	27.15	1.18211
1.778	33.9	-1	-0.010	27.15	1.24840
2.032	33.7	-2	-0.020	27.15	1.24104
2.286	31.5	-2	-0.020	27.15	1.16002
2.54	31.5	-2	-0.020	27.15	1.16002
3.048					
3.556					
4.064					
4.572					
5.08					
5.207					
5.334					
5.461					
5.588					
5.715					
5.842					
5.968					

Nota: constante del deformimetro vertical = 0,01 mm

DETERMINACION DE LA HUMEDAD EN %

PESO DE LA TARA EN gr	7.9	PESO AGUA gr	8.4
P.TARA + SUELO HUMEDO gr	40.3	PESO SECO gr	24
P.TARA + SUELO SECO gr	31.9	HUMEDAD %	35.00

Constante del deformimetro vertical = 0,01 mm

LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS - ENSAYO DE CORTE DIRECTO INV E-154

FECHA	29 de marzo 2012	SONDEO	APIQUE 4
PROYECTO	ESTABILIZACION DE TALUED VIA GUAPOTA	MUESTRA	M-3
LOCALIZACION	GUAPOTA - SANTANDER	PROFUNDIDAD	1 M - 1,5 M

Forma de la muestra	circular	Condicion de la muestra	arcilla
Peso de la probeta	118		
Diametro de la probeta (cm)	5.88	Area en cm2	27.15
Altura de la probeta (cm)	2.358	Volumen de la probeta (cm3)	64.03
Peso del suelo+probeta(gr)	232	Densidad del suelo (gr/cm3)	1.780
Peso del suelo (gr)	114		
Carga normal aplicada kg	32	Esfuerzo normal Kg /cm2	1.18

Deformacion Horizontal (mm)	Carga (Kg)	Lectura de deformacion Vertical-# rayas	Deformacion Vertical (mm)	Area corregida (cm2)	Esfuerzo cortante (kg/cm2)
0	0	0			
0.127	20.3	0	0.000	27.15	0.74757
0.254	24.2	0	0.000	27.15	0.89119
0.381	26.7	0	0.000	27.15	0.98325
0.508	27.3	0	0.000	27.15	1.00535
0.635	28.1	0	0.000	27.15	1.03481
0.762	29.4	-1	-0.010	27.15	1.08268
1.016	32.1	-1	-0.010	27.15	1.18211
1.27	35.70	-1	-0.010	27.15	1.31489
1.524	36.4	-1	-0.010	27.15	1.34047
1.778	37.3	-1	-0.010	27.15	1.37361
2.032	35.4	-1	-0.010	27.15	1.30364
2.286	35.4	-1	-0.010	27.15	1.30364
2.54	35.4	-1	-0.010	27.15	1.30364
3.048					
3.556					
4.064					
4.572					
5.08					
5.207					
5.334					
5.461					
5.588					
5.715					
5.842					
5.968					

Nota: constante del deformimetro vertical = 0,01 mm

DETERMINACION DE LA HUMEDAD EN %

PESO DE LA TARA EN gr		PESO AGUA gr	
P.TARA + SUELO HUMEDO gr		PESO SECO gr	
P.TARA + SUELO SECO gr		HUMEDAD %	

Constante del deformimetro vertical = 0,01 mm

LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS - ENSAYO DE CORTE DIRECTO INV E-154

FECHA	29 de marzo 2012	SONDEO	APIQUE 5
PROYECTO	ESTABILIZACION DE TALUD VIA GUAPOTA	MUESTRA	M-3
LOCALIZACION	GUAPOTA - SANTANDER	PROFUNDIDAD	1 M - 1,5 M

Forma de la muestra	circular	Condicion de la muestra	arcilla
Peso de la probeta	118	Area en cm2	27.15
Diametro de la probeta (cm)	5.88	Volumen de la probeta (cm3)	64.03
Altura de la probeta (cm)	2.358	Densidad del suelo (gr/cm3)	1.891
Peso del suelo+probeta(gr)	239.1	Esfuerzo normal Kg /cm2	0.29
Peso del suelo (gr)	121.1		
Carga normal aplicada kg	8		

Deformacion Horizontal (mm)	Carga (Kg)	Lectura de deformacion Vertical-# rayas	Deformacion Vertical (mm)	Area corregida (cm2)	Esfuerzo cortante (kg/cm2)
0	0	0			
0.127	10.05	0	0.000	27.15	0.37010
0.254	10.85	0	0.000	27.15	0.39956
0.381	13.45	-1	-0.010	27.15	0.49531
0.508	14.45	-2	-0.020	27.15	0.53214
0.635	14.35	-2	-0.020	27.15	0.52845
0.762	14.2	-2	-0.020	27.15	0.52293
1.016	14.3	-2	-0.020	27.15	0.52661
1.27	14.3	-2	-0.020	27.15	0.52661
1.524	14.3	-2	-0.020	27.15	0.52661
1.778	14.3	-2	-0.020	27.15	0.52661
2.032	14.3	-2	-0.020	27.15	0.52661
2.286					
2.54					
3.048					
3.556					
4.064					
4.572					
5.08					
5.207					
5.334					
5.461					
5.588					
5.715					
5.842					
5.968					

Nota: constante del deformimetro vertical = 0,01 mm

DETERMINACION DE LA HUMEDAD EN %

PESO DE LA TARA EN gr		PESO AGUA gr	
P.TARA + SUELO HUMEDO gr		PESO SECO gr	
P.TARA + SUELO SECO gr		HUMEDAD %	

Constante del deformimetro vertical = 0,01 mm

LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS - ENSAYO DE CORTE DIRECTO INV E-154

FECHA	29 de marzo 2012	SONDEO	APIQUE 5
PROYECTO	ESTABILIZACION DE TALUED VIA GUAPOTA	MUESTRA	M-3
LOCALIZACION	GUAPOTA - SANTANDER	PROFUNDIDAD	1 M - 1,5 M

Forma de la muestra	circular	Condicion de la muestra	arcilla
Peso de la probeta	118		
Diametro de la probeta (cm)	5.88	Area en cm2	27.15
Altura de la probeta (cm)	2.358	Volumen de la probeta (cm3)	64.03
Peso del suelo+probeta(gr)	255.2	Densidad del suelo (gr/cm3)	2.143
Peso del suelo (gr)	137.2		
Carga normal aplicada kg	16	Esfuerzo normal Kg /cm2	0.59

Deformacion Horizontal (mm)	Carga (Kg)	Lectura de deformacion Vertical-# rayas	Deformacion Vertical (mm)	Area corregida (cm2)	Esfuerzo cortante (kg/cm2)
0	0	0			
0.127	16.95	0	0.000	27.15	0.62420
0.254	18.4	0	0.000	27.15	0.67760
0.381	20.95	-0.5	-0.005	27.15	0.77150
0.508	21.1	-0.5	-0.005	27.15	0.77703
0.635	21.1	-0.5	-0.005	27.15	0.77703
0.762	21	-0.5	-0.005	27.15	0.77335
1.016	21	-0.5	-0.005	27.15	0.77335
1.27	20.9	-0.5	-0.005	27.15	0.76966
1.524	20.9	-0.5	-0.005	27.15	0.76966
1.778	20.9	-0.5	-0.005	27.15	0.76966
2.032					
2.286					
2.54					
3.048					
3.556					
4.064					
4.572					
5.08					
5.207					
5.334					
5.461					
5.588					
5.715					
5.842					
5.968					

Nota: constante del deformimetro vertical = 0,01 mm

DETERMINACION DE LA HUMEDAD EN %

PESO DE LA TARA EN gr	8.5	PESO AGUA gr	8
P.TARA + SUELO HUMEDO gr	40.5	PESO SECO gr	24
P.TARA + SUELO SECO gr	32.5	HUMEDAD %	33.33

Constante del deformimetro vertical = 0,01 mm

LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS - ENSAYO DE CORTE DIRECTO INV E-154

FECHA	29 de marzo 2012	SONDEO	APIQUE 5
PROYECTO	ESTABILIZACION DE TALUD VIA GUAPOTA	MUESTRA	M-3
LOCALIZACION	GUAPOTA - SANTANDER	PROFUNDIDAD	1 M - 1,5 M

Forma de la muestra	circular	Condicion de la muestra	arcilla
Peso de la probeta	118		
Diametro de la probeta (cm)	5.88	Area en cm2	27.15
Altura de la probeta (cm)	2.358	Volumen de la probeta (cm3)	64.03
Peso del suelo+probeta(gr)	238.4	Densidad del suelo (gr/cm3)	1.880
Peso del suelo (gr)	120.4		
Carga normal aplicada kg	32	Esfuerzo normal Kg /cm2	1.18

Deformacion Horizontal (mm)	Carga (Kg)	Lectura de deformacion Vertical-# rayas	Deformacion Vertical (mm)	Area corregida (cm2)	Esfuerzo cortante (kg/cm2)
0	0	0			
0.127	18.3	-1	-0.010	27.15	0.60026
0.254	18.95	-1	-0.010	27.15	0.69785
0.381	24.8	-1	-0.010	27.15	0.91328
0.508	24.95	-1	-0.010	27.15	0.91881
0.635	24.85	-1	-0.010	27.15	0.91513
0.762	24.65	-1	-0.010	27.15	0.90776
1.016	24.6	-1.5	-0.015	27.15	0.90592
1.27	24.65	-1.5	-0.015	27.15	0.90776
1.524	24.65	-2	-0.020	27.15	0.90776
1.778	24.55	-2	-0.020	27.15	0.90408
2.032					
2.286					
2.54					
3.048					
3.556					
4.064					
4.572					
5.08					
5.207					
5.334					
5.461					
5.588					
5.715					
5.842					
5.968					

Nota: constante del deformimetro vertical = 0,01 mm

DETERMINACION DE LA HUMEDAD EN %

PESO DE LA TARA EN gr	7.1	PESO AGUA gr	8.3
P.TARA + SUELO HUMEDO gr	40.2	PESO SECO gr	24.8
P.TARA + SUELO SECO gr	31.9	HUMEDAD %	33.47

Constante del deformimetro vertical = 0,01 mm

LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS - ENSAYO DE CORTE DIRECTO INV E-154

FECHA	2 diciembre de 2011	SONDEO	APIQUE 1
PROYECTO	ESTABILIZACION DE TALUED VIA GUAPOTA	MUESTRA	M-5
LOCALIZACION	GUAPOTA - SANTANDER	PROFUNDIDAD	1 M - 1,5 M

Forma de la muestra	circular	Condicion de la muestra	arcilla
peso del anillo(gr)	118	Area en cm2	27.15
Diametro de la probeta (cm)	5.88	Volumen de la probeta (cm3)	64.03
Altura de la probeta (cm)	2.358	Densidad del suelo (gr/cm3)	1.516
Peso del suelo (gr)+anillo(gr)	215.1		
Peso del suelo (gr)	97.1		
Carga normal aplicada kg	8	Esfuerzo normal Kg /cm2	0.29

Deformacion Horizontal (mm)	Carga (Kg)	Lectura de deformacion Vertical-# rayas	Deformacion Vertical (mm)	Area corregida (cm2)	Esfuerzo cortante (kg/cm2)
0	0	0			
0.127	6.6	0	0.000	27.15	0.24306
0.254	6.7	0	0.000	27.15	0.24673
0.381	7.4	-0.5	-0.006	27.15	0.27251
0.508	7.9	-1	-0.010	27.15	0.29093
0.636	8.35	-1.5	-0.016	27.15	0.30750
0.762	8.8	-2	-0.020	27.15	0.32407
1.016	9.6	-2.5	-0.026	27.15	0.36353
1.27	10.15	-3.5	-0.036	27.15	0.37378
1.524	10.7	-4	-0.040	27.15	0.39404
1.778	11.2	-4	-0.040	27.15	0.41246
2.032	11.5	-4	-0.040	27.15	0.42350
2.286	11.9	-4	-0.040	27.15	0.43823
2.54	12.2	-4	-0.040	27.15	0.44928
3.048	12.7	-4	-0.040	27.15	0.46769
3.556	13	-4	-0.040	27.15	0.47874
4.064	13.25	-5	-0.050	27.15	0.48794
4.572	14	-6	-0.060	27.15	0.51556
5.08	14.05	-6	-0.060	27.15	0.51741
5.207	14.05	-6	-0.06	27.15	0.51741
5.334	14.05	-6	-0.06	27.15	0.51741
5.481	14.05	-6	-0.06	27.15	0.51741
5.588	24	-6	-0.06	27.15	0.88382
5.716	24	-6	-0.06	27.15	0.88382
5.842	24	-6	-0.06	27.15	0.88382
5.968	24	-6	-0.06	27.15	0.88382

Nota: constante del deformimetro vertical = 0,01 mm

DETERMINACION DE LA HUMEDAD EN %

PESO DE LA TARA EN gr	9	PESO AGUA gr	9.2
P.TARA + SUELO HUMEDO gr	50.1	PESO SECO gr	31.9
P.TARA + SUELO SECO gr	40.9	HUMEDAD %	28.84

Constante del deformimetro vertical = 0,01 mm

LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS - ENSAYO DE CORTE DIRECTO INV E-154

FECHA	2 diciembre de 2011	SONDEO	APIQUE 1
PROYECTO	ESTABILIZACION DE TALUED VIA GUAPOTA	MUESTRA	M-6
LOCALIZACION	GUAPOTA - SANTANDER	PROFUNDIDAD	1 M - 1,5 M

Forma de la muestra	circular	Condicion de la muestra	arcilla
peso del anillo(gr)	118		
Diametro de la probeta (cm)	5.88	Area en cm2	27.15
Altura de la probeta (cm)	2.358	Volumen de la probeta (cm3)	64.03
Peso del suelo (gr)+anillo(gr)	224.4	Densidad del suelo (gr/cm3)	1.662
Peso del suelo (gr)	106.4		
Carga normal aplicada kg	16	Esfuerzo normal Kg /cm2	0.59

Deformacion Horizontal (mm)	Carga (Kg)	Lectura de deformacion Vertical-# rayas	Deformacion Vertical (mm)	Area corregida (cm2)	Esfuerzo cortante (kg/cm2)
0	0	0			
0.127	4.3	0	0.000	27.15	0.15835
0.254	11.6	-1	-0.010	27.15	0.42718
0.381	13.95	-1.5	-0.015	27.15	0.51372
0.508	14.75	-2	-0.020	27.15	0.54318
0.635	15.5	-2.5	-0.025	27.15	0.57080
0.762	15.35	-3	-0.030	27.15	0.56528
1.016	15.45	-3.5	-0.035	27.15	0.56896
1.27	14.95	-4	-0.040	27.15	0.55055
1.524	25	-4	-0.040	27.15	0.92065
1.778					
2.032					
2.286					
2.54					
3.048					
3.556					
4.064					
4.572					
5.08					
5.207					
5.334					
5.461					
5.588					
5.715					
5.842					
5.968					

Nota: constante del deformimetro vertical = 0,01 mm

DETERMINACION DE LA HUMEDAD EN %

PESO DE LA TARA EN gr	8.2	PESO AGUA gr	9.7
P.TARA + SUELO HUMEDO gr	50.1	PESO SECO gr	32.2
P.TARA + SUELO SECO gr	40.4	HUMEDAD %	30.12

Constante del deformimetro vertical = 0,01 mm

LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS - ENSAYO DE CORTE DIRECTO INV E-154

FECHA	2 diciembre de 2011	SONDEO	APIQUE 1
PROYECTO	ESTABILIZACION DE TALUED VIA GUAPOTA	MUESTRA	M-7
LOCALIZACION	GUAPOTA - SANTANDER	PROFUNDIDAD	1 M - 1.5 M

Forma de la muestra	circular	Condicion de la muestra	arcilla
peso del anillo(gr)	118		
Diametro de la probeta (cm)	5.88	Area en cm2	27.15
Altura de la probeta (cm)	2.358	Volumen de la probeta (cm3)	64.03
Peso del suelo (gr)+anillo(gr)	219.2	Densidad del suelo (gr/cm3)	1.560
Peso del suelo (gr)	101.2		
Carga normal aplicada kg	32	Esfuerzo normal Kg /cm2	1.18

Deformacion Horizontal (mm)	Carga (Kg)	Lectura de deformacion Vertical-# rayas	Deformacion Vertical (mm)	Area corregida (cm2)	Esfuerzo cortante (kg/cm2)
0	0	0			
0.127	6.35	0	0.000	27.15	0.23385
0.254	12.15	-2	-0.020	27.15	0.44744
0.381	14.3	-3	-0.030	27.15	0.52681
0.508	18.3	-6	-0.060	27.15	0.60026
0.635	18.4	-7	-0.070	27.15	0.60395
0.762	16.15	-8	-0.080	27.15	0.59474
1.016	33	-10	-0.100	27.15	1.21526
1.27	15.85	-10	-0.100	27.15	0.58369
1.524	15.75	-11	-0.110	27.15	0.58001
1.778	15.7	-11	-0.110	27.15	0.57817
2.032					
2.286					
2.54					
3.048					
3.556					
4.064					
4.572					
5.08					
5.207					
5.334					
5.461					
5.588					
5.715					
5.842					
5.968					

Nota: constante del deformimetro vertical = 0,01 mm

DETERMINACION DE LA HUMEDAD EN %

PESO DE LA TARA EN gr	6.9	PESO AGUA gr	12.4
P.TARA + SUELO HUMEDO gr	54.8	PESO SECO gr	35.5
P.TARA + SUELO SECO gr	42.4	HUMEDAD %	34.93

Constante del deformimetro vertical = 0,01 mm

LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS - ENSAYO DE CORTE DIRECTO INV E-154

FECHA	7 diciembre de 2011	SONDEO	APIQUE 4
PROYECTO	ESTABILIZACION DE TALUD VIA GUAPOTA	MUESTRA	M-1
LOCALIZACION	GUAPOTA - SANTANDER	PROFUNDIDAD	1 M - 1,5 M

Forma de la muestra	circular	Condicion de la muestra	arcilla
peso del anillo(gr)	118		
Diametro de la probeta (cm)	5.88	Area en cm2	27.15
Altura de la probeta (cm)	2.358	Volumen de la probeta (cm3)	64.03
Peso del suelo (gr)+anillo(gr)	231.2	Densidad del suelo (gr/cm3)	1.788
Peso del suelo (gr)	113.2		
Carga normal aplicada kg	8	Esfuerzo normal Kg /cm2	0.29

Deformacion Horizontal (mm)	Carga (Kg)	Lectura de deformacion Vertical-# rayas	Deformacion Vertical (mm)	Area corregida (cm2)	Esfuerzo cortante (kg/cm2)
0	0	0			
0.127	8.1	-6	-0.080	27.15	0.29829
0.254	11.3	-11	-0.110	27.15	0.41613
0.381	13.4	-14	-0.140	27.15	0.49347
0.508	14.2	-14.5	-0.145	27.15	0.52293
0.635	15.85	-16	-0.160	27.15	0.58369
0.762	17.8	-20	-0.200	27.15	0.64814
1.016	20.4	-24	-0.240	27.15	0.75125
1.27	20.8	-25	-0.250	27.15	0.76598
1.524	21	-26	-0.260	27.15	0.77335
1.778	22.8	-29	-0.290	27.15	0.83963
2.032	22.75	-29	-0.290	27.15	0.83779
2.286	22.75	-29	-0.290	27.15	0.83779
2.54					
3.048					
3.556					
4.064					
4.572					
5.08					
5.207					
5.334					
5.461					
5.588					
5.715					
5.842					
5.968					

Nota: constante del deformimetro vertical = 0,01 mm

DETERMINACION DE LA HUMEDAD EN %

PESO DE LA TARA EN gr	8.8	PESO AGUA gr	7.4
P.TARA + SUELO HUMEDO gr	40.2	PESO SECO gr	24
P.TARA + SUELO SECO gr	32.8	HUMEDAD %	30.83

