

**ESTUDIO DEL MOVIMIENTO DEL TALUD UBICADO EN LA ABSCISA k6+100
DE LA VÍA SAN GIL- CHARALÁ, DEPARTAMENTO DE SANTANDER**

FANY ARIAS ARIAS

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER UIS
FACULTAD DE FÍSICO MECÁNICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
MAESTRÍA EN GEOTECNIA
BUCARAMANGA
2012**

**ESTUDIO DEL MOVIMIENTO DEL TALUD UBICADO EN LA ABSCISA k6+100
DE LA VÍA SAN GIL- CHARALÁ, DEPARTAMENTO DE SANTANDER**

FANY ARIAS ARIAS

Trabajo de grado presentado para optar al título de Magister en Geotecnia

Director

HEBENLY CELIS LEGUIZAMO

Ingeniero Civil

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER UIS

FACULTAD DE FÍSICO MECÁNICAS

ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL

MAESTRÍA EN GEOTECNIA

BUCARAMANGA

2012

A lo mejor de mi vida
...Jose Julian Rodriguez...

AGRADECIMIENTOS

Deseo expresar un agradecimiento especial al Ingeniero Jaime Suarez Díaz, quien fue el inspirador de este reto. Gracias por su dedicación y conocimientos compartidos.

Quiero extender mi agradecimiento al doctor Horacio Serpa Uribe y al ingeniero Edgar Augusto Pedraza, por su apreciable ayuda.

Dar las gracias de una manera especial a mi amiga y compañera de maestría, Laura López por su gran empeño en que emprendiéramos este reto, como por su apoyo y ánimo constantes durante todo el proceso, así mismo a Fabiola Figueredo y Jairo Gamboa, por toda su colaboración y con los que me une una gran amistad.

Al resto de compañeros del Grupo de Maestría, agradecerles su apoyo y el grato compartir con ellos.

Gracias a todas y cada una de las personas que dedicaron tiempo y sus conocimientos para ayudarme a culminar mi proyecto de tesis.

Deseo agradecer a mi madre y a mi hermano Henry, por todo el apoyo incondicional que siempre me han brindado.

Por último, un especial agradecimiento a mi hijo Jose Julián, por su comprensión en el tiempo que dejamos de compartir en esta importante etapa de tu vida.

CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN	20
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	21
2. OBJETIVOS	22
2.1 OBJETIVO GENERAL	22
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	22
3. LOCALIZACIÓN Y DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROYECTO	23
3.1 TIPOS DE MOVIMIENTOS	24
3.2 NOMENCLATURA DE LOS DESLIZAMIENTOS	27
3.3 PARTES DE UN DESLIZAMIENTO	29
3.4 OTRAS CARACTERÍSTICAS DE UN DESLIZAMIENTO	31
3.5 CLASIFICACIÓN DE LOS MOVIMIENTOS	33
3.5.1 Clasificación de los Deslizamientos	33
3.5.1.1 Deslizamientos rotacionales.	34
3.5.1.2 Deslizamientos Translacionales.	36
3.6 TIPOS DE MATERIALES	37
3.6.1 Los Suelos Residuales	38
3.6.1.1 Los Coluviones.	39
3.7 METODOLOGÍAS PARA ANÁLISIS DE ESTABILIDAD	39
3.8 CARACTERÍSTICAS DEL ANALISIS DE LÍMITE DE EQUILIBRIO	41
3.8.1 Concepto de factor de seguridad (F. S.)	42
3.8.2 Concepto de superficie de falla	43
3.8.2.1 Formas de la superficie de falla.	44

3.8.2.2 Análisis de superficies planas.	46
3.8.2.3 Análisis de superficies curvas.	46
4. INFORMACIÓN RECOLECTADA	50
4.1 METODOLOGÍA DE TRABAJO	50
4.2 LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO	51
4.3 GEOLOGÍA GENERAL	52
4.3.1 Marco Geológico Regional	52
4.3.1.1 Formación Arcabuco.	52
4.3.2 Geología Estructural Regional	54
4.3.2.1 Área de Charalá – Oiba – Olival.	54
4.3.3 Unidades Geológicas Superficiales	56
4.3.3.1 Rocas Sedimentarias Duras	56
4.4 SUELOS DEL ÁREA DE ESTUDIO	59
4.4.1 Suelos Residuales de Rocas Blandas	59
4.4.2 Suelos Coluviales	61
4.4.3 Suelos Aluviales de cauce activo	61
4.5 GEOMORFOLOGÍA	62
4.5.1 Unidades Geomorfológicas de Origen Fluvial	62
4.5.1.1 Cauce o lecho actual de Río F1.	62
4.5.1.2 Planicie de Inundación F2.	62
4.5.2 Unidades Geomorfológicas de Origen Denudacional	63
4.5.2.1 Laderas Moderadas D11.	64
4.5.2.2 Depósitos Coluviales D13.	64
4.6 PROCESOS MORFODINÁMICAS	66
4.6.1 Erosión laminar	66
4.6.2 Grietas	67
4.6.3 Fenómenos de Remoción en masa	68
4.7 ASPECTOS CLIMÁTICOS E HIDROLÓGICOS	69
4.8 SISMICIDAD	70