Constante del deformimetro vertical = 0,01 mm

LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS - ENSAYO DE CORTE DIRECTO INV E-154

FECHA	7 diciembre de 2011	SONDEO	APIQUE 4
PROYECTO	ESTABILIZACION DE TALUED VIA GUAPOTA	MUESTRA	M-1
LOCALIZACION	GUAPOTA - SANTANDER	PROFUNDIDAD	1 M - 1,5 M

Forma de la muestra	circular	Condicion de la muestra	arcilla
peso del anillo(gr)	118		
Diametro de la probeta (cm)	5.88	Area en cm2	27.15
Altura de la probeta (cm)	2.358	Volumen de la probeta (cm3)	64.03
Peso del suelo (gr)+anillo(gr)	220	Densidad del suelo (gr/cm3)	1.593
Peso del suelo (gr)	102		
Carga normal aplicada kg	16	Esfuerzo normal Kg /cm2	0.59

Deformacion Horizontal (mm)	Carga (Kg)	Lectura de deformacion Vertical-# rayas	Deformacion Vertical (mm)	Area corregida (cm2)	Esfuerzo cortante (kg/cm2)
0	0	0			
0.127	8.05	-1	-0.010	27.15	0.22280
0.254	8.6	-2	-0.020	27.15	0.31670
0.381	12.55	-2.5	-0.025	27.15	0.46217
0.508	15.05	-2.5	-0.025	27.15	0.55423
0.635	17.3	-2.5	-0.025	27.15	0.63709
0.762	19.2	-2.5	-0.025	27.15	0.70706
1.016	21.3	-2.5	-0.025	27.15	0.78439
1.27	22.3	-3	-0.030	27.15	0.82122
1.524	23.4	-3.5	-0.035	27.15	0.86173
1.778	24.1	-3.5	-0.035	27.15	0.88751
2.032	24.4	-3.5	-0.035	27.15	0.89855
2.286	24.8	-3.5	-0.035	27.15	0.91328
2.54	25.8	-3.5	-0.035	27.15	0.95011
3.048	26.5	-3.5	-0.035	27.15	0.97589
3.556	26.8	-3.5	-0.035	27.15	0.98694
4.064	26.8	-3.5	-0.035	27.15	0.98694
4.572	27.3	-3.5	-0.035	27.15	1.00535
5.08	24	-3.5	-0.035	27.15	0.88382
5.207	26.9	-3.5	-0.035	27.15	0.99062
5.334	26.3	-3.5	-0.035	27.15	0.96852
5.481	26.1	-3.5	-0.035	27.15	0.96116
5.588					
5.715					
5.842					
5.968					

Nota: constante del deformimetro vertical = 0,01 mm

DETERMINACION DE LA HUMEDAD EN %

PESO DE LA TARA EN gr	7.9	PESO AGUA gr	8.4
P.TARA + SUELO HUMEDO gr	40.3	PESO SECO gr	24
P.TARA + SUELO SECO gr	31.9	HUMEDAD %	35.00

Constante del deformimetro vertical = 0,01 mm

LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS - ENSAYO DE CORTE DIRECTO INV E-154

FECHA	7 diciembre de 2011	SONDEO	APIQUE 4
PROYECTO	ESTABILIZACION DE TALUED VIA GUAPOTA	MUESTRA	M-1
LOCALIZACION	GUAPOTA - SANTANDER	PROFUNDIDAD	1 M - 1,5 M

Forma de la muestra	circular	Condicion de la muestra	arcilla
peso del anillo(gr)	118		
Diametro de la probeta (cm)	5.88	Area en cm2	27.15
Altura de la probeta (cm)	2.358	Volumen de la probeta (cm3)	64.03
Peso del suelo (gr)+anillo(gr)	231.9	Densidad del suelo (gr/cm3)	1.779
Peso del suelo (gr)	113.9		
Carga normal aplicada kg	32	Esfuerzo normal Kg /cm2	1.18

Deformacion Horizontal (mm)	Carga (Kg)	Lectura de deformacion Vertical-# rayas	Deformacion Vertical (mm)	Area corregida (cm2)	Esfuerzo cortante (kg/cm2)
0	0	0			
0.127	14.35	-1	-0.010	27.15	0.52845
0.254	15.9	-2	-0.020	27.15	0.58553
0.381	17.05	-3	-0.030	27.15	0.62788
0.508	19.35	-4	-0.040	27.15	0.71258
0.635	23.45	-4	-0.040	27.15	0.86357
0.762	26.05	-4.5	-0.045	27.15	0.95932
1.016	28.1	-4.5	-0.045	27.15	1.03481
1.27	29.35	-5	-0.050	27.15	1.08084
1.524	28.75	-5	-0.050	27.15	1.05875
1.778	30	-5	-0.050	27.15	1.10478
2.032	30	-5	-0.050	27.15	1.10478
2.286	30	-5	-0.050	27.15	1.10478
2.54	28.3	-5	-0.050	27.15	1.04218
3.048					
3.556					
4.064					
4.572					
5.08					
5.207					
5.334					
5.461					
5.588					
5.715					
5.842					
5.968					

Nota: constante del deformimetro vertical = 0,01 mm

DETERMINACION DE LA HUMEDAD EN %

PESO DE LA TARA EN gr	7.2	PESO AGUA gr	7.1
P.TARA + SUELO HUMEDO gr	40	PESO SECO gr	25.7
P.TARA + SUELO SECO gr	32.9	HUMEDAD %	27.63

Constante del deformimetro vertical = 0,01 mm

LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS - ENSAYO DE CORTE DIRECTO INV E-154

FECHA	7 diciembre de 2011	SONDEO	APIQUE 5
PROYECTO	ESTABILIZACION DE TALUED VIA GUAPOTA	MUESTRA	M-1
LOCALIZACION	GUAPOTA - SANTANDER	PROFUNDIDAD	1 M - 1,5 M

Forma de la muestra	circular	Condicion de la muestra	arcilla
peso del anillo(gr)	118		
Diametro de la probeta (cm)	5.88	Area en cm2	27.15
Altura de la probeta (cm)	2.358	Volumen de la probeta (cm3)	64.03
Peso del suelo (gr)+anillo(gr)	210.3	Densidad del suelo (gr/cm3)	1.441
Peso del suelo (gr)	92.3		
Carga normal aplicada kg	8	Esfuerzo normal Kg /cm2	0.29

Deformacion Horizontal (mm)	Carga (Kg)	Lectura de deformacion Vertical-# rayas	Deformacion Vertical (mm)	Area corregida (cm2)	Esfuerzo cortante (kg/cm2)
0	0	0			
0.127	6.25	-0.5	-0.005	27.15	0.23016
0.254	6.55	-1	-0.010	27.15	0.24121
0.381	7.3	-1	-0.010	27.15	0.26883
0.508	7.35	-1	-0.010	27.15	0.27087
0.635	9.55	-1	-0.010	27.15	0.35189
0.762	10.75	-1.5	-0.015	27.15	0.39588
1.016	12.1	-1.5	-0.015	27.15	0.44559
1.27	12.9	-2	-0.020	27.15	0.47506
1.524	11	-2.5	-0.025	27.15	0.40509
1.778	13.5	-3	-0.030	27.15	0.49715
2.032	13.25	-3	-0.030	27.15	0.48794
2.286	13.25	-3	-0.030	27.15	0.48794
2.54	13.35	-3	-0.030	27.15	0.49183
3.048					
3.556					
4.064					
4.572					
5.08					
5.207					
5.334					
5.461					
5.588					
5.715					
5.842					
5.968					

Nota: constante del deformimetro vertical = 0,01 mm

DETERMINACION DE LA HUMEDAD EN %

PESO DE LA TARA EN gr	7.5	PESO AGUA gr	8.4
P.TARA + SUELO HUMEDO gr	40.2	PESO SECO gr	24.3
P.TARA + SUELO SECO gr	31.8	HUMEDAD %	34.57

Constante del deformimetro vertical = 0,01 mm

LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS - ENSAYO DE CORTE DIRECTO INV E-154

FECHA	7 diciembre de 2011	SONDEO	APIQUE 5
PROYECTO	ESTABILIZACION DE TALUED VIA GUAPOTA	MUESTRA	M-2
LOCALIZACION	GUAPOTA - SANTANDER	PROFUNDIDAD	1 M - 1,5 M

Forma de la muestra	circular	Condicion de la muestra	arcilla
peso del anillo(gr)	118		
Diametro de la probeta (cm)	5.88	Area en cm2	27.15
Altura de la probeta (cm)	2.358	Volumen de la probeta (cm3)	64.03
Peso del suelo (gr)+anillo(gr)	238.8	Densidad del suelo (gr/cm3)	1.887
Peso del suelo (gr)	120.8		
Carga normal aplicada kg	16	Esfuerzo normal Kg /cm2	0.59

Deformacion Horizontal (mm)	Carga (Kg)	Lectura de deformacion Vertical-# rayas	Deformacion Vertical (mm)	Area corregida (cm2)	Esfuerzo cortante (kg/cm2)
0	0	0			
0.127	5.65	0	0.000	27.15	0.20807
0.254	6.35	-1	-0.010	27.15	0.23385
0.381	11.65	-2	-0.020	27.15	0.42902
0.508	13.4	-3	-0.030	27.15	0.49347
0.635	13.9	-3	-0.030	27.15	0.51188
0.762	14.95	-3.5	-0.035	27.15	0.55055
1.016	14.9	-3.5	-0.035	27.15	0.54871
1.27	14.55	-3.5	-0.035	27.15	0.53582
1.524	14.35	-3.5	-0.035	27.15	0.52845
1.778	14.2	-3.5	-0.035	27.15	0.52293
2.032	14.1	-3.5	-0.035	27.15	0.51925
2.286					
2.54					
3.048					
3.556					
4.064					
4.572					
5.08					
5.207					
5.334					
5.461					
5.588					
5.715					
5.842					
5.968					

Nota: constante del deformimetro vertical = 0,01 mm

DETERMINACION DE LA HUMEDAD EN %

PESO DE LA TARA EN gr	8.5	PESO AGUA gr	8
P.TARA + SUELO HUMEDO gr	40.5	PESO SECO gr	24
P.TARA + SUELO SECO gr	32.5	HUMEDAD %	33.33

Constante del deformimetro vertical = 0,01 mm

LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS - ENSAYO DE CORTE DIRECTO INV E-154

FECHA	7 diciembre de 2011	SONDEO	APIQUE 5
PROYECTO	ESTABILIZACION DE TALUED VIA GUAPOTA	MUESTRA	M-3
LOCALIZACION	GUAPOTA - SANTANDER	PROFUNDIDAD	1 M - 1,5 M

Forma de la muestra	circular	Condicion de la muestra	arcilla
peso del anillo(gr)	118		
Diametro de la probeta (cm)	5.88	Area en cm2	27.15
Altura de la probeta (cm)	2.358	Volumen de la probeta (cm3)	64.03
Peso del suelo (gr)+anillo(gr)	233.9	Densidad del suelo (gr/cm3)	1.810
Peso del suelo (gr)	115.9		
Carga normal aplicada kg	32	Esfuerzo normal Kg /cm2	1.18

Deformacion Horizontal (mm)	Carga (Kg)	Lectura de deformacion Vertical-# rayas	Deformacion Vertical (mm)	Area corregida (cm2)	Esfuerzo cortante (kg/cm2)
0	0	0			
0.127	3.45	0	0.000	27.15	0.12706
0.254	6.44	0	0.000	27.15	0.23716
0.381	13.25	-1	-0.010	27.15	0.48794
0.508	13.8	-1.5	-0.015	27.15	0.50820
0.635	14.7	-1.5	-0.015	27.15	0.54134
0.762	15.9	-2	-0.020	27.15	0.58553
1.016	20	-2	-0.020	27.15	0.73852
1.27	16.4	-2	-0.020	27.15	0.60395
1.524	16.3	-2	-0.020	27.15	0.60026
1.778	16.1	-2	-0.020	27.15	0.59290
2.032					
2.286					
2.54					
3.048					
3.556					
4.064					
4.572					
5.08					
5.207					
5.334					
5.461					
5.588					
5.715					
5.842					
5.968					

Nota: constante del deformimetro vertical = 0,01 mm

DETERMINACION DE LA HUMEDAD EN %

PESO DE LA TARA EN gr	7.1	PESO AGUA gr	8.3
P.TARA + SUELO HUMEDO gr	40.2	PESO SECO gr	24.8
P.TARA + SUELO SECO gr	31.9	HUMEDAD %	33.47

Constante del deformimetro vertical = 0,01 mm

LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS - ENSAYO DE CORTE DIRECTO INV E-154

FECHA	23 de febrero 2012	SONDEO	APIQUE 1
PROYECTO	ESTABILIZACION DE TALUED VIA GUAPOTA	MUESTRA	M-1
LOCALIZACION	GUAPOTA - SANTANDER	PROFUNDIDAD	1 M - 1,5 M

Forma de la muestra	circular	Condicion de la muestra	arcilla
peso del anillo(gr)	118		
Diametro de la probeta (cm)	5.88	Area en cm2	27.15
Altura de la probeta (cm)	2.358	Volumen de la probeta (cm3)	64.03
Peso del suelo (gr)+anillo(gr)	236.5	Densidad del suelo (gr/cm3)	1.851
Peso del suelo (gr)	118.5		
Carga normal aplicada kg	8	Esfuerzo normal Kg /cm2	0.29

Deformacion Horizontal (mm)	Carga (Kg)	Lectura de deformacion Vertical-# rayas	Deformacion Vertical (mm)	Area corregida (cm2)	Esfuerzo cortante (kg/cm2)
0	0	0			
0.127	0.95	0	0.000	27.15	0.03498
0.254	1.55	-0.5	-0.005	27.15	0.05708
0.381	1.75	-0.5	-0.005	27.15	0.06445
0.508	2.05	-0.5	-0.005	27.15	0.07549
0.635	2.25	-1	-0.010	27.15	0.08286
0.762	2.35	-1	-0.010	27.15	0.08654
1.016	2.65	-1	-0.010	27.15	0.09759
1.27	2.95	-1	-0.010	27.15	0.10864
1.524	3.4	-1	-0.010	27.15	0.12521
1.778	3.95	-1	-0.010	27.15	0.14546
2.032	4.1	-1	-0.010	27.15	0.15099
2.286	4	-4	-0.040	27.15	0.14730
2.54	4	-4	-0.040	27.15	0.14730
3.048	3.45	-4	-0.040	27.15	0.12705
3.556					
4.064					
4.572					
5.08					
5.207					
5.334					
5.461					
5.588					
5.715					
5.842					
5.968					

Nota: constante del deformimetro vertical = 0,01 mm

DETERMINACION DE LA HUMEDAD EN %

PESO DE LA TARA EN gr	6.9	PESO AGUA gr	9.8
P.TARA + SUELO HUMEDO gr	43.2	PESO SECO gr	26.5
P.TARA + SUELO SECO gr	33.4	HUMEDAD %	36.98

Constante del deformimetro vertical = 0,01 mm

LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS - ENSAYO DE CORTE DIRECTO INV E-154

FECHA	23 de febrero 2012	SONDEO	APIQUE 1
PROYECTO	ESTABILIZACION DE TALUED VIA GUAPOTA	MUESTRA	M-2
LOCALIZACION	GUAPOTA - SANTANDER	PROFUNDIDAD	1 M - 1,5 M

Forma de la muestra	circular	Condicion de la muestra	arcilla
peso del anillo(gr)		Area en cm2	27.15
Diametro de la probeta (cm)	5.88	Volumen de la probeta (cm3)	64.03
Altura de la probeta (cm)	2.358	Densidad del suelo (gr/cm3)	1.830
Peso del suelo (gr)+anillo(gr)	117.2		
Peso del suelo (gr)			
Carga normal aplicada kg	16	Esfuerzo normal Kg /cm2	0.59

Deformacion Horizontal (mm)	Carga (Kg)	Lectura de deformacion Vertical-# rayas	Deformacion Vertical (mm)	Area corregida (cm2)	Esfuerzo cortante (kg/cm2)
0	0	0			
0.127	4.5	-2	-0.020	27.15	0.16572
0.254	4.6	-2.5	-0.025	27.15	0.16940
0.381	5.7	-3	-0.030	27.15	0.20991
0.508	6.4	-4	-0.040	27.15	0.23569
0.635	7	-5	-0.050	27.15	0.25778
0.762	7.6	-5	-0.050	27.15	0.27988
1.016	8.3	-6	-0.060	27.15	0.30566
1.27	8.85	-6	-0.060	27.15	0.32591
1.524	8.9	-6	-0.060	27.15	0.32775
1.778	8.85	-6	-0.060	27.15	0.32591
2.032	8.85	-6	-0.060	27.15	0.32591
2.286					
2.54					
3.048					
3.556					
4.064					
4.572					
5.08					
5.207					
5.334					
5.461					
5.588					
5.715					
5.842					
5.968					

Nota: constante del deformimetro vertical = 0,01 mm

DETERMINACION DE LA HUMEDAD EN %

PESO DE LA TARA EN gr	6.9	PESO AGUA gr	7.6
P.TARA + SUELO HUMEDO gr	36	PESO SECO gr	21.5
P.TARA + SUELO SECO gr	28.4	HUMEDAD %	35.35

Constante del deformimetro vertical = 0,01 mm

LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS - ENSAYO DE CORTE DIRECTO INV E-154

FECHA	23 de febrero 2012	SONDEO	APIQUE 1
PROYECTO	ESTABILIZACION DE TALUED VIA GUAPOTA	MUESTRA	M-3
LOCALIZACION	GUAPOTA - SANTANDER	PROFUNDIDAD	1 M - 1,5 M

Forma de la muestra	circular	Condicion de la muestra	arcilla
peso del anillo(gr)			
Diametro de la probeta (cm)	5.88	Area en cm2	27.15
Altura de la probeta (cm)	2.358	Volumen de la probeta (cm3)	64.03
Peso del suelo (gr)+anillo(gr)	113.3	Densidad del suelo (gr/cm3)	1.769
Peso del suelo (gr)			
Carga normal aplicada kg	32	Esfuerzo normal Kg /cm2	1.18

Deformacion Horizontal (mm)	Carga (Kg)	Lectura de deformacion Vertical-# rayas	Deformacion Vertical (mm)	Area corregida (cm2)	Esfuerzo cortante (kg/cm2)
0	0	0			
0.127	3.5	0	0.000	27.15	0.12889
0.254	5.65	-0.5	-0.005	27.15	0.20807
0.381	7.55	-1	-0.010	27.15	0.27804
0.508	8.7	-1	-0.010	27.15	0.32039
0.635	9.65	-1.5	-0.015	27.15	0.35537
0.762	10.3	-2	-0.020	27.15	0.37931
1.016	11.25	-2	-0.020	27.15	0.41429
1.27	12.35	-2.5	-0.025	27.15	0.45480
1.524	12.75	-3	-0.030	27.15	0.46953
1.778	12.85	-3.5	-0.035	27.15	0.47321
2.032	13.2	-4	-0.040	27.15	0.48610
2.286	12.95	-4	-0.040	27.15	0.47690
2.54	12.95	-4	-0.040	27.15	0.47690
3.048	12.95	-4	-0.040	27.15	0.47690
3.556					
4.064					
4.572					
5.08					
5.207					
5.334					
5.461					
5.588					
5.715					
5.842					
5.968					

Nota: constante del deformimetro vertical = 0,01 mm

DETERMINACION DE LA HUMEDAD EN %

PESO DE LA TARA EN gr	6.8	PESO AGUA gr	6.5
P.TARA + SUELO HUMEDO gr	38.4	PESO SECO gr	25.1
P.TARA + SUELO SECO gr	31.9	HUMEDAD %	25.90

Constante del deformimetro vertical = 0,01 mm

LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS - ENSAYO DE CORTE DIRECTO INV E-154

FECHA	23 de febrero 2012	SONDEO	APIQUE 2
PROYECTO	ESTABILIZACION DE TALUED VIA GUAPOTA	MUESTRA	M-1
LOCALIZACION	GUAPOTA - SANTANDER	PROFUNDIDAD	1 M - 1,5 M

Forma de la muestra	circular	Condicion de la muestra	arcilla
peso del anillo(gr)		Area en cm2	27.15
Diametro de la probeta (cm)	5.88	Volumen de la probeta (cm3)	64.03
Altura de la probeta (cm)	2.358	Densidad del suelo (gr/cm3)	1.930
Peso del suelo (gr)+anillo(gr)	123.8		
Peso del suelo (gr)		Esfuerzo normal Kg /cm2	0.29
Carga normal aplicada kg	8		

Deformacion Horizontal (mm)	Carga (Kg)	Lectura de deformacion Vertical-# rayas	Deformacion Vertical (mm)	Area corregida (cm2)	Esfuerzo cortante (kg/cm2)
0	0	0			
0.127	1.8	0	0.000	27.15	0.08629
0.254	2	0	0.000	27.15	0.07385
0.381	2.65	0	0.000	27.15	0.09759
0.508	3.1	0	0.000	27.15	0.11416
0.635	3.85	0	0.000	27.15	0.14178
0.762	4.1	0	0.000	27.15	0.16388
1.016	4.1	0	0.000	27.15	0.15835
1.27	4.45	0	0.000	27.15	0.15283
1.524	4.3	0	0.000	27.15	0.00000
1.778	4.15	0	0.000	27.15	0.00000
2.032		0	0.000	27.15	0.00000
2.286					
2.54					
3.048					
3.556					
4.064					
4.572					
5.08					
5.207					
5.334					
5.461					
5.588					
5.715					
5.842					
5.968					

Nota: constante del deformimetro vertical = 0,01 mm

DETERMINACION DE LA HUMEDAD EN %

PESO DE LA TARA EN gr	6.8	PESO AGUA gr	4.2
P.TARA + SUELO HUMEDO gr	32.2	PESO SECO gr	21.2
P.TARA + SUELO SECO gr	28	HUMEDAD %	19.81

Constante del deformimetro vertical = 0,01 mm

LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS - ENSAYO DE CORTE DIRECTO INV E-154

FECHA	23 de febrero 2012	SONDEO	APIQUE 2
PROYECTO	ESTABILIZACION DE TALUED VIA GUAPOTA	MUESTRA	M-2
LOCALIZACION	GUAPOTA - SANTANDER	PROFUNDIDAD	1 M - 1,5 M

Forma de la muestra	circular	Condicion de la muestra	arcilla
peso del anillo(gr)			
Diametro de la probeta (cm)	5.88	Area en cm2	27.15
Altura de la probeta (cm)	2.358	Volumen de la probeta (cm3)	64.03
Peso del suelo (gr)+anillo(gr)	122.2	Densidad del suelo (gr/cm3)	1.908
Peso del suelo (gr)			
Carga normal aplicada kg	16	Esfuerzo normal Kg /cm2	0.59

Deformacion Horizontal (mm)	Carga (Kg)	Lectura de deformacion Vertical-# rayas	Deformacion Vertical (mm)	Area corregida (cm2)	Esfuerzo cortante (kg/cm2)
0	0	0			
0.127	3.65	0	0.000	27.15	0.13441
0.254	4.2	-1	-0.010	27.15	0.15467
0.381	5.6	-1	-0.010	27.15	0.20623
0.508	6.4	-1.5	-0.015	27.15	0.23569
0.635	7	-2	-0.020	27.15	0.25778
0.762	7.65	-2	-0.020	27.15	0.28172
1.016	8.2	-2	-0.020	27.15	0.30197
1.27	8.1	-2.5	-0.025	27.15	0.29829
1.524	8.2	-3	-0.030	27.15	0.30197
1.778	8.05	-3	-0.030	27.15	0.29645
2.032	8.45	-3	-0.030	27.15	0.31118
2.286	8.45	-3.5	-0.035	27.15	0.31118
2.54	8.45	-3.5	-0.035	27.15	0.31123
3.048					
3.556					
4.064					
4.572					
5.08					
5.207					
5.334					
5.461					
5.588					
5.715					
5.842					
5.968					

Nota: constante del deformimetro vertical = 0,01 mm

DETERMINACION DE LA HUMEDAD EN %

PESO DE LA TARA EN gr	7.6	PESO AGUA gr	9.5
P.TARA + SUELO HUMEDO gr	36.5	PESO SECO gr	19.4
P.TARA + SUELO SECO gr	27	HUMEDAD %	48.97

Constante del deformimetro vertical = 0,01 mm

LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS - ENSAYO DE CORTE DIRECTO INV E-154

FECHA	23 de febrero 2012	SONDEO	APIQUE 2
PROYECTO	ESTABILIZACION DE TALUED VIA GUAPOTA	MUESTRA	M-3
LOCALIZACION	GUAPOTA - SANTANDER	PROFUNDIDAD	1 M - 1,5 M

Forma de la muestra	circular	Condicion de la muestra	arcilla
peso del anillo(gr)			
Diametro de la probeta (cm)	5.88	Area en cm2	27.15
Altura de la probeta (cm)	2.358	Volumen de la probeta (cm3)	64.03
Peso del suelo (gr)+anillo(gr)	123.1	Densidad del suelo (gr/cm3)	1.923
Peso del suelo (gr)			
Carga normal aplicada kg	32	Esfuerzo normal Kg /cm2	1.18

Deformacion Horizontal (mm)	Carga (Kg)	Lectura de deformacion Vertical-# rayas	Deformacion Vertical (mm)	Area corregida (cm2)	Esfuerzo cortante (kg/cm2)
0	0	0			
0.127	4.55	0.5	0.005	27.15	0.16756
0.254	6.4	4.5	0.045	27.15	0.00000
0.381	8.3	5	0.050	27.15	0.16756
0.508	9.6	5	0.050	27.15	0.23569
0.635	11.7	6	0.060	27.15	0.30566
0.762	11.95	6	0.060	27.15	0.35353
1.016	12.05	6.5	0.065	27.15	0.43086
1.27	12.1	6.5	0.065	27.15	0.44007
1.524	12.05	6.5	0.065	27.15	0.44375
1.778	12.1	6.5	0.065	27.15	0.44559
2.032	12.1	6.5	0.065	27.15	0.44375
2.286	12.1	6.5	0.065	27.15	0.44559
2.54	12.1	6.5	0.065	27.15	0.44559
3.048					
3.556					
4.064					
4.572					
5.08					
5.207					
5.334					
5.461					
5.588					
5.715					
5.842					
5.968					

Nota: constante del deformimetro vertical = 0,01 mm

DETERMINACION DE LA HUMEDAD EN %

PESO DE LA TARA EN gr	6.8	PESO AGUA gr	6
P.TARA + SUELO HUMEDO gr	30	PESO SECO gr	17.2
P.TARA + SUELO SECO gr	24	HUMEDAD %	34.88

Constante del deformimetro vertical = 0,01 mm

LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS - ENSAYO DE CORTE DIRECTO INV E-154

FECHA	23 de febrero 2012	SONDEO	APIQUE 4
PROYECTO	ESTABILIZACION DE TALUED VIA GUAPOTA	MUESTRA	M-1
LOCALIZACION	GUAPOTA - SANTANDER	PROFUNDIDAD	1 M - 1,5 M

Forma de la muestra	circular	Condicion de la muestra	arcilla
peso del anillo(gr)			
Diametro de la probeta (cm)	5.88	Area en cm2	27.15
Altura de la probeta (cm)	2.358	Volumen de la probeta (cm3)	64.03
Peso del suelo (gr)+anillo(gr)	109.7	Densidad del suelo (gr/cm3)	1.713
Peso del suelo (gr)			
Carga normal aplicada kg	8	Esfuerzo normal Kg /cm2	0.29

Deformacion Horizontal (mm)	Carga (Kg)	Lectura de deformacion Vertical-# rayas	Deformacion Vertical (mm)	Area corregida (cm2)	Esfuerzo cortante (kg/cm2)
0	0	0			
0.127	1.95	0	0.000	27.15	0.07181
0.254	3.05	-1	-0.010	27.15	0.11232
0.381	4.45	-2	-0.020	27.15	0.16388
0.508	7.1	-3	-0.030	27.15	0.26146
0.635	7.9	-5	-0.050	27.15	0.29093
0.762	8.05	-5	-0.050	27.15	0.29645
1.016	8.05	-5	-0.050	27.15	0.29645
1.27	8.1	-5	-0.050	27.15	0.29829
1.524	7.05	-5	-0.050	27.15	0.25962
1.778	7	-5	-0.050	27.15	0.25778
2.032	6.9	-5	-0.050	27.15	0.25410
2.286					
2.54					
3.048					
3.556					
4.064					
4.572					
5.08					
5.207					
5.334					
5.461					
5.588					
5.715					
5.842					
5.968					

Nota: constante del deformimetro vertical = 0,01 mm

DETERMINACION DE LA HUMEDAD EN %

PESO DE LA TARA EN gr	6.7	PESO AGUA gr	9.57
P.TARA + SUELO HUMEDO gr	40	PESO SECO gr	23.73
P.TARA + SUELO SECO gr	30.43	HUMEDAD %	40.33

Constante del deformimetro vertical = 0,01 mm

LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS - ENSAYO DE CORTE DIRECTO INV E-154

FECHA	23 de febrero 2012	SONDEO	APIQUE 4
PROYECTO	ESTABILIZACION DE TALUED VIA GUAPOTA	MUESTRA	M-2
LOCALIZACION	GUAPOTA - SANTANDER	PROFUNDIDAD	1 M - 1,5 M

Forma de la muestra	circular	Condicion de la muestra	arcilla
peso del anillo(gr)			
Diametro de la probeta (cm)	5.88	Area en cm2	27.15
Altura de la probeta (cm)	2.358	Volumen de la probeta (cm3)	64.03
Peso del suelo (gr)+anillo(gr)	115.2	Densidad del suelo (gr/cm3)	1.799
Peso del suelo (gr)			
Carga normal aplicada kg	16	Esfuerzo normal Kg /cm2	0.59

Deformacion Horizontal (mm)	Carga (Kg)	Lectura de deformacion Vertical-# rayas	Deformacion Vertical (mm)	Area corregida (cm2)	Esfuerzo cortante (kg/cm2)
0	0	0			
0.127	4.15	-1	-0.010	27.15	0.15283
0.254	8.75	-5	-0.050	27.15	0.32223
0.381	8.7	-5	-0.050	27.15	0.32039
0.508	8.9	-5	-0.050	27.15	0.32775
0.635	10.05	-5	-0.050	27.15	0.37010
0.762	11.05	-5	-0.050	27.15	0.40893
1.016	12.1	-5	-0.050	27.15	0.44559
1.27	12.1	-5	-0.050	27.15	0.44559
1.524	12.1	-5	-0.050	27.15	0.44559
1.778					
2.032					
2.286					
2.54					
3.048					
3.556					
4.064					
4.572					
5.08					
5.207					
5.334					
5.461					
5.588					
5.715					
5.842					
5.968					

Nota: constante del deformimetro vertical = 0,01 mm

DETERMINACION DE LA HUMEDAD EN %

PESO DE LA TARA EN gr	6.8	PESO AGUA gr	8
P.TARA + SUELO HUMEDO gr	37.6	PESO SECO gr	22.8
P.TARA + SUELO SECO gr	29.6	HUMEDAD %	35.09

Constante del deformimetro vertical = 0,01 mm

LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS - ENSAYO DE CORTE DIRECTO INV E-154

FECHA	23 de febrero 2012	SONDEO	APIQUE 4
PROYECTO	ESTABILIZACION DE TALUED VIA GUAPOTA	MUESTRA	M-3
LOCALIZACION	GUAPOTA - SANTANDER	PROFUNDIDAD	1 M - 1,5 M

Forma de la muestra	circular	Condicion de la muestra	arcilla
peso del anillo(gr)			
Diametro de la probeta (cm)	5.88	Area en cm2	27.15
Altura de la probeta (cm)	2.358	Volumen de la probeta (cm3)	64.03
Peso del suelo (gr)+anillo(gr)	120.3	Densidad del suelo (gr/cm3)	1.879
Peso del suelo (gr)			
Carga normal aplicada kg	32	Esfuerzo normal Kg /cm2	1.18

Deformacion Horizontal (mm)	Carga (Kg)	Lectura de deformacion Vertical-# rayas	Deformacion Vertical (mm)	Area corregida (cm2)	Esfuerzo cortante (kg/cm2)
0	0	0			
0.127	8.15	1	0.010	27.15	0.30013
0.254	8.2	1	0.010	27.15	0.30197
0.381	11.9	2	0.020	27.15	0.43823
0.508	12.15	2.5	0.025	27.15	0.44744
0.635	13.7	3	0.030	27.15	0.50452
0.762	14.2	3.5	0.035	27.15	0.52293
1.016	15.2	4	0.040	27.15	0.55976
1.27	16	5	0.050	27.15	0.58922
1.524	16	5	0.050	27.15	0.58922
1.778	15.3	5	0.050	27.15	0.56344
2.032	15.25	5	0.050	27.15	0.56160
2.286					
2.54					
3.048					
3.556					
4.064					
4.572					
5.08					
5.207					
5.334					
5.461					
5.588					
5.715					
5.842					
5.968					

Nota: constante del deformimetro vertical = 0,01 mm

DETERMINACION DE LA HUMEDAD EN %

PESO DE LA TARA EN gr	6.8	PESO AGUA gr	6.3
P.TARA + SUELO HUMEDO gr	33	PESO SECO gr	19.9
P.TARA + SUELO SECO gr	26.7	HUMEDAD %	31.66

Constante del deformimetro vertical = 0,01 mm

LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS - ENSAYO DE CORTE DIRECTO INV E-154

FECHA	23 de febrero 2012	SONDEO	APIQUE 5
PROYECTO	ESTABILIZACION DE TALUED VIA GUAPOTA	MUESTRA	M-1
LOCALIZACION	GUAPOTA - SANTANDER	PROFUNDIDAD	1 M - 1,5 M

Forma de la muestra	circular	Condicion de la muestra	arcilla
peso del anillo(gr)			
Diametro de la probeta (cm)	5.88	Area en cm2	27.15
Altura de la probeta (cm)	2.358	Volumen de la probeta (cm3)	64.03
Peso del suelo (gr)+anillo(gr)	113.3	Densidad del suelo (gr/cm3)	1.769
Peso del suelo (gr)			
Carga normal aplicada kg	8	Esfuerzo normal Kg /cm2	0.29

Deformacion Horizontal (mm)	Carga (Kg)	Lectura de deformacion Vertical-# rayas	Deformacion Vertical (mm)	Area corregida (cm2)	Esfuerzo cortante (kg/cm2)
0	0	0			
0.127	3.3	0	0.000	27.15	0.12153
0.254	4.6	0	0.000	27.15	0.16940
0.381	5.4	0.5	0.005	27.15	0.19886
0.508	5.8	0.5	0.005	27.15	0.21359
0.635	6.1	0.5	0.005	27.15	0.22464
0.762	6.35	0.5	0.005	27.15	0.23385
1.016	6.75	1	0.010	27.15	0.24858
1.27	7.1	1	0.010	27.15	0.26146
1.524	7.5	1	0.010	27.15	0.27619
1.778	7.75	1	0.010	27.15	0.28540
2.032	7.8	1	0.010	27.15	0.28724
2.286	8	1	0.010	27.15	0.29461
2.54	8.05	1	0.010	27.15	0.29645
3.048	8.05	1	0.010	27.15	0.29645
3.556	8.05	1	0.010	27.15	0.29645
4.064					
4.572					
5.08					
5.207					
5.334					
5.461					
5.588					
5.715					
5.842					
5.968					

Nota: constante del deformimetro vertical = 0,01 mm

DETERMINACION DE LA HUMEDAD EN %

PESO DE LA TARA EN gr	7.6	PESO AGUA gr	5.9
P.TARA + SUELO HUMEDO gr	31.5	PESO SECO gr	18
P.TARA + SUELO SECO gr	25.6	HUMEDAD %	32.78

Constante del deformimetro vertical = 0,01 mm

LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS - ENSAYO DE CORTE DIRECTO INV E-154

FECHA	23 de febrero 2012	SONDEO	APIQUE 5
PROYECTO	ESTABILIZACION DE TALUED VIA GUAPOTA	MUESTRA	M-2
LOCALIZACION	GUAPOTA - SANTANDER	PROFUNDIDAD	1 M - 1.5 M

Forma de la muestra	circular	Condicion de la muestra	arcilla
peso del anillo(gr)		Area en cm2	27.15
Diametro de la probeta (cm)	5.88	Volumen de la probeta (cm3)	64.03
Altura de la probeta (cm)	2.368	Densidad del suelo (gr/cm3)	1.944
Peso del suelo (gr)+anillo(gr)	124.5		
Peso del suelo (gr)			
Carga normal aplicada kg	16	Esfuerzo normal Kg /cm2	0.59

Deformacion Horizontal (mm)	Carga (Kg)	Lectura de deformacion Vertical-# rayas	Deformacion Vertical (mm)	Area corregida (cm2)	Esfuerzo cortante (kg/cm2)
0	0	0			
0.127	3.3	0	0.000	27.15	0.12153
0.254	4.6	0	0.000	27.15	0.16940
0.381	5.4	-0.5	-0.005	27.15	0.19886
0.508	6.6	-0.5	-0.005	27.15	0.23937
0.635	7.2	-0.5	-0.005	27.15	0.26515
0.762	9.3	-0.5	-0.005	27.15	0.34248
1.016	11.6	-1	-0.010	27.15	0.42718
1.27	12.2	-1	-0.010	27.15	0.44928
1.524	12	-1	-0.010	27.15	0.44191
1.778	11.8	-1	-0.010	27.15	0.43455
2.032	11.4	-1	-0.010	27.15	0.41982
2.286					
2.54					
3.048					
3.556					
4.064					
4.572					
5.08					
5.207					
5.334					
5.461					
5.588					
5.715					
5.842					
5.968					

Nota: constante del deformimetro vertical = 0,01 mm

DETERMINACION DE LA HUMEDAD EN %

PESO DE LA TARA EN gr	6.6	PESO AGUA gr	7.6
P.TARA + SUELO HUMEDO gr	34.6	PESO SECO gr	20.5
P.TARA + SUELO SECO gr	27	HUMEDAD %	37.07

Constante del deformimetro vertical = 0,01 mm

LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS - ENSAYO DE CORTE DIRECTO INV E-154

FECHA	23 de febrero 2012	SONDEO	APIQUE 5
PROYECTO	ESTABILIZACION DE TALUD VIA GUAPOTA	MUESTRA	M-3
LOCALIZACION	GUAPOTA - SANTANDER	PROFUNDIDAD	1 M - 1,5 M

Forma de la muestra	circular	Condicion de la muestra	arcilla
peso del anillo(gr)			
Diametro de la probeta (cm)	5.88	Area en cm2	27.15
Altura de la probeta (cm)	2.358	Volumen de la probeta (cm3)	64.03
Peso del suelo (gr)+anillo(gr)	140.2	Densidad del suelo (gr/cm3)	2.190
Peso del suelo (gr)			
Carga normal aplicada kg	32	Esfuerzo normal Kg /cm2	1.18