4.8.1 Sismicidad Histórica	70
4.8.2 Características del sitio de acuerdo a la norma NSR-10	71
5. EXPLORACIÓN GEOTÉCNICA GENERAL	72
5.1 INVESTIGACIONES DE CAMPO	72
5.1.1 Registros de Perforación SPT	75
5.2 LABROTATORIOS	76
5.2.1 Ensayo de Corte Directo	76
5.2.2 Ensayo de Clasificación de suelos, humedades y límites de consistencia	79
6. EVALUACIÓN DEL MODELO GEOLÓGICO GEOTÉCNICO	89
6.1 METODOLOGÍA DE LA CALIBRACIÓN DEL MODELO GEOLÓGICO GEOTÉCNICO	89
6.2 CARACTERÍSTICAS DEL TALUD UBICADO EN EL K6+100	90
6.3 MODELO GEOLÓGICO GEOTÉCNICO	91
6.3.1 Suelo coluvial superficial	94
6.3.2 Suelo residual que se encuentra bajo el coluvión	94
6.4 VERIFICACIÓN DE LAS CONDICIONES DEL TERRENO NATURAL MEDIANTE SOFTWARE SLIDE	95
6.4.1 Modelamiento Escenario Estático	95
6.4.2 Modelamiento Escenario Pseudo Estático	97
6.5 MEDIDAS DE MITIGACIÓN PROPUESTAS	99
6.6 SEGUNDA FASE DE EXPLORACION	103
6.6.1 Investigaciones de Campo	103
6.6.2 Principio Físico de la Refracción Sísmica	106
6.6.3 Resultados Línea Sísmica	111
6.6.3.1 Geometría de la línea Sísmica	111
6.6.3.2 Referenciación de la línea Sísmica	111
6.6.3.3 Resultados	111
6.6.4 Modelamiento Escenario Estático	113

6.6.5 Perfil 1 – Modelamiento Seudoestático	115
6.6.6 Perfil 2 – Modelamiento Estático	117
6.6.7 Perfil 2 – Modelamiento Pseudo Estático	119
6.6.7 Medidas de Mitigación Propuestas	121
6.6.8 Comparación de etapas exploración de campo	124
7. CONCLUSIONES	127
BIBLIOGRAFÍA	129
ANEXOS	131

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Clasificación de los deslizamientos	33
Tabla 2. Listado de tablas para cálculo de estabilidad de taludes disponibles en la literatura	48
Tabla 3. Métodos de análisis de estabilidad taludes	49
Tabla 4. Localización sondeos SPT	73
Tabla 5. Tabla para correlacionar la interpretación de los ensayos SPT	76
Tabla 6. Media aritmética de las propiedades geotécnicas	78
Tabla 7. Media aritmética de las propiedades geotécnicas	79
Tabla 8. Resumen de Ensayos	79
Tabla 9. Resumen de resultados	112
Tabla 10. Comparación entre la primera y segunda fase de exploración	126

LISTA DE ILUSTRACIONES

	Pág.
Ilustración 1. Localización general del proyecto	23
Ilustración 2. Caída de rocas	25
Ilustración 3. Basculamiento de columnas de roca	25
Ilustración 4. Separación lateral	25
Ilustración 5. Deslizamiento rotacional	26
Ilustración 6. Deslizamiento translacional	26
Ilustración 7. Flujo de detritos	27
Ilustración 8. Nomenclatura de un deslizamiento	29
Ilustración 9. Partes de un deslizamiento	31
Ilustración 10. Movimiento simple	32
Ilustración 11. Movimiento múltiple	32
Ilustración 12. Movimiento sucesivo	32
Ilustración 13. Deslizamiento rotacional	34
Ilustración 14. Escarpe principal, deslizamiento Tapezco, Costa Rica	35
Ilustración 15. Margen lateral con deslizamientos hacia la zona de pérdida, deslizamiento Tapezco, Costa Rica	35
Ilustración 16. Deslizamiento translacional de detritos	36
Ilustración 17. Deslizamiento translacional a lo largo de planos de estratificación	37
Ilustración 18. Perfil idealizado de suelo residual	38
Ilustración 19. Falla de un talud friccionante. Obsérvese la geometría plana de la superficie de falla	42
Ilustración 20. Falla de un talud cohesivo. Obsérvese la tendencia circular de la superficie de falla	43
Ilustración 21. Esquema de una grieta de tensión para análisis de límite de equilibrio	44