Deformacion Horizontal (mm)	Carga (Kg)	Lectura de deformacion Vertical-# rayas	Deformacion Vertical (mm)	Area corregida (cm2)	Esfuerzo cortante (kg/cm2)
0	0	0			
0.127	5.7	0.5	0.005	27.15	0.20991
0.254	6.45	1	0.010	27.15	0.23753
0.381	8.8	2	0.020	27.15	0.32407
0.508	10.6	3	0.030	27.15	0.39036
0.635	12.2	3.5	0.035	27.15	0.44928
0.762	13.8	4	0.040	27.15	0.50820
1.016	16.1	4.5	0.045	27.15	0.55807
1.27	18.1	5	0.050	27.15	0.59290
1.524	14.9	6	0.060	27.15	0.54871
1.778	15.05	6	0.060	27.15	0.55423
2.032	15.15	6	0.060	27.15	0.55791
2.288	14.9	6	0.060	27.15	0.54871
2.54					
3.048					
3.556					
4.064					
4.572					
5.08					
5.207					
5.334					
5.461					
5.588					
5.715					
5.842					
5.968					

Nota: constante del deformimetro vertical = 0,01 mm

DETERMINACION DE LA HUMEDAD EN %

PESO DE LA TARA EN gr	7.6	PESO AGUA gr	8
P.TARA + SUELO HUMEDO gr	34	PESO SECO gr	18.4
P.TARA + SUELO SECO gr	26	HUMEDAD %	43.48

Constante del deformimetro vertical = 0,01 mm



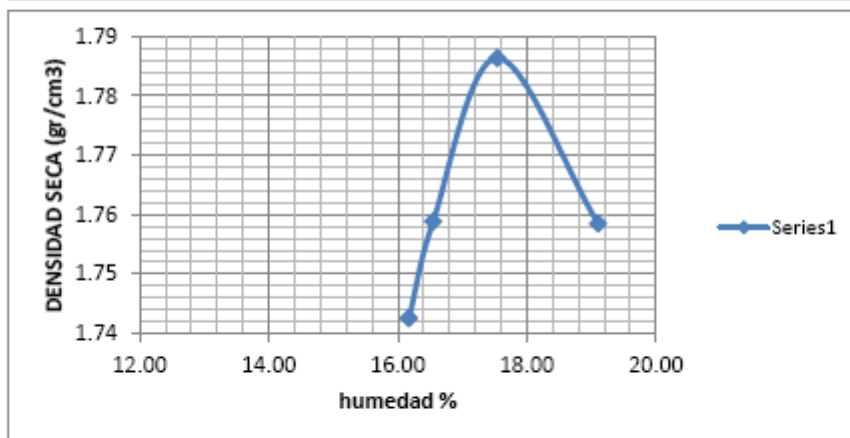
UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS
ENSAYO DE COMPACTACION
INV E - 142

FECHA : 6 de marzo del 2012
 PROYECTO : via guapota -la estacion
 LOCALIZACION : guapota
 MUESTRA : 4
 PROFUNDIDAD : 1 m

TIPO DE ENSAYO	MODIFICADO
NUMERO DE CAPAS	5
NUMERO DE GOLPES POR CAPA	25
MOLDE No	1
DIAMETRO MOLDE (cm)	10.00
ALTURA MOLDE (cm)	12.00
VOLUMEN MOLDE (cm ³)	942.48

PESO TARA (gr)	8.7	8.8	8.9	8.8	8.8	8.8	7.7	8.3
PESO DE TARA + SUELO HUMEDO (gr)	50.5	50.5	50.1	50.3	50.3	50.4	50.4	50.4
PESO DE TARA + SUELO SECO (gr)	44.6	44.5	44.4	44.0	43.8	43.9	43.7	43.5
PROMEDIO HUMEDAD %	16.17		16.55		17.54		19.11	

PESO MOLDE (gr)	4174	4174	4174	4174
PESO DE MOLDE + SUELO HUMEDO (gr)	6082	6108	6153	6148
PESO DEL SUELO HUMEDO (gr)	1908	1932	1979	1974
DENSIDAD HUMEDA (gr/cm ³)	2.024	2.050	2.100	2.094
DENSIDAD SECA (gr/cm ³)	1.74	1.76	1.79	1.78



DENSIDAD MAXIMA gr/cm³ : 1.79
 HUMEDAD OPTIMA% : 17.5



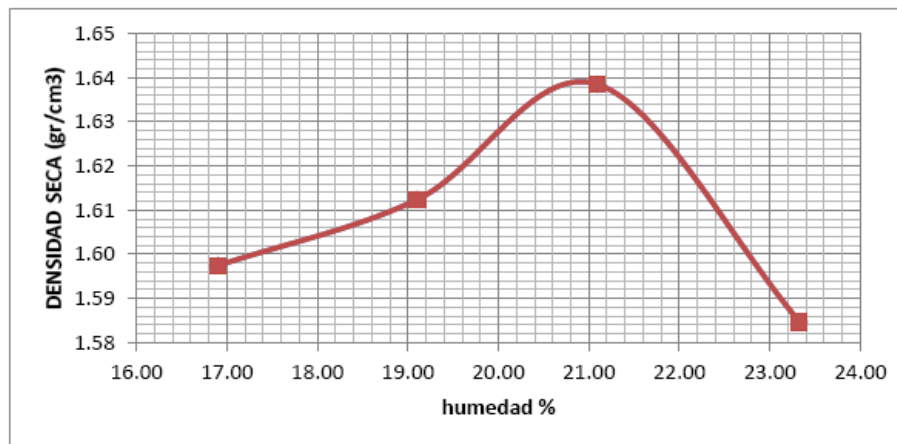
UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS
ENSAYO DE COMPACTACION
INV E - 142

FECHA : 6 de marzo del 2012
 PROYECTO : via guapota -la estacion
 LOCALIZACION : guapota
 MUESTRA : 4
 PROFUNDIDAD : 1 m

TIPO DE ENSAYO	MODIFICADO
NUMERO DE CAPAS	5
NUMERO DE GOLPES POR CAPA	25
MOLDE No	1
DIAMETRO MOLDE (cm)	10.00
ALTURA MOLDE (cm)	12.00
VOLUMEN MOLDE (cm ³)	942.48

PESO TARA (gr)	6.8	7.5	6.9	8.8	6.8	6.8	7.7	8.4
PESO DE TARA + SUELO HUMEDO (gr)	47.4	46.4	47.1	47.2	47.0	47.0	47.0	47.0
PESO DE TARA + SUELO SECO (gr)	41.0	41.3	40.8	40.9	39.7	40.3	40.2	39.1
PROMEDIO HUMEDAD %	16.90		19.11		21.09		23.33	

PESO MOLDE (gr)	4174	4174	4174	4174
PESO DE MOLDE + SUELO HUMEDO (gr)	5942	5970	6044	6016
PESO DEL SUELO HUMEDO (gr)	1760	1810	1870	1842
DENSIDAD HUMEDA (gr/cm ³)	1.867	1.920	1.984	1.954
DENSIDAD SECA (gr/cm ³)	1.60	1.61	1.64	1.58



DENSIDAD MAXIMA gr/cm³ 1.64
 HUMEDAD OPTIMA% 20.9



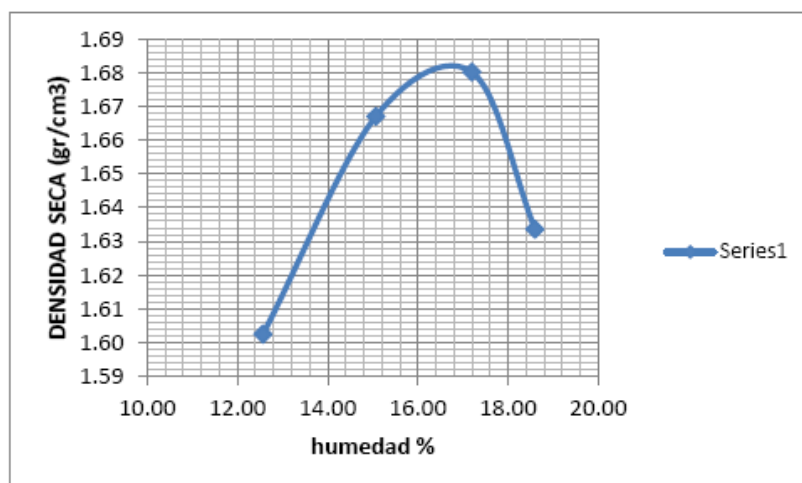
UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS
ENSAYO DE COMPACTACION
INV E - 142

FECHA : 6 de marzo del 2012
 PROYECTO : via guapota -la estacion
 LOCALIZACION : guapota
 MUESTRA : 5
 PROFUNDIDAD : 1 m

TIPO DE ENSAYO	MODIFICADO
NUMERO DE CAPAS	5
NUMERO DE GOLPES POR CAPA	25
MOLDE No	1
DIAMETRO MOLDE (cm)	10.00
ALTURA MOLDE (cm)	12.00
VOLUMEN MOLDE (cm3)	942.48

PESO TARA (gr)	7	6.8	6.87	7.4	7.04	7.81	6.97	6.99
PESO DE TARA + SUELO HUMEDO (gr)	50.3	50.4	50.4	50.2	50.5	50.5	50.1	50.8
PESO DE TARA + SUELO SECO (gr)	45.7	45.3	44.9	44.4	44.2	44.1	43.7	43.6
PROMEDIO HUMEDAD %	12.57		15.07		17.20		18.60	

PESO MOLDE (gr)	4174	4174	4174	4174
PESO DE MOLDE + SUELO HUMEDO (gr)	5874	5982	6030	6000
PESO DEL SUELO HUMEDO (gr)	1700	1808	1856	1826
DENSIDAD HUMEDA (gr/cm3)	1.804	1.918	1.969	1.937
DENSIDAD SECA (gr/cm3)	1.60	1.67	1.68	1.63



DENSIDAD MAXIMA gr/cm3 1.68
HUMEDAD OPTIMA% 16.6

 PEÑA DE SANTANDER S.A.S.	DEZLIZAMIENTO GUAPOTA	DOCUMENTO No.	
		Rev. 0	Pág 1 de

PROYECTO: MEJORAMIENTO DE VIA LUGAR: KL 78 + 500 FINCA TAMBOR REYES DESCRIPCIÓN: LIMO ARENOSO COLOR PERDO CON TRAZOS AMARILLOS	FECHA: 12/08/2012 PROFUNDIDAD: 0.75 MUESTRA: 1 APIQUE: 1
---	---

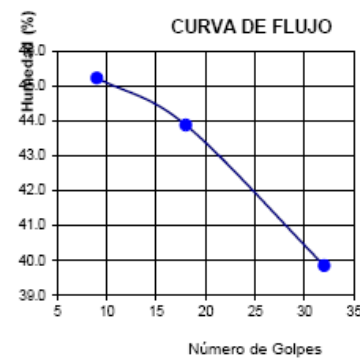
LIMITE DE ATTERBERG Determinación No	LIMITE LIQUIDO			LIMITE PLASTICO	
	1	2	3	1	2
Número de Golpes	32	18	9		
Recipiente No.	55	5	11	65	47
Recipiente + Suelo Húmedo (gr)	44.23	41.44	29.32	20.19	18.69
Recipiente + Suelo Seco (gr)	33.49	30.84	21.89	17.16	16.42
Peso del Agua (gr)	10.74	10.60	7.43	3.03	2.27
Peso del recipiente (gr)	6.54	6.68	5.46	6.51	8.60
Peso Suelo Seco (gr)	26.95	24.16	16.43	10.65	7.82
Humedad (%)	39.85	43.87	45.22	28.45	29.03

GRADACIÓN

PESO MUESTRA (gr)	P. Retenido	% Retenido	% Pasa
Tamiz No			
40			
200			
Fondo			

Fracción menor del Tamiz No 200 0.0

CURVA DE FLUJO



LIMITE LIQUIDO	42.00
LIMITE PLASTICO	28.74
INDICE PLASTICO	13.26

CLASIFICACIÓN DE LA MUESTRA	
U.S.C.S	OL
A.A.S.H.T.O	
HUMEDAD NATURAL	32.5
Gs	

PROYECTO: MEJORAMIENTO DE VIA
LUGAR: KL 78 + 500 FINCA TAMBOR REYES
DESCRIPCIÓN: LIMO ARCILLOSO AMARILLOS

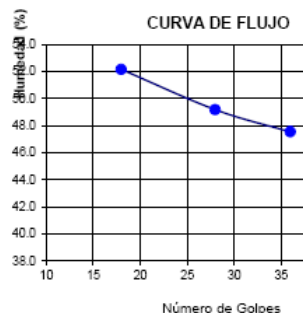
FECHA: 12/08/2012
PROFUNDIDAD: 3.5
MUESTRA: 2
APIQUE: 1

LIMITE DE ATTERBERG Determinación No	LIMITE LIQUIDO			LIMITE PLASTICO	
	1	2	3	1	2
Número de Golpes	36	28	18		
Recipiente No.	34	45	76	25	63
Recipiente + Suelo Húmedo (gr)	39.97	47.21	39.91	19.13	16.95
Recipiente + Suelo Seco (gr)	29.20	33.82	28.72	15.96	14.38
Peso del Agua (gr)	10.77	13.39	11.19	3.17	2.57
Peso del recipiente (gr)	6.54	6.59	7.26	6.51	6.93
Peso Suelo Seco (gr)	22.66	27.23	21.46	9.45	7.45
Humedad (%)	47.53	49.17	52.14	33.54	34.50

GRADACIÓN

PESO MUESTRA (gr)			
Tamiz No	P. Retenido	% Retenido	% Pasa
40			
200			
Fondo			

Fracción menor del Tamiz No 200	0.0
---------------------------------	-----



LIMITE LIQUIDO	50.00
LIMITE PLASTICO	34.02
INDICE PLASTICO	15.98

CLASIFICACIÓN DE LA MUESTRA

U.S.C.S	ML
A.A.S.H.T.O	
HUMEDAD NATURAL	36.5
Gs	

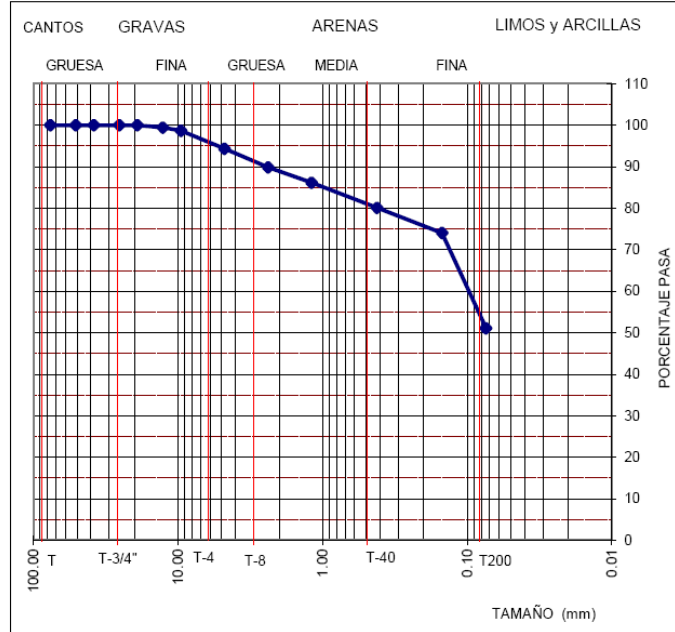
GRANULOMETRIA

— GRADACIÓN

Muestra: 1 Prof. (m): 0.75 Peso: 614.0 grs

SUCS:

Descripción: **GRAVAS EN MATRIZ ARENOLIMOSA Parda CON TRAZOS AMARILLOS**



Tamiz	Peso Retenido	% Retenido	% Pasa
3"	0.0	0.0	100.0
2"	0.0	0.0	100.0
1-1/2"	0.0	0.0	100.0
1"	0.0	0.0	100.0
3/4"	0.0	0.0	100.0
1/2"	3.4	0.6	99.4
3/8"	4.8	0.8	98.7
No. 4	26.6	4.3	94.3
No. 8	27.5	4.5	89.8
No. 16	22.6	3.7	86.2
No. 40	37.2	6.1	80.1
No. 100	37.3	6.1	74.0
No. 200	141.0	23.0	51.1
Fondo	314.0	51.1	

OBSERVACIONES: MATERIAL DE RELLENO DEL CORTE DE LA VIA

PEÑA DE SANTANDER
labpsan@yahoo.es

PROYECTO: DESLIZAMIENTO GUAPOTA

Laboratorista: Ing. Orlando Peña

Revisó: Ing. Laura R. Lopez

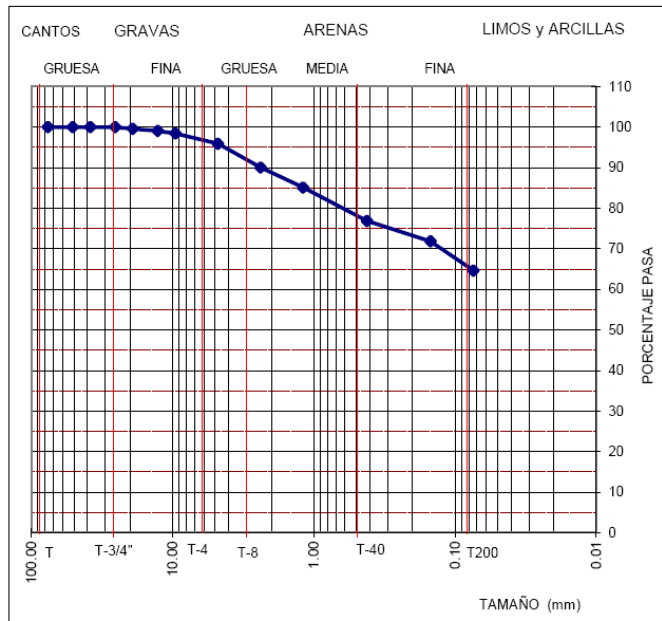
12-ago-12

granulometria para talud

— GRADACIÓN

SUCS:

Descripción: **ARCILLA ARENOSA AMARILLA CON TRAZOS GRICES Y ALGO DE GRAVAS**



Tamiz	Peso Retenido	% Retenido	% Pasa
3"	0.0	0.0	100.0
2"	0.0	0.0	100.0
1-1/2"	0.0	0.0	100.0
1"	0.0	0.0	100.0
3/4"	2.5	0.4	99.6
1/2"	3.2	0.5	99.1
3/8"	3.8	0.6	98.4
No. 4	15.2	2.5	95.9
No. 8	35.1	5.8	90.1
No. 16	29.8	5.0	85.1
No. 40	49.6	8.2	76.9
No. 100	30.4	5.0	71.8
No. 200	43.4	7.2	64.6
Fondo	376.8	62.6	

OBSERVACIONES: _____

PEÑA DE SANTANDER
labpsan@yahoo.es

PROYECTO: DESLIZAMIENTO GUAPOTA

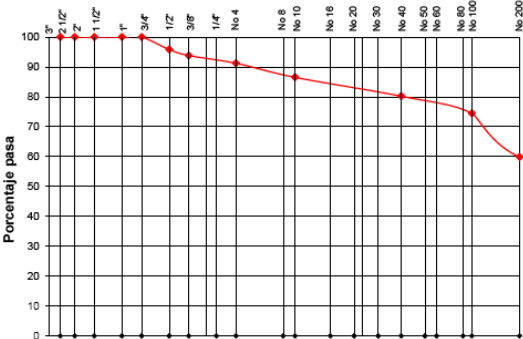
Laboratorista: Ing. Orlando Peña

Revisó : Ing. Laura R. Lopez

12-ago-12

	LIMITES DE CONSISTENCIA LIQUIDO Y PLASTICO - ANALISIS GRANULOMETRICO DE SUELOS NORMA INV E-122 E-123 E-125 E-126	
---	---	--

OBRA: MEJORAMIENTO DE LA VÍA TRONCAL CENTRAL LA ESTACION-GUAPOTA UBICACIÓN: GUAPOTA INTERVENTOR: PILTDA-RAFAEL ZAFRA CONTRATISTA: CONSORCIO SANTANDER MATERIAL: SONDEO 3 MUESTRA 1 PROFUNDIDAD 0.00 m - 1.00 m K1+500 FUENTE:	CODIGO MUESTRA: MUESTRA 1 FECHA ENSAYO: 14/11/2011 GRADACION No: LIMITES No:
--	---



OBSERVACIONES: ARCILLA LIGERA ARENOSA
COLOR GRIS BEIGE

TAMIZ No	PESO RETENIDO	% RETENIDO	% PASA
2 1/2"	0.0	0.0	100.0
2"	0.0	0.0	100.0
1 1/2"	0.0	0.0	100.0
1"	0.0	0.0	100.0
3/4"	0.0	0.0	100.0
1/2"	10.8	4.2	95.8
3/8"	5.2	2.0	93.8
No 4	6.7	2.6	91.2
10	12.2	4.7	86.5
40	16.4	6.3	80.2
100	14.9	5.8	74.5
200	37.7	14.6	59.9
Fondo	155.2	59.9	0.0

No	GOLPES	30	25	16
RECIP. No.	38	31	25	
PESO DE RECIP. + S.H.	37.02	37.63	40.10	
PESO DE RECIP. + S.S.	30.44	30.94	32.34	
PESO RECIPIENTE	6.89	7.96	7.14	
PESO AGUA	6.58	6.69	7.76	
PESO SUELO SECO	23.55	22.98	25.20	
% HUMEDAD	27.9	29.1	30.8	

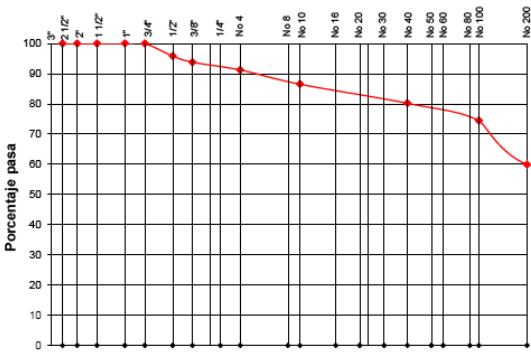
RECIP. No.	9	48	31
PESO DE RECIP. + S.H.	19.64	18.39	1010.60
PESO DE RECIP. + S.S.	17.48	16.29	798.00
PESO RECIPIENTE	6.93	7.12	83.50
PESO AGUA	2.16	2.10	212.80
PESO SUELO SECO	10.55	9.17	734.50
% HUMEDAD	20.5	22.9	28.9

Contenido de humedad (%)	Número de golpes
31.0	1
30.5	10
30.0	100
29.5	
29.0	
28.5	
28.0	
27.5	

LÍMITE LIQUIDO: 29.0 LÍMITE PLÁSTICO: 21.7 ÍNDICE DE PLASTICIDAD: 7.3 HUMEDAD NATURAL: 28.9 ÍNDICE DE LIQUIDEZ: 1.0	AASHTO (I.G.): <u>A-4</u> U.S.C.: <u>CL</u>
---	--

	LIMITES DE CONSISTENCIA LIQUIDO Y PLASTICO - ANALISIS GRANULOMETRICO DE SUELOS NORMA INV E-122 E-123 E-125 E-126	
---	---	--

OBRA: UBICACIÓN: INTERVENTOR: CONTRATISTA: MATERIAL: FUENTE:	MEJORAMIENTO DE LA VÍA TRONCAL CENTRAL LA ESTACION-GUAPOTA GUAPOTA PI LTDA-RAFAEL ZAFRA CONSORCIO SANTANDER SONDEO 3 MUESTRA 2 PROFUNDIDAD 1.00 m - 2.00 m K1+500	CODIGOMUESTRA: MUESTRA 2 FECHA ENSAYO: 14/11/2011 GRADACION No : LIMITES No:
---	--	---



PESO INICIAL (gr) :		259.1	
PESO DESP LAV (gr) :		103.9	
TAMIZ No	PESO RETENIDO	% RETENIDO	% PASA
2 1/2"	0.0	0.0	100.0
2"	0.0	0.0	100.0
1 1/2"	0.0	0.0	100.0
1"	0.0	0.0	100.0
3/4"	0.0	0.0	100.0
1/2"	10.8	4.2	95.8
3/8"	5.2	2.0	93.8
No 4	6.7	2.6	91.2
10	12.2	4.7	86.5
40	16.4	6.3	80.2
100	14.9	5.8	74.5
200	37.7	14.6	59.9
Fondo	155.2	59.9	0.0

OBSERVACIONES:

ARCILLA LIGERA ARENOSA

COLOR GRIS BEIGE

LÍMITE LIQUIDO:	29.0
LÍMITE PLASTICO:	21.7
ÍNDICE DE PLASTICIDAD:	7.3
HUMEDAD NATURAL:	28.9
ÍNDICE DE LIQUEZ:	1.0

EDWIN F. VALENCIA PINZON
Ingeniero Civil
REVISÓ

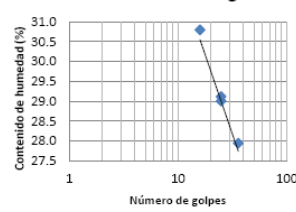
FEDERICO OSORIO
Laboratorista
ENSAYO Y CÁLCULO

A A S H T O (I.G.): **A-4**
U. S. C. : **CL**

No GOLPES	36	25	16
RECIP. No.	38	31	25
PESO DE RECIP. + S.H.	37.02	37.63	40.10
PESO DE RECIP. + S.S.	30.44	30.94	32.34
PESO RECIPIENTE	6.89	7.96	7.14
PESO AGUA	6.59	6.69	7.76
PESO SUELO SECO	23.55	22.98	25.20
% HUMEDAD	27.9	29.1	30.8

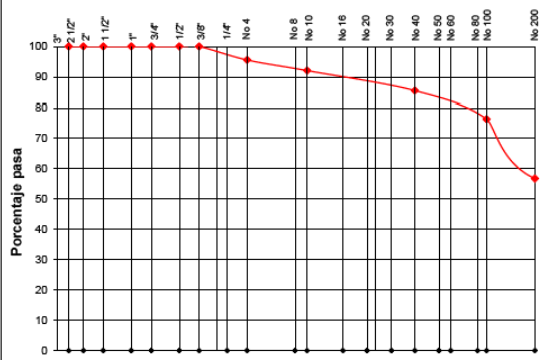
RECIP. No.	9	48	31
PESO DE RECIP. + S.H.	19.64	18.39	1010.80
PESO DE RECIP. + S.S.	17.48	16.29	798.00
PESO RECIPIENTE	6.93	7.12	63.60
PESO AGUA	2.15	2.10	212.60
PESO SUELO SECO	10.55	9.17	734.50
% HUMEDAD	20.5	22.9	28.9

Límites de Atterberg



	LIMITES DE CONSISTENCIA LIQUIDO Y PLASTICO - ANALISIS GRANULOMETRICO DE SUELOS NORMA INV E-122 E-123 E-125 E-126	
---	---	--

OBRA: UBICACIÓN: INTERVENTOR: CONTRATISTA: MATERIAL: FUENTE:	MEJORAMIENTO DE LA VÍA TRONCAL CENTRAL LA ESTACION-GUAPOTA GUAPOTA PI LTDA-RAFAEL ZAFRA CONSORCIO SANTANDER SONDEO 3 MUESTRA 3 PROFUNDIDAD 2.00 m - 3.00 m K1+500	CODIGOMUESTRA: MUESTRA 3 FECHA ENSAYO: 14/11/2011 GRADACION No: LIMITES No:
---	--	--



PESO INICIAL (gr):		97.2	
PESO DESP LAV (gr):		42.0	
TAMIZ	PESO	%	%
No	RETENIDO	RETENIDO	PASA
2 1/2"	0.0	0.0	100.0
2"	0.0	0.0	100.0
1 1/2"	0.0	0.0	100.0
1"	0.0	0.0	100.0
3/4"	0.0	0.0	100.0
1/2"	0.0	0.0	100.0
3/8"	0.0	0.0	100.0
No 4	4.3	4.4	95.6
10	3.4	3.5	92.1
40	6.4	6.6	85.5
100	8.9	9.2	76.3
200	19.0	19.5	56.8
Fondo	55.2	56.8	0.0

OBSERVACIONES:

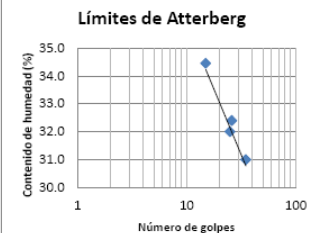
ARCILLA LIGERA ARENOSA
COLOR GRIS BEIGE

LÍMITE LIQUIDO:	32.0
LÍMITE PLASTICO:	22.7
ÍNDICE DE PLASTICIDAD:	9.3
HUMEDAD NATURAL:	35.4
ÍNDICE DE LIQUEZ:	1.4

AASHTO (I.G.):	A-4
U.S.C.:	CL

No GOLPES	35	25	15
RECIP. No.	3	53	27
PESO DE RECIP. + S.H.	34.91	33.58	32.81
PESO DE RECIP. + S.S.	28.80	27.10	26.20
PESO RECIPIENTE	8.24	7.16	7.01
PESO AGUA	6.31	6.46	6.61
PESO SUELO SECO	20.36	19.94	19.19
% HUMEDAD	31.0	32.4	34.4

	W.Nral		
RECIP. No.	41	40	39
PESO DE RECIP. + S.H.	23.15	22.98	474.60
PESO DE RECIP. + S.S.	20.20	20.00	368.20
PESO RECIPIENTE	7.13	7.00	67.70
PESO AGUA	2.95	2.98	106.40
PESO SUELO SECO	13.07	13.00	300.50
% HUMEDAD	22.6	22.9	35.4



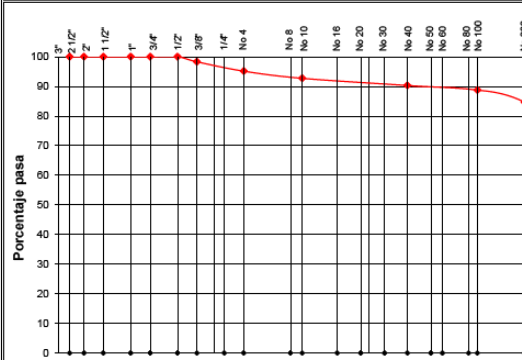
LIMITES DE CONSISTENCIA LIQUIDO Y PLASTICO - ANALISIS

GRANULOMETRICO DE SUELOS NORMA

INV E-122 E-123 E-125 E-126

OBRA: MEJORAMIENTO DE LA VÍA TRONCAL CENTRAL LA ESTACION-GUAPOTA
UBICACIÓN: GUAPOTA
INTERVENTOR: PI LTDA-RAFAEL ZAFRA
CONTRATISTA: CONSORCIO SANTANDER
MATERIAL: SONDEO 3 MUESTRA 4 PROFUNDIDAD 3.00 m - 4.00 m K1+500
FUENTE:

CODIGOMUESTRA: MUESTRA 4
FECHA ENSAYO: 14/11/2011
GRADACION No:
LIMITES No:



ANALISIS GRANULOMETRICO

PESO INICIAL (gr):		95.1	
PESO DESP LAV (gr):		14.6	
TAMIZ	PESO	%	%
No	RETENIDO	RETENIDO	PASA
2 1/2"	0.0	0.0	100.0
2"	0.0	0.0	100.0
1 1/2"	0.0	0.0	100.0
1"	0.0	0.0	100.0
3/4"	0.0	0.0	100.0
1/2"	0.0	0.0	100.0
3/8"	1.6	1.7	98.3
No 4	3.0	3.2	95.2
10	2.3	2.4	92.7
40	2.3	2.4	90.3
100	1.5	1.6	88.7
200	3.9	4.1	84.6
Fondo	80.5	84.6	0.0

Límite Líquido

No GOLPES	34	24	14
RECIP. No.	46	44	18
PESO DE RECIP. + S.H.	30.98	32.71	30.77
PESO DE RECIP. + S.S.	25.41	26.67	25.00
PESO RECIPIENTE	7.15	7.86	7.92
PESO AGUA	5.57	6.04	5.77
PESO SUELO SECO	18.26	18.81	17.08
% HUMEDAD	30.5	32.1	33.8

Límite Plástico

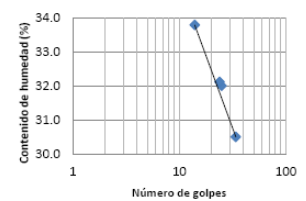
RECIP. No.	10	54	38
PESO DE RECIP. + S.H.	20.93	20.65	402.40
PESO DE RECIP. + S.S.	18.43	18.19	348.10
PESO RECIPIENTE	7.00	7.10	66.70
PESO AGUA	2.50	2.46	54.30
PESO SUELO SECO	11.43	11.09	278.40
% HUMEDAD	21.9	22.2	19.5

OBSERVACIONES:
ARCILLA LIGERA ARENOSA
COLOR GRIS RATON

LÍMITE LIQUIDO: 32.0
LÍMITE PLASTICO: 22.0
ÍNDICE DE PLASTICIDAD: 10.0
HUMEDAD NATURAL: 19.5
ÍNDICE DE LIQUEZ: -0.3

AASHTO (I.G.): A-4
U. S. C.: CL

Límites de Atterberg



LIMITES DE CONSISTENCIA LIQUIDO Y PLASTICO - ANALISIS

GRANULOMETRICO DE SUELOS NORMA

INV E-122 E-123 E-125 E-126

OBRA:

UBICACIÓN:

INTERVENTOR:

CONTRATISTA:

MATERIAL:

FUENTE:

MEJORAMIENTO DE LA VÍA TRONCAL CENTRAL LA ESTACION-GUAPOTA

GUAPOTA

PI LTDA-RAFAEL ZAFRA

CONSORCIO SANTANDER

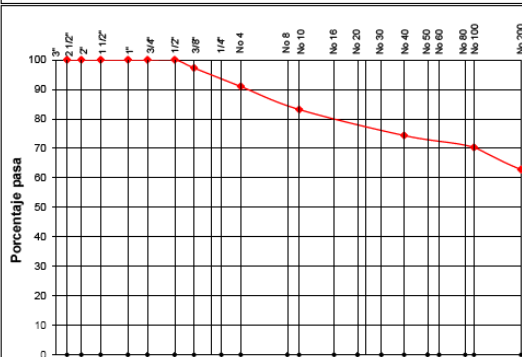
SONDEO 3 MUESTRA 5 PROFUNDIDAD 4.00 m - 5.00 m K1+500

CODIGOMUESTRA: MUESTRA 5

FECHA ENSAYO: 14/11/2011

GRADACION No :

LIMITES No:



ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

PESO INICIAL (gr): 193.8

PESO DESP LAV (gr): 72.1

TAMIZ	PESO	%	%
No	RETENIDO	RETENIDO	PASA
2 1/2"	0.0	0.0	100.0
2"	0.0	0.0	100.0
1 1/2"	0.0	0.0	100.0
1"	0.0	0.0	100.0
3/4"	0.0	0.0	100.0
1/2"	0.0	0.0	100.0
3/8"	5.3	2.7	97.3
No 4	12.2	6.3	93.7
10	15.1	7.8	92.2
40	17.1	8.8	91.2
100	7.8	4.0	96.0
200	14.6	7.5	92.5
Fondo	121.7	62.8	0.0

Límite Líquido

No GOLPES	36	26	14
RECIP. No.	52	30	36
PESO DE RECIP. + S.H.	35.12	34.15	30.29
PESO DE RECIP. + S.S.	28.80	27.70	24.51
PESO RECIPIENTE	8.93	7.16	7.08
PESO AGUA	8.52	8.45	5.78
PESO SUELO SECO	21.87	20.54	17.43
% HUMEDAD	30.1	31.4	33.2

Límite Plástico

RECIP. No.	11	24	37
PESO DE RECIP. + S.H.	23	22.85	856.90
PESO DE RECIP. + S.S.	20.15	20.21	679.00
PESO RECIPIENTE	7.19	8.09	66.80
PESO AGUA	2.95	2.64	177.90
PESO SUELO SECO	12.96	12.12	612.20
% HUMEDAD	22.0	21.8	20.1

OBSERVACIONES:

ARCILLA LIGERA ARENOSA CON GRAVA
COLOR GRIS BEIGE

LÍMITE LIQUIDO: 31.0

LÍMITE PLASTICO: 21.9

ÍNDICE DE PLASTICIDAD: 9.1

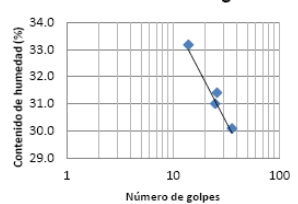
HUMEDAD NATURAL: 29.1

ÍNDICE DE LIQUIDEZ: 0.8

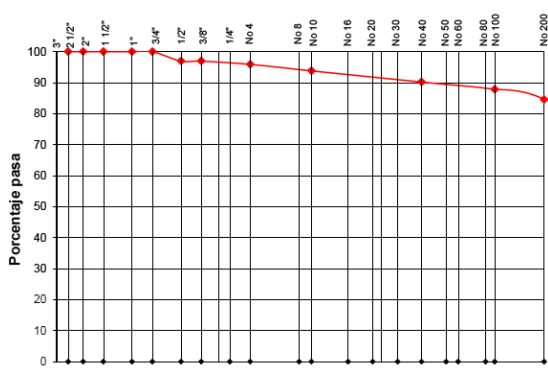
AASHTO (I.G.): A-4

U. S. C.: CL

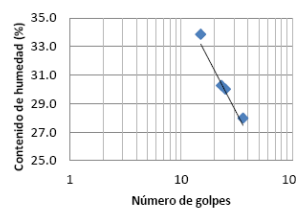
Límites de Atterberg



	LIMITES DE CONSISTENCIA LIQUIDO Y PLASTICO - ANALISIS GRANULOMETRICO DE SUELOS NORMA INV E-122 E-123 E-125 E-126	
OBRA: MEJORAMIENTO DE LA VÍA TRONCAL CENTRAL LA ESTACION-GUAPOTA UBICACIÓN: GUAPOTA INTERVENTOR: PI LTDA-RAFAEL ZAFRA CONTRATISTA: CONSORCIO SANTANDER MATERIAL: SONDEO 3 MUESTRA 6 PROFUNDIDAD 5.00 m - 6.00 m K1+500 FUENTE:		
CODIGOMUESTRA: MUESTRA 6 FECHA ENSAYO: 14/11/2011 GRADACION No : LIMITES No:		

	ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO PESO INICIAL (gr) : 144.0 PESO DESP LAV (gr) : 22.2 <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>TAMIZ No</th> <th>PESO RETENIDO</th> <th>% RETENIDO</th> <th>% PASA</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>2 1/2"</td><td>0.0</td><td>0.0</td><td>100.0</td></tr> <tr><td>2"</td><td>0.0</td><td>0.0</td><td>100.0</td></tr> <tr><td>1 1/2"</td><td>0.0</td><td>0.0</td><td>100.0</td></tr> <tr><td>1"</td><td>0.0</td><td>0.0</td><td>100.0</td></tr> <tr><td>3/4"</td><td>0.0</td><td>0.0</td><td>100.0</td></tr> <tr><td>1/2"</td><td>4.4</td><td>3.1</td><td>96.9</td></tr> <tr><td>3/8"</td><td>0.0</td><td>0.0</td><td>96.9</td></tr> <tr><td>No 4</td><td>1.5</td><td>1.0</td><td>95.9</td></tr> <tr><td>10</td><td>3.0</td><td>2.1</td><td>93.8</td></tr> <tr><td>40</td><td>5.2</td><td>3.6</td><td>90.2</td></tr> <tr><td>100</td><td>3.4</td><td>2.4</td><td>87.8</td></tr> <tr><td>200</td><td>4.7</td><td>3.3</td><td>84.6</td></tr> <tr><td>Fondo</td><td>121.8</td><td>84.6</td><td>0.0</td></tr> </tbody> </table>	TAMIZ No	PESO RETENIDO	% RETENIDO	% PASA	2 1/2"	0.0	0.0	100.0	2"	0.0	0.0	100.0	1 1/2"	0.0	0.0	100.0	1"	0.0	0.0	100.0	3/4"	0.0	0.0	100.0	1/2"	4.4	3.1	96.9	3/8"	0.0	0.0	96.9	No 4	1.5	1.0	95.9	10	3.0	2.1	93.8	40	5.2	3.6	90.2	100	3.4	2.4	87.8	200	4.7	3.3	84.6	Fondo	121.8	84.6	0.0
TAMIZ No	PESO RETENIDO	% RETENIDO	% PASA																																																						
2 1/2"	0.0	0.0	100.0																																																						
2"	0.0	0.0	100.0																																																						
1 1/2"	0.0	0.0	100.0																																																						
1"	0.0	0.0	100.0																																																						
3/4"	0.0	0.0	100.0																																																						
1/2"	4.4	3.1	96.9																																																						
3/8"	0.0	0.0	96.9																																																						
No 4	1.5	1.0	95.9																																																						
10	3.0	2.1	93.8																																																						
40	5.2	3.6	90.2																																																						
100	3.4	2.4	87.8																																																						
200	4.7	3.3	84.6																																																						
Fondo	121.8	84.6	0.0																																																						

Limite Líquido <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>No GOLFES</th> <th>36</th> <th>23</th> <th>15</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>RECIP. No.</td><td>26</td><td>42</td><td>14</td></tr> <tr><td>PESO DE RECIP. + S.H.</td><td>30.79</td><td>33.35</td><td>30.88</td></tr> <tr><td>PESO DE RECIP. + S.S.</td><td>25.61</td><td>27.44</td><td>24.92</td></tr> <tr><td>PESO RECIPIENTE</td><td>7.09</td><td>7.91</td><td>7.31</td></tr> <tr><td>PESO AGUA</td><td>5.18</td><td>5.91</td><td>5.96</td></tr> <tr><td>PESO SUELO SECO</td><td>18.52</td><td>19.53</td><td>17.61</td></tr> <tr><td>% HUMEDAD</td><td>28.0</td><td>30.3</td><td>33.8</td></tr> </tbody> </table>	No GOLFES	36	23	15	RECIP. No.	26	42	14	PESO DE RECIP. + S.H.	30.79	33.35	30.88	PESO DE RECIP. + S.S.	25.61	27.44	24.92	PESO RECIPIENTE	7.09	7.91	7.31	PESO AGUA	5.18	5.91	5.96	PESO SUELO SECO	18.52	19.53	17.61	% HUMEDAD	28.0	30.3	33.8	Limite Plástico <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>RECIP. No.</th> <th>51</th> <th>16</th> <th>34</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>PESO DE RECIP. + S.H.</td><td>21.04</td><td>22.92</td><td>564.90</td></tr> <tr><td>PESO DE RECIP. + S.S.</td><td>18.69</td><td>20.32</td><td>484.00</td></tr> <tr><td>PESO RECIPIENTE</td><td>6.94</td><td>7.23</td><td>60.90</td></tr> <tr><td>PESO AGUA</td><td>2.35</td><td>2.60</td><td>80.90</td></tr> <tr><td>PESO SUELO SECO</td><td>11.75</td><td>13.09</td><td>423.10</td></tr> <tr><td>% HUMEDAD</td><td>20.0</td><td>19.9</td><td>19.1</td></tr> </tbody> </table>	RECIP. No.	51	16	34	PESO DE RECIP. + S.H.	21.04	22.92	564.90	PESO DE RECIP. + S.S.	18.69	20.32	484.00	PESO RECIPIENTE	6.94	7.23	60.90	PESO AGUA	2.35	2.60	80.90	PESO SUELO SECO	11.75	13.09	423.10	% HUMEDAD	20.0	19.9	19.1
No GOLFES	36	23	15																																																										
RECIP. No.	26	42	14																																																										
PESO DE RECIP. + S.H.	30.79	33.35	30.88																																																										
PESO DE RECIP. + S.S.	25.61	27.44	24.92																																																										
PESO RECIPIENTE	7.09	7.91	7.31																																																										
PESO AGUA	5.18	5.91	5.96																																																										
PESO SUELO SECO	18.52	19.53	17.61																																																										
% HUMEDAD	28.0	30.3	33.8																																																										
RECIP. No.	51	16	34																																																										
PESO DE RECIP. + S.H.	21.04	22.92	564.90																																																										
PESO DE RECIP. + S.S.	18.69	20.32	484.00																																																										
PESO RECIPIENTE	6.94	7.23	60.90																																																										
PESO AGUA	2.35	2.60	80.90																																																										
PESO SUELO SECO	11.75	13.09	423.10																																																										
% HUMEDAD	20.0	19.9	19.1																																																										

OBSERVACIONES: ARCILLA LIGERA ARENOSA COLOR GRIS BEIGE	Limites de Atterberg 
---	---

EDWIN F. VALENCIA PINZÓN Ingeniero Civil REVISÓ	FEDERICO OSORIO Laboratorista ENSAYO Y CÁLCULO	AASHTO (I.G.): A-4 U. S. C. : CL
--	---	---

1

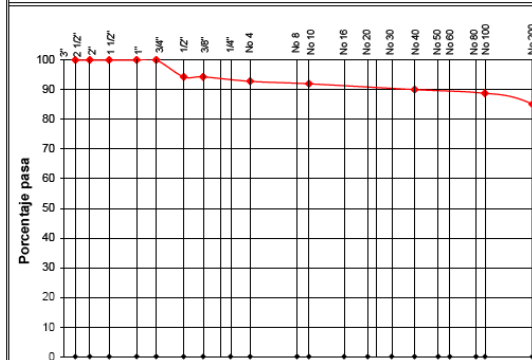
LÍMITES DE CONSISTENCIA LÍQUIDO Y PLÁSTICO - ANALISIS

GRANULOMETRICO DE SUELOS NORMA

INV E-122 E-123 E-125 E-126

OBRA: MEJORAMIENTO DE LA VÍA TRONCAL CENTRAL LA ESTACION-GUAPOTA
UBICACIÓN: GUAPOTA
INTERVENTOR: PI LTDA-RAFAEL ZAFRA
CONTRATISTA: CONSORCIO SANTANDER
MATERIAL: SONDEO 3 MUESTRA 9 PROFUNDIDAD 8.00 m - 9.00 m K1+500
FUENTE:

CODIGOMUESTRA: MUESTRA 9
FECHA ENSAYO: 14/11/2011
GRADACION No :
LIMITES No:



ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

PESO INICIAL (gr) :		132.7
PESO DESP LAV (gr) :		19.8
TAMIZ	PESO	%
No	RETENIDO	PASA
2 1/2"	0.0	0.0
2"	0.0	0.0
1 1/2"	0.0	0.0
1"	0.0	0.0
3/4"	0.0	0.0
1/2"	7.5	5.7
3/8"	0.0	0.0
No 4	2.0	1.5
10	1.1	0.8
40	2.6	2.0
100	1.7	1.3
200	4.9	3.7
Fondo	112.9	85.1

Límite Líquido

No GOLPES	34	25	15
RECIP. No.	43	53	55
PESO DE RECIP. + S.H.	34.90	33.15	35.12
PESO DE RECIP. + S.S.	28.00	26.45	27.80
PESO RECIPIENTE	7.10	7.16	7.96
PESO AGUA	6.90	6.70	7.32
PESO SUELO SECO	20.90	19.29	19.84
% HUMEDAD	33.0	34.7	36.9

Límite Plástico

RECIP. No.	27	32	32
PESO DE RECIP. + S.H.	22.44	22.61	609.90
PESO DE RECIP. + S.S.	19.50	19.68	514.10
PESO RECIPIENTE	7.01	7.37	62.80
PESO AGUA	2.94	2.93	95.80
PESO SUELO SECO	12.49	12.31	451.30
% HUMEDAD	23.5	23.8	21.2

OBSERVACIONES:

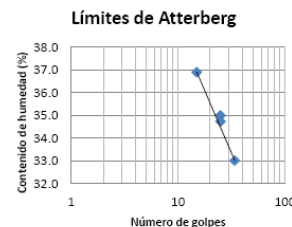
ARCILLA LIGERA ARENOSA
COLOR AMARILLO ARENA

LÍMITE LÍQUIDO: 35.0
LÍMITE PLÁSTICO: 23.7
ÍNDICE DE PLASTICIDAD: 11.3
HUMEDAD NATURAL: 21.2
ÍNDICE DE LIQUIDEZ: -0.2

EDWIN F. VALENCIA PINZÓN
Ingeniero Civil
REVISÓ

FEDERICO OSORIO
Laboratorista
ENSAYO Y CÁLCULO

AASHTO (I.G.): A-6
U. S. C.: CL



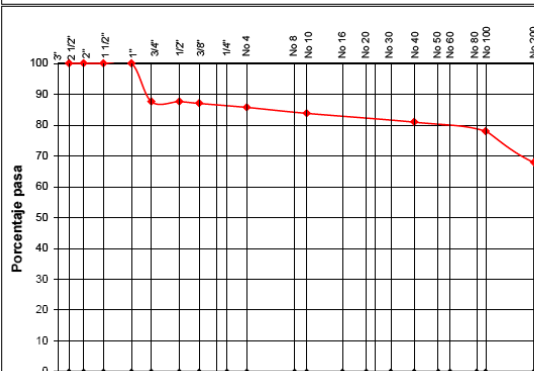
LÍMITES DE CONSISTENCIA LÍQUIDO Y PLÁSTICO - ANALISIS

GRANULOMETRICO DE SUELOS NORMA

INV E-122 E-123 E-125 E-126

OBRA: MEJORAMIENTO DE LA VÍA TRONCAL CENTRAL LA ESTACION-GUAPOTA
UBICACIÓN: GUAPOTA
INTERVENTOR: PI LTDA-RAFAEL ZAFRA
CONTRATISTA: CONSORCIO SANTANDER
MATERIAL: SONDEO 1 MUESTRA 1 PROFUNDIDAD 0.00 m - 1.00 m K1+510
FUENTE:

CODIGOMUESTRA: MUESTRA 1
FECHA ENSAYO: 07/11/2011
GRADACION No :
LIMITES No:



ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

PESO INICIAL (gr):		171.0	
PESO DESP LAV (gr):		55.0	
TAMIZ	PESO RETENIDO	% RETENIDO	% PASA
2 1/2"	0.0	0.0	100.0
2"	0.0	0.0	100.0
1 1/2"	0.0	0.0	100.0
1"	0.0	0.0	100.0
3/4"	21.2	12.4	87.6
1/2"	0.0	0.0	87.6
3/8"	1.0	0.6	87.0
No 4	2.2	1.3	85.7
No 10	3.3	1.9	83.8
40	4.9	2.9	80.9
100	5.1	3.0	78.0
200	17.3	10.1	67.8
Fondo	116.0	67.8	0.0

Límite Líquido

No GOLPES	36	24	15
RECIP. No.	8	47	30
PESO DE RECIP. + S.H.	31.80	31.07	30.23
PESO DE RECIP. + S.S.	24.62	23.88	23.05
PESO RECIPIENTE	7.12	7.21	7.16
PESO AGUA	7.18	7.19	7.18
PESO SUELO SECO	17.50	16.67	15.89
% HUMEDAD	41.0	43.1	45.2

Límite Plástico

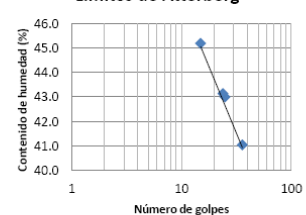
RECIP. No.	17	34	38
PESO DE RECIP. + S.H.	20.89	21.53	794.80
PESO DE RECIP. + S.S.	17.61	18.31	589.80
PESO RECIPIENTE	7.11	8.15	69.60
PESO AGUA	3.28	3.22	205.00
PESO SUELO SECO	10.50	10.16	520.20
% HUMEDAD	31.2	31.7	39.4

OBSERVACIONES:
LIMO ARENOSO CON GRAVA

LÍMITE LÍQUIDO: 43.0
LÍMITE PLÁSTICO: 31.5
ÍNDICE DE PLASTICIDAD: 11.5
HUMEDAD NATURAL: 39.4
ÍNDICE DE LIQUEZ: 0.7

A A S H T O (I.G.): A-7-5
U. S. C.: ML

Límites de Atterberg



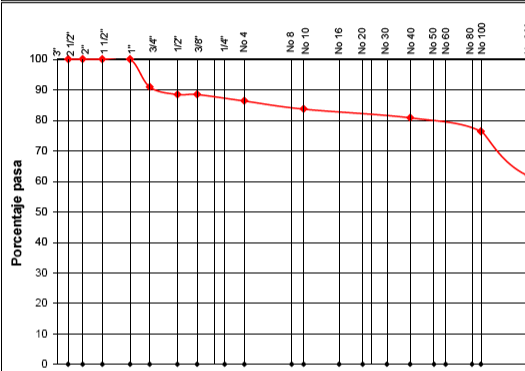
LÍMITES DE CONSISTENCIA LÍQUIDO Y PLÁSTICO - ANALISIS

GRANULOMETRICO DE SUELOS NORMA

INV E-122 E-123 E-125 E-126

OBRA: MEJORAMIENTO DE LA VÍA TRONCAL CENTRAL LA ESTACION-GUAPOTA
UBICACIÓN: GUAPOTA
INTERVENTOR: PI LTDA-RAFAEL ZAFRA
CONTRATISTA: CONSORCIO SANTANDER
MATERIAL: SONDEO 1 MUESTRA 2 PROFUNDIDAD 1.00 m - 2.00 m K1+510
FUENTE:

CODIGOMUESTRA: MUESTRA 2
FECHA ENSAYO: 07/11/2011
GRADACION No :
LIMITES No:



ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

PESO INICIAL (gr):				150.6
PESO DESP LAV (gr):				57.7
TAMIZ No	PESO RETENIDO	% RETENIDO	% PASA	
2 1/2"	0.0	0.0	100.0	
2"	0.0	0.0	100.0	
1 1/2"	0.0	0.0	100.0	
1"	0.0	0.0	100.0	
3/4"	13.7	9.1	90.9	
1/2"	3.7	2.5	88.4	
3/8"	0.0	0.0	88.4	
No 4	3.2	2.1	86.3	
10	4.0	2.7	83.7	
40	4.3	2.9	80.8	
100	6.7	4.4	76.4	
200	22.1	14.7	61.7	
Fondo	92.9	61.7	0.0	

Limite Líquido

No GOLPES	34	26	15
RECIP. No.	19	55	40
PESO DE RECIP. + S.H.	35.20	33.41	33.96
PESO DE RECIP. + S.S.	27.50	26.21	26.05
PESO RECIPIENTE	7.07	7.96	7.00
PESO AGUA	7.70	7.20	7.91
PESO SUELO SECO	20.43	18.25	19.05
% HUMEDAD	37.7	39.5	41.5

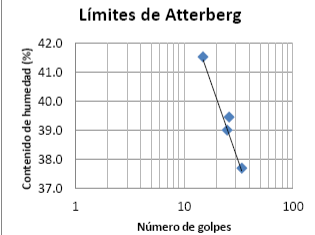
Limite Plástico

RECIP. No.	41	27	40
PESO DE RECIP. + S.H.	23.51	22.96	508.50
PESO DE RECIP. + S.S.	20.22	19.75	404.50
PESO RECIPIENTE	7.13	7.01	66.80
PESO AGUA	3.29	3.21	104.00
PESO SUELO SECO	13.09	12.74	337.70
% HUMEDAD	25.1	25.2	30.8

OBSERVACIONES: LIMO ARENOSO

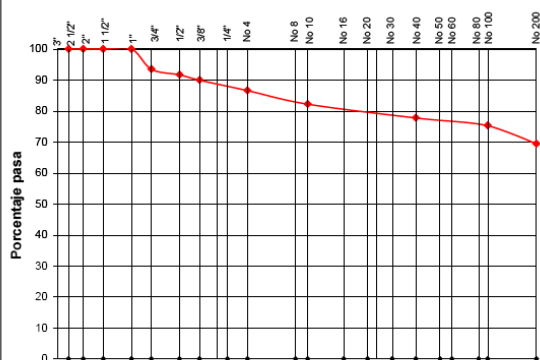
LÍMITE LÍQUIDO: 39.0
LÍMITE PLÁSTICO: 25.2
ÍNDICE DE PLASTICIDAD: 13.8
HUMEDAD NATURAL: 30.8
ÍNDICE DE LIQUIDEZ: 0.4

AASHTO (I.G.): A-6
U.S.C.: ML



	LÍMITES DE CONSISTENCIA LÍQUIDO Y PLÁSTICO - ANALISIS GRANULOMETRICO DE SUELOS NORMA INV E-122 E-123 E-125 E-126	
---	---	--

OBRA: MEJORAMIENTO DE LA VÍA TRONCAL CENTRAL LA ESTACION-GUAPOTA UBICACIÓN: GUAPOTA INTERVENTOR: P.I. LTDA-RAFAEL ZAFRA CONTRATISTA: CONSORCIO SANTANDER MATERIAL: SONDEO 1 MUESTRA 3 PROFUNDIDAD 2.00 m - 3.00 m K1+510 FUENTE:	CODIGOMUESTRA: MUESTRA 3 FECHA ENSAYO: 07/11/2011 GRADACION No : LÍMITES No:
---	---



ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO			
PESO INICIAL (gr) :	365.7		
PESO DESP. LAV (gr) :	111.9		
TAMIZ No	PESO RETENIDO	% RETENIDO	% PASA
2 1/2"	0.0	0.0	100.0
2"	0.0	0.0	100.0
1 1/2"	0.0	0.0	100.0
1"	0.0	0.0	100.0
3/4"	23.8	6.5	93.5
1/2"	6.6	1.8	91.7
3/8"	6.3	1.7	90.0
No 4	12.3	3.4	86.6
10	16.0	4.4	82.2
40	16.3	4.5	77.8
100	9.1	2.5	75.3
200	21.5	5.9	69.4
Fondo	253.8	69.4	0.0

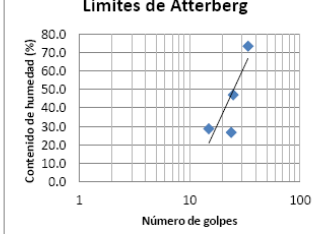
OBSERVACIONES: LIMO ARENOSO

LÍMITE LÍQUIDO:	47.0
LÍMITE PLÁSTICO:	20.5
ÍNDICE DE PLASTICIDAD:	26.5
HUMEDAD NATURAL:	25.3
ÍNDICE DE LIQUIDEZ:	0.2

AASHTO (I.G.):	A-7-6
U.S.C.:	CL

Límite Líquido			
No GOLPES	34	24	15
RECIP. No.	36	24	16
PESO DE RECIP. + S.H.	38.71	33.55	37.33
PESO DE RECIP. + S.S.	25.57	28.20	30.64
PESO RECIPIENTE	7.68	8.09	7.23
PESO AGUA	13.14	5.35	6.69
PESO SUELO SECO	17.89	20.11	23.41
% HUMEDAD	73.4	26.6	28.6