Ilustración 22. Superficie de falla de forma circular	45
Ilustración 23. Superficie de falla de forma curva	45
Ilustración 24. Superficie de falla de forma curva	46
Ilustración 25. Planta Zona de Trabajo	51
Ilustración 26. Mapa de Geología Regional	54
Ilustración 27. Mapa Unidades Geológicas Superficiales	56
Ilustración 28. Laderas Subhorizontales, Talud superior de la vía	63
Ilustración 29. Se aprecia el camino de descenso al Río Fonce	64
Ilustración 30. Coluvión 1	65
Ilustración 31. Coluvión 2	65
Ilustración 32. Coluvión 3 talud inferior de la Vía	66
Ilustración 33. Se aprecian algunos surcos poco desarrollados	67
Ilustración 34. Sobre el talud superior de la vía	67
Ilustración 35. Movimiento en masa 2, de tipo deslizamiento	68
Ilustración 36. Localización en planta de los Sondeos y Apiques	73
Ilustración 37. Resultados de los cortes directos	77
Ilustración 38. Resultados de los cortes directos	78
Ilustración 39. Resumen de Ensayos de Perforación – Sondeo 1	82
Ilustración 40. Resumen de Ensayos de Perforación – Sondeo 2	83
Ilustración 41. Resumen de Ensayos de Perforación – Sondeo 3	84
Ilustración 42. Resumen de Ensayos de Perforación – Sondeo 5	85
Ilustración 43. Resumen de Ensayos de Perforación – Sondeo 6	86
Ilustración 44. Resumen de Ensayos de Perforación – Sondeo 7	87
Ilustración 45. Resumen de Ensayos de Perforación – Sondeo 8	88
Ilustración 46. Perfil calibrado en Slide	92
Ilustración 47. Factores de seguridad	93
Ilustración 48. Perfil 1 sin obras de estabilización modelado en Slide	95
Ilustración 49. Perfil 1 modelado según Bishop	95
Ilustración 50. Perfil 1 modelado según Jambú	96
Ilustración 51. Perfil 1 modelado según Spencer	96

Ilustración 52. Relación entre factor de seguridad y probabilidad de falla	97
Ilustración 53. Perfil 1 modelado según Bishop	97
Ilustración 54. Perfil 1 modelado según Jambú	98
Ilustración 55. Perfil 1 modelado según Spencer	98
Ilustración 56. Relación entre factor de seguridad y probabilidad de falla	99
Ilustración 57. Obras en Planta	101
Ilustración 58. Obras en Perfil	102
Ilustración 59. Perfil con obras de estabilización modelado en Slide	102
Ilustración 60. Relación entre factor de seguridad y probabilidad de falla	103
Ilustración 61. Ubicación de los sondeos en planta	104
Ilustración 62. Vista tridimensional del talud en estudio.	106
Ilustración 63. Ubicación Línea Sísmica	107
Ilustración 64. Geometría de la Línea sísmica	108
Ilustración 65. Curva Camino- Tiempo-Línea Sísmica	109
Ilustración 66. Tomografía – Línea Sísmica	110
Ilustración 67. Esquema Estratigráfico del Suelo	111
Ilustración 68. Perfil 1 modelado según Bishop	113
Ilustración 69. Perfil 1 modelado según Jambu	113
Ilustración 70. Perfil 1 modelado según Spencer	114
Ilustración 71. Relación entre factor de seguridad y probabilidad de falla	114
Ilustración 72. Perfil 1 modelado según Bishop	115
Ilustración 73. Perfil 1 modelado según Jambu	115
Ilustración 74. Perfil 1 modelado según Spencer	116
Ilustración 75. Relación entre factor de seguridad y probabilidad de falla	116
Ilustración 76. Perfil 2 modelado según Bishop	117
Ilustración 77. Perfil 2 modelado según Jambu	117
Ilustración 78. Perfil 2 modelado según Spencer	118
Ilustración 79. Relación entre factor de seguridad y probabilidad de falla	118
Ilustración 80. Perfil 2 modelado según Bishop	119
Ilustración 81. Perfil 2 modelado según Jambu	119

Ilustración 82. Perfil 2 modelado según Spencer	120
Ilustración 83. Relación entre factor de seguridad y probabilidad de falla	120
Ilustración 84. Detalle planta obras propuesta	122
Ilustración 85. Perfil uno	123
Ilustración 86. Perfil dos	123
Ilustración 87. Perfil primera exploración	124
Ilustración 88. Perfil segunda fase de exploración	125
Ilustración 89. Diferencia entre los modelamientos por cada perfil estudiado	125