Límite Plástico			
RECIP. No.	52	31	39
PESO DE RECIP. + S.H.	22.45	21.68	1175.50
PESO DE RECIP. + S.S.	19.80	19.19	951.90
PESO RECIPIENTE	6.93	7.03	67.70
PESO AGUA	2.65	2.49	223.60
PESO SUELO SECO	12.87	12.16	884.20
% HUMEDAD	20.6	20.5	25.3



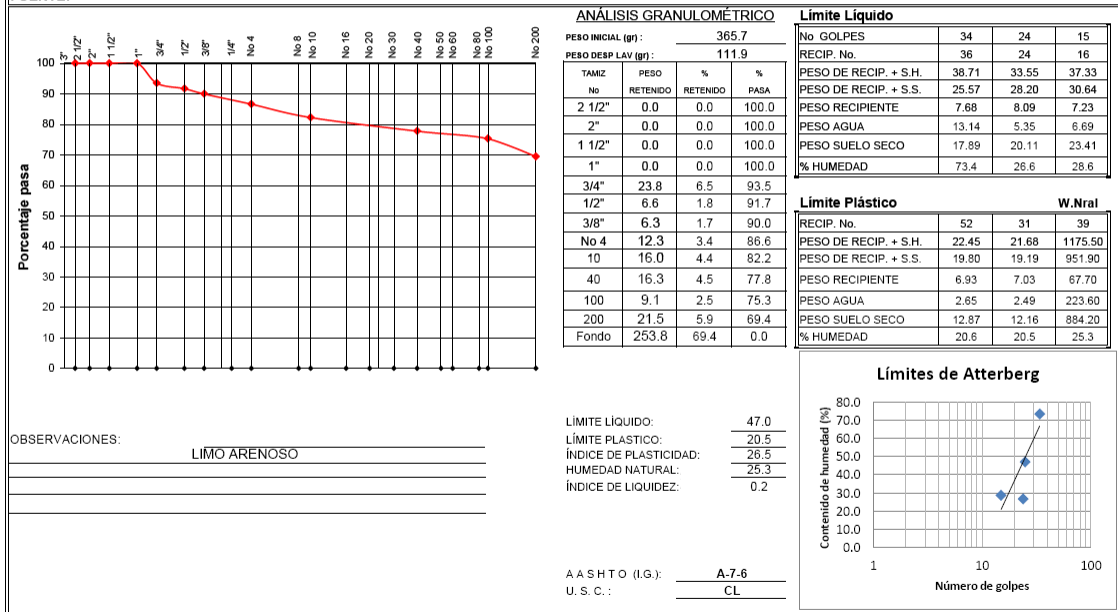
LÍMITES DE CONSISTENCIA LÍQUIDO Y PLÁSTICO - ANALISIS

GRANULOMETRICO DE SUELOS NORMA

INV E-122 E-123 E-125 E-126

OBRA: MEJORAMIENTO DE LA VÍA TRONCAL CENTRAL LA ESTACION-GUAPOTA
UBICACIÓN: GUAPOTA
INTERVENTOR: PI LTDA-RAFAEL ZAFRA
CONTRATISTA: CONSORCIO SANTANDER
MATERIAL: SONDEO 1 MUESTRA 4 PROFUNDIDAD 3.00 m - 4.00 m K1+510
FUENTE:

CODIGOMUESTRA: MUESTRA 4
FECHA ENSAYO: 07/11/2011
GRADACION No :
LIMITES No:



LÍMITES DE CONSISTENCIA LÍQUIDO Y PLÁSTICO - ANALISIS

GRANULOMETRICO DE SUELOS NORMA

INV E-122 E-123 E-125 E-126

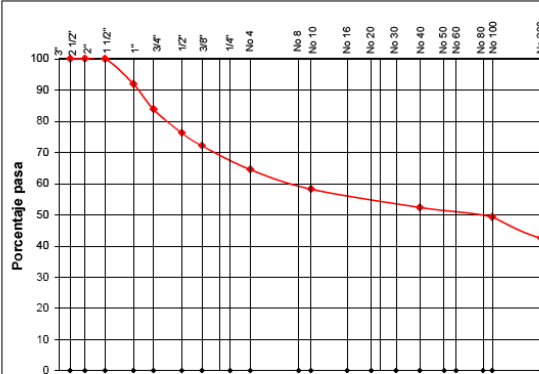
OBRA: MEJORAMIENTO DE LA VÍA TRONCAL CENTRAL LA ESTACION-GUAPOTA
UBICACIÓN: GUAPOTA
INTERVENTOR: PI LTDA-RAFAEL ZAFRA
CONTRATISTA: CONSORCIO SANTANDER
MATERIAL: SONDEO 1 MUESTRA 5 PROFUNDIDAD 4.00 m - 5.00 m K1+510
FUENTE:

CODIGOMUESTRA: MUESTRA 5

FECHA ENSAYO: 07/11/2011

GRADACION No:

LIMITES No:



ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

PESO INICIAL (gr): 306.2

PESO DESP LAV (gr): 176.2

TAMIZ	PESO	%	%
No	RETENIDO	RETENIDO	PASA
2 1/2"	0.0	0.0	100.0
2"	0.0	0.0	100.0
1 1/2"	0.0	0.0	100.0
1"	24.8	8.1	91.9
3/4"	24.9	8.1	83.8
1/2"	23.2	7.6	76.2
3/8"	12.5	4.1	72.1
No 4	23.4	7.6	64.5
10	19.1	6.2	58.2
40	18.0	5.9	52.4
100	9.5	3.1	49.2
200	20.8	6.8	42.5
Fondo	130.0	42.5	0.0

Límite Líquido

No GOLPES	34	26	16
RECIP. No.	42	14	25
PESO DE RECIP. + S.H.	36.25	33.98	34.56
PESO DE RECIP. + S.S.	30.00	27.70	27.60
PESO RECIPIENTE	7.91	7.31	7.14
PESO AGUA	6.25	6.28	6.96
PESO SUELO SECO	22.09	20.39	20.46
% HUMEDAD	28.3	30.8	34.0

Límite Plástico

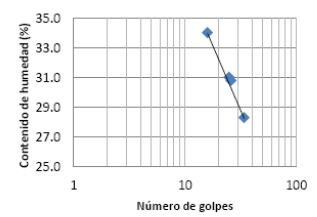
RECIP. No.	21	25	37
PESO DE RECIP. + S.H.	22.95	22.36	1006.80
PESO DE RECIP. + S.S.	20.21	19.60	797.70
PESO RECIPIENTE	7.96	7.14	66.80
PESO AGUA	2.74	2.76	209.10
PESO SUELO SECO	12.25	12.46	730.90
% HUMEDAD	22.4	22.2	28.6

OBSERVACIONES: GRAVA ARCILLOSA CON ARENA

LÍMITE LÍQUIDO: 31.0
LÍMITE PLÁSTICO: 22.3
ÍNDICE DE PLASTICIDAD: 8.7
HUMEDAD NATURAL: 28.6
ÍNDICE DE LIQUIDEZ: 0.7

AASHTO (I.G.): A-4
U.S.C.: GC

Límites de Atterberg



LÍMITES DE CONSISTENCIA LÍQUIDO Y PLÁSTICO - ANALISIS

GRANULOMETRICO DE SUELOS NORMA

INV E-122 E-123 E-125 E-126

OBRA:

MEJORAMIENTO DE LA VÍA TRONCAL CENTRAL LA ESTACION-GUAPOTA

UBICACIÓN:

GUAPOTA

INTERVENTOR:

PI LTDA-RAFAEL ZAFRA

CONTRATISTA:

CONSORCIO SANTANDER

MATERIAL:

SONDEO 1 MUESTRA 6 PROFUNDIDAD 5.00 m - 6.00 m K1+510

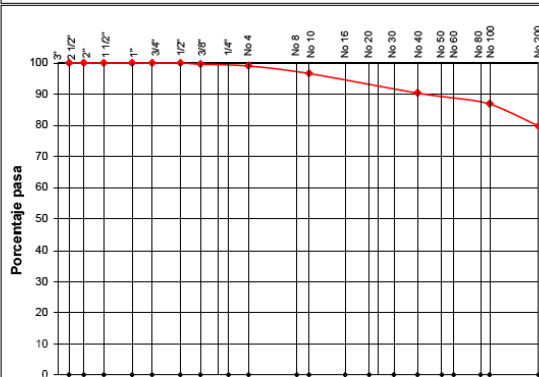
FUENTE:

CODIGOMUESTRA: MUESTRA 6

FECHA ENSAYO: 07/11/2011

GRADACION No :

LÍMITES No:



ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

PESO INICIAL (gr):		103.3	
PESO DESP LAV (gr):		21.0	
TAMIZ No.	PESO RETENIDO	% RETENIDO	% PASA
2 1/2"	0.0	0.0	100.0
2"	0.0	0.0	100.0
1 1/2"	0.0	0.0	100.0
1"	0.0	0.0	100.0
3/4"	0.0	0.0	100.0
1/2"	0.0	0.0	100.0
3/8"	0.4	0.4	99.6
No 4	0.6	0.6	99.0
10	2.5	2.4	96.6
40	6.5	6.3	90.3
100	3.6	3.5	86.8
200	7.4	7.2	79.7
Fondo	82.3	79.7	0.0

Límite Líquido

No GOLPES	34	24	15
RECIP. No.	44	46	18
PESO DE RECIP. + S.H.	33.22	35.12	32.19
PESO DE RECIP. + S.S.	27.05	28.07	25.90
PESO RECIPIENTE	7.86	7.15	7.92
PESO AGUA	6.17	7.05	6.29
PESO SUELO SECO	19.19	20.92	17.98
% HUMEDAD	32.2	33.7	35.0

Límite Plástico

RECIP. No.	14	42	41
PESO DE RECIP. + S.H.	22.16	21.98	462.40
PESO DE RECIP. + S.S.	19.40	19.35	392.30
PESO RECIPIENTE	7.31	7.91	70.70
PESO AGUA	2.76	2.63	70.10
PESO SUELO SECO	12.09	11.44	321.60
% HUMEDAD	22.8	23.0	21.8

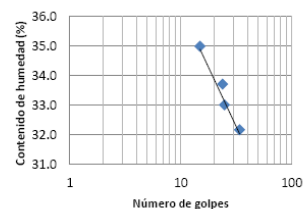
OBSERVACIONES:

ARCILLA LIGERA ARENOSA

LÍMITE LÍQUIDO: 33.0
LÍMITE PLÁSTICO: 22.9
ÍNDICE DE PLASTICIDAD: 10.1
HUMEDAD NATURAL: 21.8
ÍNDICE DE LIQUIDEZ: -0.1

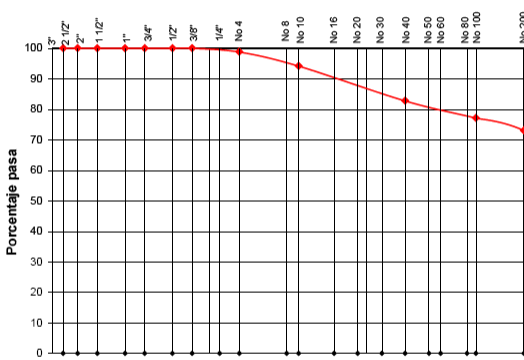
AASHTO (I.G.): A-6
U. S. C.: CL

Límites de Atterberg



	LIMITES DE CONSISTENCIA LIQUIDO Y PLASTICO - ANALISIS GRANULOMETRICO DE SUELOS NORMA INV E-122 E-123 E-125 E-126	
---	---	--

OBRA: MEJORAMIENTO DE LA VÍA TRONCAL CENTRAL LA ESTACION-GUAPOTA UBICACIÓN: GUAPOTA INTERVENTOR: PILTDA-RAFAEL ZAFRA CONTRATISTA: CONSORCIO SANTANDER MATERIAL: SONDEO 1 MUESTRA 9 PROFUNDIDAD 8.00 m - 9.00 m K1+510 FUENTE:	CODIGOMUESTRA: MUESTRA 9 FECHA ENSAYO: 07/11/2011 GRADACION No : LIMITES No:
--	---



PESO INICIAL (gr):		195.4	
PESO DESP LAV (gr):		52.6	
TAMIZ No	PESO RETENIDO	% RETENIDO	% PASA
2 1/2"	0.0	0.0	100.0
2"	0.0	0.0	100.0
1 1/2"	0.0	0.0	100.0
1"	0.0	0.0	100.0
3/4"	0.0	0.0	100.0
1/2"	0.0	0.0	100.0
3/8"	0.0	0.0	100.0
No 4	2.4	1.2	98.8
10	9.0	4.6	94.2
40	22.3	11.4	82.8
100	11.0	5.6	77.1
200	7.9	4.0	73.1
Fondo	142.8	73.1	0.0

LÍMITE LÍQUIDO:	32.0
LÍMITE PLÁSTICO:	21.6
ÍNDICE DE PLASTICIDAD:	10.4
HUMEDAD NATURAL:	19.1
ÍNDICE DE LIQUIDEZ:	-0.2

AASHTO (I.G.):	A-6
U.S.C.:	CL

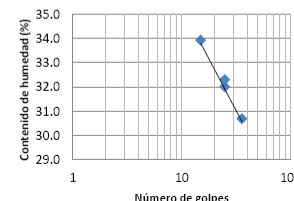
OBSERVACIONES:

ARCILLA LIGERA ARENOSA

No GOLPES	36	25	15
RECIP. No.	24	16	36
PESO DE RECIP. + S.H.	34.12	33.12	32.15
PESO DE RECIP. + S.S.	28.01	26.80	25.80
PESO RECIPIENTE	8.09	7.23	7.08
PESO AGUA	6.11	6.32	6.35
PESO SUELO SECO	19.92	19.57	18.72
% HUMEDAD	30.7	32.3	33.9

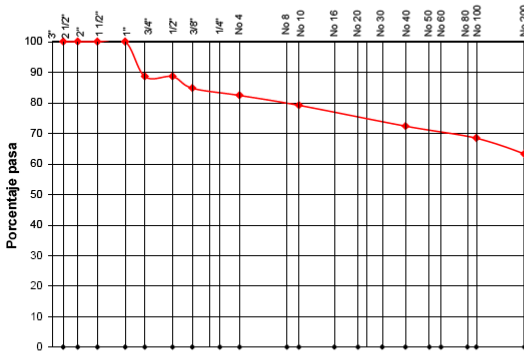
	W.Nr1		
RECIP. No.	51	54	36
PESO DE RECIP. + S.H.	22.16	21.98	704.20
PESO DE RECIP. + S.S.	19.45	19.35	601.50
PESO RECIPIENTE	6.94	7.10	64.50
PESO AGUA	2.71	2.63	102.70
PESO SUELO SECO	12.51	12.25	537.00
% HUMEDAD	21.7	21.5	19.1

Límites de Atterberg



	LÍMITES DE CONSISTENCIA LÍQUIDO Y PLÁSTICO - ANALISIS GRANULOMETRICO DE SUELOS NORMA INV E-122 E-123 E-125 E-126	
---	---	--

OBRA: MEJORAMIENTO DE LA VÍA TRONCAL CENTRAL LA ESTACION-GUAPOTA UBICACIÓN: GUAPOTA INTERVENTOR: P.I. LTDA-RAFAEL ZAFRA CONTRATISTA: CONSORCIO SANTANDER MATERIAL: SONDEO 1 MUESTRA 10 PROFUNDIDAD 9.00 m - 9.50 m K1+510 FUENTE:	CODIGO MUESTRA: MUESTRA 10 FECHA ENSAYO: 07/11/2011 GRADACION No : LIMITES No:
--	---



PESO INICIAL (gr):		139.3	
PESO DESP. LAV (gr):		51.2	
TAMIZ No	PESO RETENIDO	% RETENIDO	% PASA
2 1/2"	0.0	0.0	100.0
2"	0.0	0.0	100.0
1 1/2"	0.0	0.0	100.0
1"	0.0	0.0	100.0
3/4"	15.9	11.4	88.6
1/2"	0.0	0.0	88.6
3/8"	5.3	3.8	84.8
No 4	3.3	2.4	82.4
10	4.5	3.2	79.2
40	9.5	6.8	72.4
100	5.5	3.9	68.4
200	7.2	5.2	63.2
Fondo	88.1	63.2	0.0

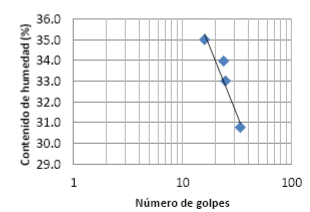
LÍMITE LÍQUIDO:	33.0
LÍMITE PLÁSTICO:	23.2
ÍNDICE DE PLASTICIDAD:	9.8
HUMEDAD NATURAL:	23.9
ÍNDICE DE LIQUIDEZ:	0.1

AASHTO (I.G.):	A-4
U. S. C. :	CL

OBSERVACIONES: ARCILLA LIGERA ARENOSA CON GRAVA

No GOLPES	34	24	16
RECIP. No.	32	13	11
PESO DE RECIP. + S.H.	32.79	31.94	31.76
PESO DE RECIP. + S.S.	26.81	25.67	25.39
PESO RECIPIENTE	7.37	7.21	7.19
PESO AGUA	5.98	6.27	6.37
PESO SUELO SECO	19.44	18.46	18.20
% HUMEDAD	30.8	34.0	35.0

	W.Nrai		
RECIP. No.	15	20	35
PESO DE RECIP. + S.H.	20.86	20.82	620.70
PESO DE RECIP. + S.S.	18.27	18.19	514.60
PESO RECIPIENTE	7.18	6.81	71.10
PESO AGUA	2.59	2.63	106.10
PESO SUELO SECO	11.09	11.38	443.50
% HUMEDAD	23.4	23.1	23.9





UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
CENTRO CARACTERIZACION MATERIALES DE CONSTRUCCION
ENSAYO DE GRANULOMETRIA INV E- 123

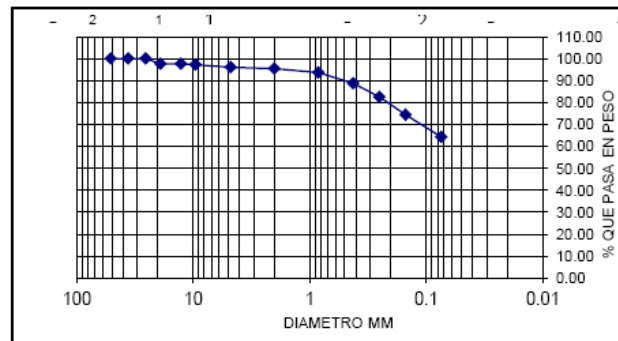
FECHA : DICIEMBRE 4 DE 2011
 PROYECTO : ESTABILIZACION TALUD VIA GUAPOTA
 LOCALIZACION: GUAPOTA - SANTANDER

SONDEO : APIQUE 1
 MUESTRA : 1
 PROFUNDIDAD : 1 m a 1,5 m

PESO TARA (gr)	10.3
TARA+MUESTRA HUMEDA (gr)	800.2
TARA+MUESTRA SECA (gr)	613.9
PESO AGUA (gr)	186.3
PESO MUEST. SECA (gr)	603.6
HUMEDAD (%)	30.86%

PESO INICIAL DE LA MUESTRA gr: 613.9
 PESO DESPUES DE LAVADO gr: 136.1
 PORCENTAJE DE ERROR %: 0.05

MALLA No	ABERTURA	PESO SUELO RETENIDO	PORCIENTO RETENIDO PARCIAL	% QUE PASA LA MALLA	MALLA No	ABERTURA	PESO SUELO RETENIDO	PORCIENTO RETENIDO PARCIAL	% QUE PASA LA MALLA
****	mm	gr	%	%	****	mm	gr	%	%
2"	50.8	0.00	0.00	100.00	10	2	39.50	6.43	88.76
1 1/2"	36.1	0.00	0.00	100.00	20	0.84	23.3	3.80	84.96
1"	25.4	0.00	0.00	100.00	40	0.42	14.6	2.38	82.59
3/4"	19.05	0.00	0.00	100.00	60	0.25	5.1	0.83	81.76
1/2"	12.7	3.10	0.50	99.50	100	0.149	2.5	0.41	81.35
3/8"	9.52	3.20	0.52	98.97	200	0.074	20.1	3.27	78.07
No 4	4.75	23.20	3.78	95.19	PASA 200	*****	479.00		
SUMA	*****	29.50	4.81		SUMA	*****	584.10	17.12	
					TOTAL		613.60		