LISTA DE FOTOGRAFÍAS

	Pág.
Fotografía 1. Deslizamiento Quebradas, Santa Ana, Costa Rica, se aprecia la superficie original del terreno	28
Fotografía 2. Material desplazado en estado deformado, deslizamiento Tapezco, Santa Ana, Costa Rica	28
Fotografía 3. Roca aflorando en la ladera inferior de la vía	57
Fotografía 4. Evidencia de rocas sedimentarias en el área y posición de la estratificación	58
Fotografía 5. Afloramiento de la unidad sedimentaria y toma de datos estructurales	58
Fotografía 6. Detalle, Cuarzo Arenita de grano medio con moscovita	59
Fotografía 7. Suelos residuales de rocas blandas, talud superior de la vía	60
Fotografía 8. Detalle Suelos Residuales	60
Fotografía 9. Suelos coluviales, talud inferior de la vía San Gil – Charalá	61
Fotografía 10. Suelos aluviales en la zona baja del talud inferior	62
Fotografía 11. Unidades Geomorfológicas de Origen Fluvial	63
Fotografía 12. Panorámica del sitio de estudio	70
Fotografía 13. Descripción del talud ubicado	91
Fotografía 14. Perfil modelado en Slide	91
Fotografía 15. Panorámica de la terraza	104
Fotografía 16. Toma de ensayo SPT sobre la terraza.	105
Fotografía 17. Tridimensional una vez realizada la terraza	105
Fotografía 18. Panorámica línea Sísmica	108
Fotografía 19. Detalles del suelo	112

LISTA DE ANEXOS

	Pág.
Anexo A. Ensayos de Laboratorio	132
Anexo B. Ensayo de Refracción Sísmica	181
Anexo C. Presupuesto de la Alternativa planteada	210
Anexo D. Planos	211

RESUMEN

TITULO ESTUDIO DEL MOVIMIENTO DEL TALUD UBICADO EN LA ABSCISA k6+100 DE LA VÍA SAN GIL- CHARALÁ, DEPARTAMENTO DE SANTANDER

AUTORA: FANY ARIAS ARIAS**

PALABRAS CLAVES: Suelos residuales, Coluviones, Deslizamiento, equilibrio limite, saturación.

En esta tesis se presentan los resultados obtenidos en el estudio realizado al talud ubicado en la vía San Gil – Charalá. El tema está enmarcado dentro del comportamiento geotécnico de suelos residuales con presencia de coluviones. Los fenómenos de inestabilidad superficial de taludes en suelos suelen ir asociados a degradación de las propiedades mecánicas a partir de su superficie, por diferentes procesos (humectación, meteorización, etc.). Su análisis se realiza generalmente mediante el empleo de métodos de equilibrio límite.

Como aporte se destacan los principales factores que intervienen en los procesos de inestabilidad en los taludes, el comportamiento del deslizamiento y de las obras correctivas aplicadas como solución. Se realiza una caracterización geológica-geotécnica detallada de los materiales desde el punto de mecánico, resaltando aspectos importantes de estas propiedades en el deslizamiento. Igualmente se da importancia al aporte del drenaje en la estabilidad del terreno y en el diseño de las obra de mitigación y presupuesto de obra.

La herramienta empleada para el desarrollo del estudio corresponde el software de análisis de estabilidad, SLIDE, mediante el cual se hicieron una serie de modelaciones, los cuales se encuentran sujetos a modificaciones, de acuerdo a las características encontradas a la hora de la intervención real del terreno. Si estas condiciones encontradas durante la intervención del terreno varían considerablemente a las modeladas en los programas numéricos, es necesario realizar las modificaciones pertinentes en los modelos de estabilidad, conforme a la verificación mediante nuevo estudios de exploración geotécnica sobre las obras en ejecución diseñadas como alternativa inicial de mitigación de estabilidad del deslizamiento.

* Proyecto de grado

** Facultad de Ingenierías Fisicomecánicas, Escuela de Ingeniería Civil, Maestría en Geotécnica.
Director Hebenly Celis Leguizamo

ABSTRACT

TITLE: RESEARCH ABOUT SLOPE MOTION LOCATED IN ABCISSA k6 +100 WAYSECTION SAN GIL-CHARALA, SANTANDER*.

AUTHOR: FANY ARIAS ARIAS**

KEYWORDS: residual soils, colluvial, Landslide, limit equilibrium, saturation.

This thesis presents the results of the slope study, located in “San Gil – Charalá” route. The issue is framed within the geotechnical behavior of residual soils of colluvial presence. Instability phenomena in soil slope surface usually associated with degradation of the mechanical properties from its surface by different processes (moisture, weathering, etc.). His analysis is usually performed by using limit equilibrium methods.

As contribution emphasize the main factors involved in the processes of slopes instability, slip behavior and applied corrective work as a solution. We performed a detailed characterization of geological and geotechnical materials from the mechanical point, highlighting important aspects of these properties on the slide. Equally importance is given to the contribution of the drainage in the stability of the ground and the design of mitigation work and budget work.

The tool used to study the development of the software corresponds stability analysis, “SLIDE”, which were made by a series of modulations, which are subject to change according to the features encountered in the actual intervention ground. If these conditions found during surgery vary considerably terrain modeled for numerical programs, you need to make the necessary changes in the patterns of stability, subject to verification by exploring new geotechnical studies on work in progress designed as an alternative initial mitigation of landslide stability.

* Project of grade

** Faculty of Engineering Physicomechanical, School of Civil Engineering, MSc in Geotechnical.
Celis Hebenly Leguizamo Director Hebenly Celis Leguizamo

INTRODUCCIÓN

Los cambios climáticos que actualmente afectan a Colombia, incrementan las precipitaciones en las diferentes regiones, deteriorando la infraestructura vial, reflejada en deslizamientos, pérdida de banca, destrucción de estructuras de puentes, alcantarillas, muros de contención entre otros. Para atender estas emergencias, las entidades estatales han creado programas de inversión que permiten intervenir las zonas susceptibles que han sido afectadas por fenómenos; dando así soluciones técnicas apropiadas que permitan la movilidad entre los municipios y el intercambio económico, además de la seguridad vial requerida.

El Departamento de Santander tiene a cargo la Red Vial Secundaria y dentro de sus funciones realiza el mantenimiento de los corredores viales atendiendo los sitios críticos que en los que se generan intransitabilidad.

Bajo este contexto, el presente documento presenta el estudio realizado al movimiento del talud ubicado en el corredor vial San Gil – Charalá – Duitama, en el punto de referencia K6+100, el cual se analiza mediante modelos geológicos-geotécnicos de las laderas. El talud ha presentado deslizamientos y se encuentran en inminente amenaza por remoción en masa sobre el tramo vial de estudio.

Para la calibración de los modelos de estabilidad de taludes se muestra un análisis del terreno en condiciones actuales, identificándose la topografía y los perfiles de suelo y roca presentes sobre el área en estudio y por medio del comportamiento del terreno observado en campo, se realiza la calibración de las propiedades geotécnicas del suelo, que se corroboraran con los resultados de laboratorio, para la posterior estabilidad de las laderas y se plantea las medidas de mitigación como obras de estabilización y prevención.

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La vía secundaria que comunica los Municipios de San Gil – Charalá – Duitama está ubicada en una zona con presencia de Suelos Residuales, Suelos Coluviales y Suelos Aluviales de cauce Activo, cuyo comportamiento geotécnico está ligado a su origen y a factores como el clima, uso del suelo y como factor detonante principal, las intensas lluvias por la cual se caracteriza la región ubicada.

El tema se considera de alto interés geotécnico, ya que está relacionado con la posible ocurrencia de un deslizamiento complejo que afectaría la infraestructura vial del Departamento de Santander, en un tramo importante de la vía San Gil – Charalá – Duitama ubicado en la abscisa K6+100 y que afectaría el acceso a varias cabeceras municipales como Coromoro, Charalá, Encino y el vecino Departamento de Boyacá. Debido a la complejidad del deslizamiento, se buscan las alternativas geotécnicas que mitiguen el problema de inestabilidad considerando que la ocurrencia de falla generaría consecuencias de orden económico y social.

2. OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GENERAL

Estudio del movimiento del talud ubicado en el corredor vial San Gil - Charalá – Duitama, sector k6+100.