GRAVAS= 4.81 %
 ARENAS = 17.12 %
 FINOS= 78.07 %

CLASIFICACION SUCS: ARCILLA DE BAJA PLASTICIDAD

VoBo:

Ingeniero Germán García Vera
 Director Escuela de Ingeniería Civil



UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS
LIMITES DE ATTERBERG INV E- 125-126

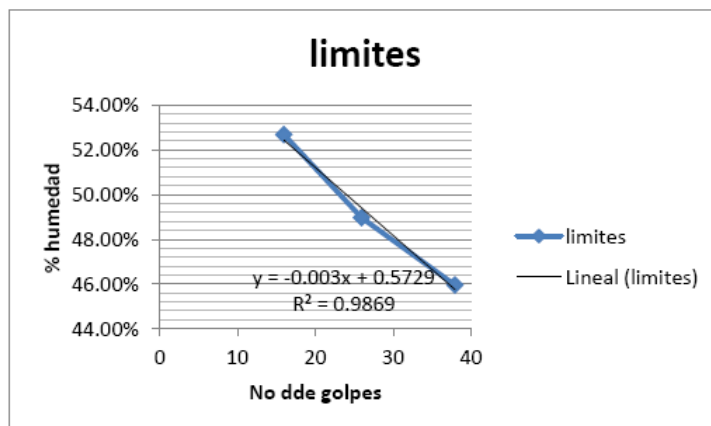
FECHA :	DICIEMBRE 7 DE 2011	SONDEO :	APIQUE 1
PROYECTO :	ESTABILIZACION TALUD VIA GUAPOTA	MUESTRA :	1
LOCALIZACION:	GUAPOTA - SANTANDER	PROFUNDIDAD :	1 m a 1,5 m

LIMITE LIQUIDO

CAPSULA No	NUMERO DE GOLFES	PESO CAPSULA	PESO CAPSULA + SUELO HUMEDO	PESO CAPSULA + SUELO SECO	PESO DEL AGUA	PESO SUELO SECO	CONTENIDO DE AGUA
		gr	gr	gr	gr	gr	%
54	38	7.1	38.48	28.6	9.88	21.5	45.95%
45	26	8.37	33.9	25.51	8.39	17.14	48.95%
26	16	8.21	34.76	25.6	9.16	17.39	52.67%

LIMITE PLASTICO

3	38	8.39	18.08	15.79	2.29	7.4	30.95%
34	26	7.46	18.43	15.84	2.59	8.38	30.91%



LIMITE LIQUID	<u>49%</u>
LIM. PLASTIC	<u>31%</u>
IND. DE PLAS	<u>18%</u>
CLASIFICACI	<u>ML</u>

VoBo:

Ingeniero Germán García Vera
 Director Escuela de Ingeniería Civil



UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
CENTRO CARACTERIZACION MATERIALES DE CONSTRUCCION
ENSAYO DE GRANULOMETRIA INV E- 123

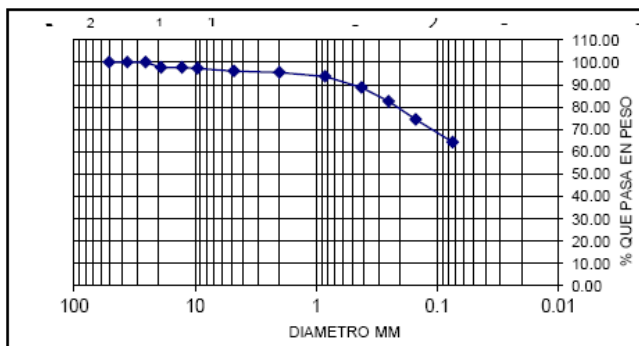
FECHA : DICIEMBRE 4 DE 2011
 PROYECTO : ESTABILIZACION TALUD VIA GUAPOTA
 LOCALIZACION: GUAPOTA - SANTANDER

SONDEO : APIQUE 2
 MUESTRA : 2
 PROFUNDIDAD : 1 m a 1,5 m

PESO TARA (gr)		10.1
TARA+MUESTRA HUMEDA (gr)		800.5
TARA+MUESTRA SECA (gr)		584.6
PESO AGUA (gr)		215.9
PESO MUEST. SECA (gr)		574.5
HUMEDAD (%)		37.58%

PESO INICIAL DE LA MUESTRA gr: 584.6
 PESO DESPUES DE LAVADO gr: 123.2
 PORCENTAJE DE ERROR %: 0.09

MALLA No	ABERTURA	PESO SUELO RETENIDO	PORCIENTO RETENIDO PARCIAL	% QUE PASA LA MALLA	MALLA No	ABERTURA	PESO SUELO RETENIDO	PORCIENTO RETENIDO PARCIAL	% QUE PASA LA MALLA
****	mm	gr	%	%	****	mm	gr	%	%
2"	50.8	0.00	0.00	100.00	10	2	28.40	4.86	88.40
1 1/2"	36.1	0.00	0.00	100.00	20	0.84	17.8	3.04	85.36
1"	25.4	0.00	0.00	100.00	40	0.42	10.4	1.78	83.58
3/4"	19.05	0.00	0.00	100.00	60	0.25	4.5	0.77	82.81
1/2"	12.7	4.30	0.74	99.26	100	0.149	3.5	0.60	82.21
3/8"	9.52	1.60	0.27	98.99	200	0.074	17.9	3.06	79.15
No 4	4.75	33.50	5.73	93.26	PASA 200	*****	462.20		
SUMA	*****	39.40	6.74		SUMA	*****	544.70	14.11	
					TOTAL		584.10		



GRAVAS= 6.74 %
 ARENAS = 14.11 %
 FINOS= 79.15 %

CLASIFICACION SUCS: ARCILLA DE BAJA PLASTICIDAD

VoBo:

Ingeniero Germán García Vera
 Director Escuela de Ingeniería Civil



UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS
LIMITES DE ATTERBERG INV E- 125-126

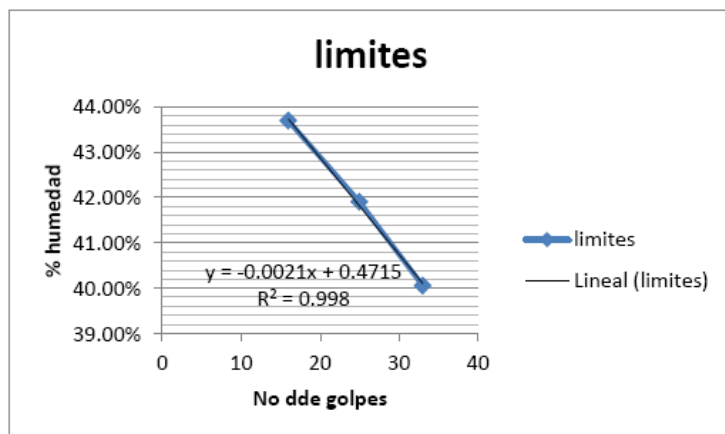
FECHA :	DICIEMBRE 7 DE 2011	SONDEO :	APIQUE 2
PROYECTO :	ESTABILIZACION TALUD VIA GUAPOTA	MUESTRA :	2
LOCALIZACION:	GUAPOTA - SANTANDER	PROFUNDIDAD :	1 m a 1,5 m

LIMITE LIQUIDO

CAPSULA No	NUMERO DE GOLPES	PESO CAPSULA	PESO CAPSULA + SUELO HUMEDO	PESO CAPSULA + SUELO SECO	PESO DEL AGUA	PESO SUELO SECO	CONTENIDO DE AGUA
		gr	gr	gr	gr	gr	%
33	33	7.58	34.12	26.53	7.59	18.95	40.05%
36	25	8.31	32.15	25.11	7.04	16.8	41.90%
41	16	8.52	30.26	23.65	6.61	15.13	43.69%

LIMITE PLASTICO

44	33	8.35	22.36	19.18	3.18	10.83	29.36%
25	25	8.02	23.1	19.7	3.4	11.68	29.11%



LIMITE LIQUID	<u>42%</u>
LIM. PLASTIC	<u>29%</u>
IND. DE PLAS	<u>13%</u>
CLASIFICACION	<u>ML</u>

VoBo:

Ingeniero Germán García Vera
 Director Escuela de Ingeniería Civil



UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
CENTRO CARACTERIZACION MATERIALES DE CONSTRUCCION
ENSAYO DE GRANULOMETRIA INV E- 123

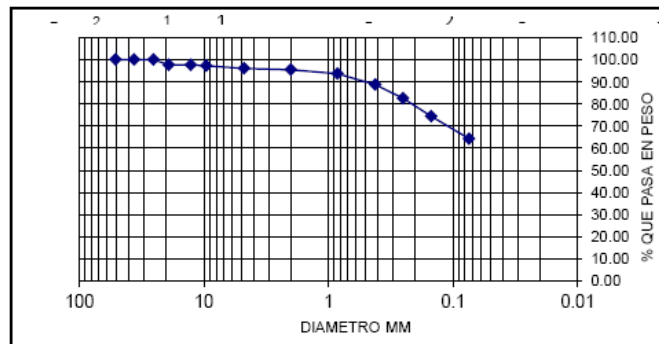
FECHA : DICIEMBRE 4 DE 2011
 PROYECTO : ESTABILIZACION TALUD VIA GUAPOTA
 LOCALIZACION: GUAPOTA - SANTANDER

SONDEO : APIQUE 4
 MUESTRA : 4
 PROFUNDIDAD : 1 m a 1,5 m

PESO TARA (gr)	10.2
TARA+MUESTRA HUMEDA (gr)	800.3
TARA+MUESTRA SECA (gr)	586.7
PESO AGUA (gr)	213.6
PESO MUEST. SECA (gr)	576.5
HUMEDAD (%)	37.05%

PESO INICIAL DE LA MUESTRA gr: 586.7
 PESO DESPUES DE LAVADO gr: 45.6
 PORCENTAJE DE ERROR %: 0.05

MALLA No	ABERTURA	PESO SUELO RETENIDO	PORCIENTO RETENIDO PARCIAL	% QUE PASA LA MALLA	MALLA No	ABERTURA	PESO SUELO RETENIDO	PORCIENTO RETENIDO PARCIAL	% QUE PASA LA MALLA
****	mm	gr	%	%	****	mm	gr	%	%
2"	50.8	0.00	0.00	100.00	10	2	6.60	1.12	96.45
1 1/2"	36.1	0.00	0.00	100.00	20	0.84	2.5	0.43	96.03
1"	25.4	0.00	0.00	100.00	40	0.42	1.2	0.20	95.82
3/4"	19.05	0.00	0.00	100.00	60	0.25	1.5	0.26	95.57
1/2"	12.7	3.30	0.56	99.44	100	0.149	4.3	0.73	94.84
3/8"	9.52	4.70	0.80	98.64	200	0.074	14.7	2.51	92.33
No 4	4.75	6.20	1.06	97.58	PASA 200	*****	541.40		
SUMA	*****	14.20	2.42		SUMA	*****	572.20	5.25	
					TOTAL		586.40		



GRAVAS= 2.42 %
 ARENAS = 5.25 %
 FINOS= 92.33 %

CLASIFICACION SUCS:

ARCILLA DE BAJA PLASTICIDAD

VoBo:

Ingeniero Germán García Vera
 Director Escuela de Ingeniería Civil



UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS
LIMITE DE ATTERBERG INV E- 125-126

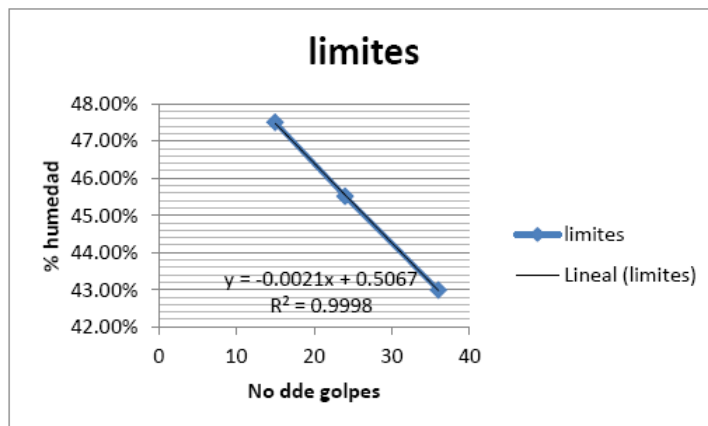
FECHA :	DICIEMBRE 7 DE 2011	SONDEO :	APIQUE 4
PROYECTO :	ESTABILIZACION TALUD VIA GUAPOTA	MUESTRA :	4
LOCALIZACION:	GUAPOTA - SANTANDER	PROFUNDIDAD :	1 m a 1,5 m

LIMITE LIQUIDO

CAPSULA No	NUMERO DE GOLPES	PESO CAPSULA	PESO CAPSULA + SUELO HUMEDO	PESO CAPSULA + SUELO SECO	PESO DEL AGUA	PESO SUELO SECO	CONTENIDO DE AGUA
		gr	gr	gr	gr	gr	%
100	36	7.11	34.15	26.02	8.13	18.91	42.99%
99	24	7.94	35.12	26.62	8.5	18.68	45.50%
97	15	7.24	36.9	27.35	9.55	20.11	47.49%

LIMITE PLASTICO

96	36	8.14	22.05	18.9	3.15	10.76	29.28%
90	24	7.4	21.99	18.65	3.34	11.25	29.69%



LIMITE LIQUIDO	<u>45%</u>
LIM. PLASTICO :	<u>29%</u>
IND. DE PLASTI.	<u>16%</u>
CLASIFICACION	<u>ML</u>

VoBo:

Ingeniero Germán García Vera
 Director Escuela de Ingeniería Civil



UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
CENTRO CARACTERIZACION MATERIALES DE CONSTRUCCION
ENSAYO DE GRANULOMETRIA INV E- 123

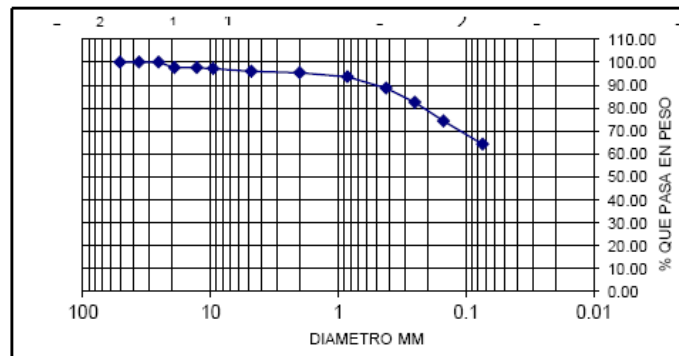
FECHA : DICIEMBRE 4 DE 2011
 PROYECTO : ESTABILIZACION TALUD VIA GUAPOTA
 LOCALIZACION: GUAPOTA - SANTANDER

SONDEO : APIQUE 5
 MUESTRA : 5
 PROFUNDIDAD : 1 m a 1,5 m

PESO TARA (gr)	10.2
TARA+MUESTRA HUMEDA (gr)	800.3
TARA+MUESTRA SECA (gr)	586.7
PESO AGUA (gr)	213.6
PESO MUEST. SECA (gr)	576.5
HUMEDAD (%)	37.05%

PESO INICIAL DE LA MUESTRA gr: 559
 PESO DESPUES DE LAVADO gr: 90.9
 PORCENTAJE DE ERROR %: 0.11

MALLA No	ABERTURA	PESO SUELO RETENIDO	PORCIENTO RETENIDO PARCIAL	% QUE PASA LA MALLA	MALLA No	ABERTURA	PESO SUELO RETENIDO	PORCIENTO RETENIDO PARCIAL	% QUE PASA LA MALLA
****	mm	gr	%	%	****	mm	gr	%	%
2"	50.8	0.00	0.00	100.00	10	2	11.90	2.13	97.30
1 1/2"	36.1	0.00	0.00	100.00	20	0.84	17.8	3.18	94.11
1"	25.4	0.00	0.00	100.00	40	0.42	24.6	4.40	89.71
3/4"	19.05	0.00	0.00	100.00	60	0.25	12.3	2.20	87.51
1/2"	12.7	0.00	0.00	100.00	100	0.149	6.8	1.22	86.30
3/8"	9.52	0.00	0.00	100.00	200	0.074	12.9	2.31	83.99
No 4	4.75	3.20	0.57	99.43	PASA 200	*****	468.90		
SUMA	*****	3.20	0.57		SUMA	*****	555.20	15.44	
					TOTAL		558.40		



GRAVAS= 0.57 %
 ARENAS = 15.44 %
 FINOS= 83.99 %

CLASIFICACION SUCS: ARCILLA DE BAJA PLASTICIDAD

VoBo:

Ingeniero Germán García Vera
 Director Escuela de Ingeniería Civil



UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS
LIMITE DE ATTERBERG INV E- 125-126

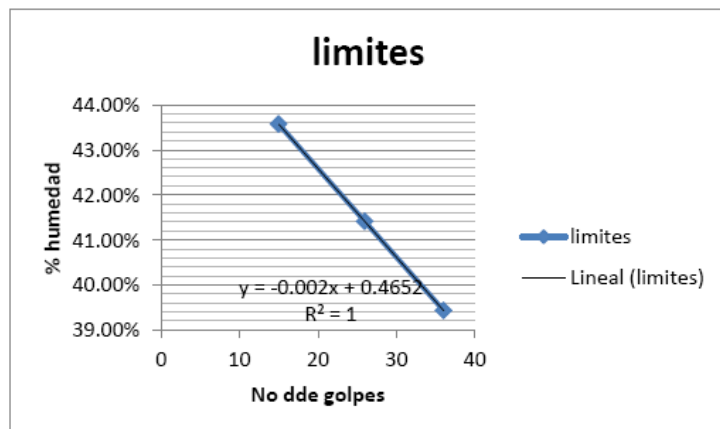
FECHA :	DICIEMBRE 7 DE 2011	SONDEO :	APIQUE 5
PROYECTO :	ESTABILIZACION TALUD VIA GUAPOTA	MUESTRA :	5
LOCALIZACION:	GUAPOTA - SANTANDER	PROFUNDIDAD :	1 m a 1,5 m

LIMITE LIQUIDO

CAPSULA No	NUMERO DE GOLFES	PESO CAPSULA	PESO CAPSULA + SUELO HUMEDO	PESO CAPSULA + SUELO SECO	PESO DEL AGUA	PESO SUELO SECO	CONTENIDO DE AGUA
		gr	gr	gr	gr	gr	%
57	36	7.16	36.12	27.93	8.19	20.77	39.43%
59	26	7.25	30.95	24.01	6.94	16.76	41.41%
61	15	7.99	31.98	24.7	7.28	16.71	43.57%

LIMITE PLASTICO

63	36	7.87	22.16	19.01	3.15	11.14	28.28%
66	26	6.95	22.36	18.95	3.41	12	28.42%



LIMITE LIQUID	<u>42%</u>
LIM. PLASTICO	<u>28%</u>
IND. DE PLAS	<u>14%</u>
CLASIFICACION	<u>ML</u>

VoBo:

Ingeniero Germán García Vera
 Director Escuela de Ingeniería Civil

Anexo D. Planos