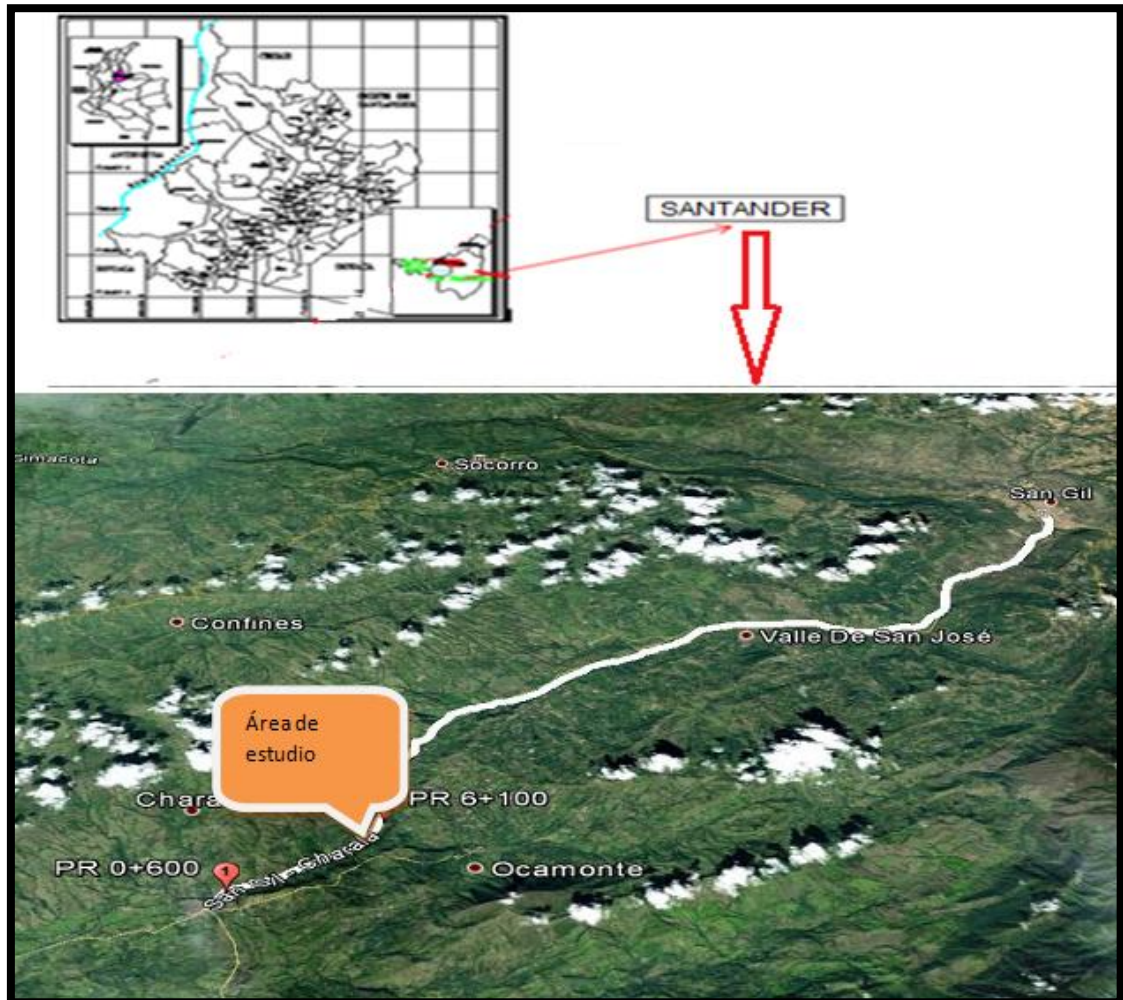
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Caracterizar el sector de la vía ubicado en la abscisa k6+100 de la vía San Gil – Charalá - Duitama en los aspectos: geológicos, geotécnicos, geomorfológicos y topográficos.
- Analizar los modelos estabilidad del talud mediante el software slide.
- Diseñar obras de mitigación y presupuesto de obra.

3. LOCALIZACIÓN Y DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROYECTO

El fenómeno de remoción en masa objeto de estudio se encuentra en el corredor vial que conecta los Municipios de San Gil – Charalá-Duitama en el punto de referencia K6+100, ubicado en la provincia Guanentina del Departamento de Santander, en la ilustración 1, se observa la ubicación de la vía y el punto crítico del talud.

Ilustración 1. Localización general del proyecto



Fuente. Google Earth

El proyecto consiste en la realización de un estudio geotécnico para la estabilización de las laderas y taludes que presentan fenómenos de remoción en masa con características de deslizamientos mixtos, que se ven aceleradas por la falta de manejo de las aguas de escorrentía, debido a la carencia de obras de control y manejo de drenajes. Lo anterior se ha visto acentuado por la ola invernal que afecto la zona desde el 2011, lo cual ha contribuido al incremento de los procesos erosivos y saturación de suelos.

Los movimientos en masa son procesos de la Geodinámica Externa, los cuales modifican las diferentes formas del terreno. Los deslizamientos, a su vez, son la principal manifestación de los movimientos en masa.¹

Los deslizamientos, como todos los movimientos en masa, involucran el movimiento, pendiente abajo, de los materiales que componen la ladera bajo la influencia de la gravedad y pueden ser disparados por lluvias, sismos y actividad humana.

3.1 TIPOS DE MOVIMIENTOS

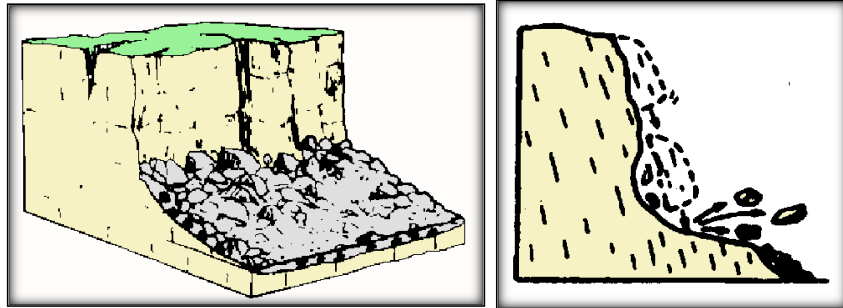
Los deslizamientos pueden ocurrir como: caídas, basculamientos, separaciones laterales, deslizamientos o flujos.

Caídas: Masas desprendidas de pendientes muy fuertes o escarpes, que se mueven en caída libre, dando tumbos (saltos) o ruedan ladera abajo (Ilustración 2)

Basculamientos: Rotación de uno o más elementos alrededor de un punto pivote (Ilustración 3).

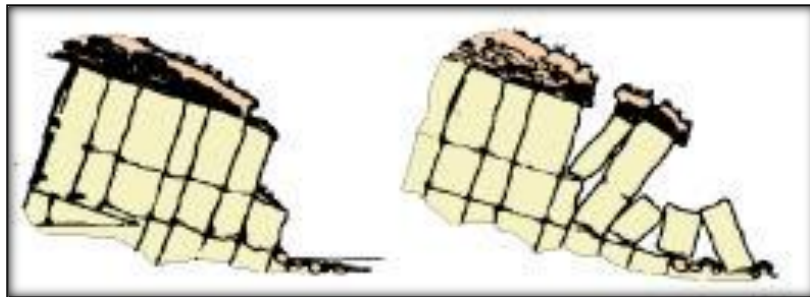
¹ MORA CHINCHILLA Rolando, Fundamentos Sobre Deslizamientos. Citado 14/08/2012 19:30 Disponible en Internet <http://www.bvsde.paho.org/bvsade/e/fulltext/uni/conf15.pdf>

Ilustración 2. Caída de rocas



Fuente. Varnes, 1978

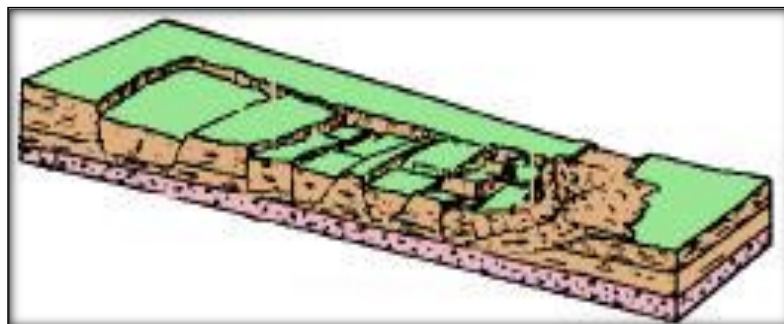
Ilustración 3. Basculamiento de columnas de roca



Fuente. Varnes, 1978

Separaciones laterales: Movimiento de extensión lateral acompañado por fracturamiento cortante o tensional (Ilustración 4).

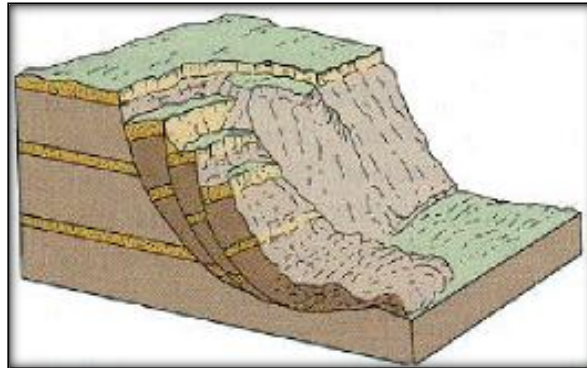
Ilustración 4. Separación lateral



Fuente. Varnes, 1978

Deslizamientos: Desplazan masas a lo largo de uno o más planos discretos. Pueden ser rotacionales o traslacionales en su movimiento. El movimiento rotacional se da donde la superficie de ruptura es curva, la masa rota hacia atrás alrededor de un eje paralelo a la ladera (Ilustración 5).

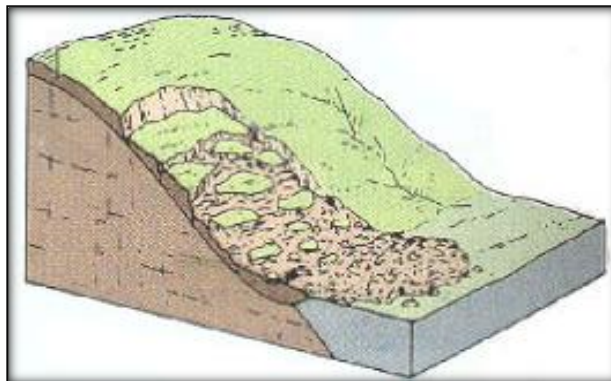
Ilustración 5. Deslizamiento rotacional



Fuente. Skinner & Porter, 1992

El movimiento traslacional se da cuando la superficie de ruptura es más o menos planar suavemente ondulante y la masa se mueve paralela a la superficie del terreno (Ilustración 6).

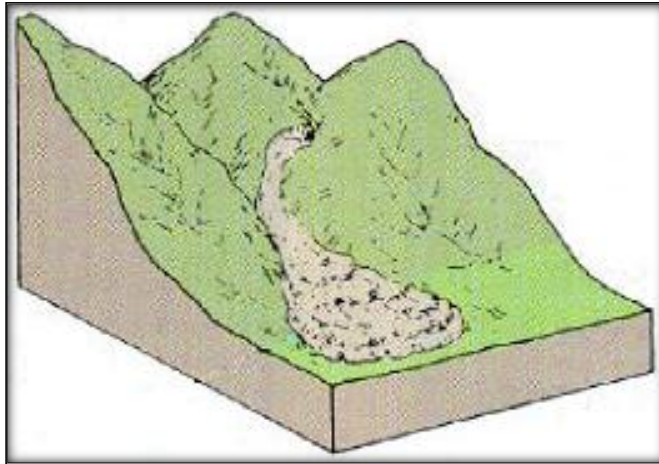
Ilustración 6. Deslizamiento traslacional



Fuente. Skinner & Porter, 1992

Flujos: Masas que se mueven como unidades deformadas, viscosas, sin un plano discreto de ruptura (Ilustración 7).

Ilustración 7. Flujo de detritos



Fuente. Skinner & Porter, 1992

3.2 NOMENCLATURA DE LOS DESLIZAMIENTOS

Debido a que un deslizamiento involucra una masa de suelo o roca moviéndose ladera abajo, este puede ser descrito con base en las diferencias entre la masa que forma el deslizamiento y la ladera que no ha fallado.

La ladera que no ha fallado se puede definir como la superficie original de terreno. Esta es, a su vez, la superficie que existía antes de que el movimiento se diera (Fotografía 1). Si esta es la superficie de un deslizamiento antiguo, el hecho debe resaltarse, pues se trata de una reactivación del deslizamiento.

Fotografía 1. Deslizamiento Quebradas, Santa Ana, Costa Rica, se aprecia la superficie original del terreno



Fuente. R. Mora

La masa que se ha movido se conoce como el material desplazado, es decir, es el material que se ha movido de su posición original en la ladera. El mismo puede encontrarse en un estado deformado o no deformado (Fotografía 2).

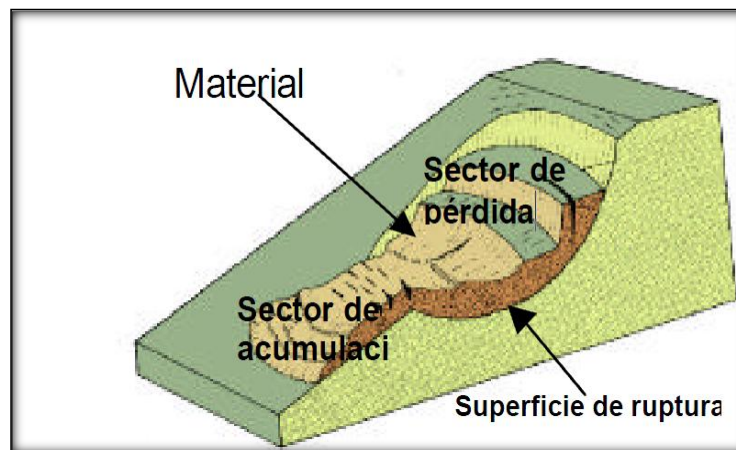
Fotografía 2. Material desplazado en estado deformado, deslizamiento Tapezco, Santa Ana, Costa Rica



Fuente. R. Mora

El material desplazado sobreyace dos sectores distintos. El sector de pérdida es el área dentro de la cual el material desplazado descansa bajo la superficie original del terreno y está definido por la superficie de ruptura (Ilustración 8). En el caso de que no quede material sobre la superficie de ruptura o donde ha ocurrido flujo en vez de ruptura, es más conveniente utilizar el término área fuente. El sector de acumulación es el área donde el material desplazado descansa sobre la superficie del terreno (Fig. 2.3). Este sector es definido por la superficie de separación subyacente, la cual separa el material desplazado del material estable, en el cual no se ha desarrollado ruptura alguna. En algunas ocasiones es mejor llamar a este sector área de depositación.

Ilustración 8. Nomenclatura de un deslizamiento



Fuente. Varnes, 1978

3.3 PARTES DE UN DESLIZAMIENTO

Corona: Sector de la ladera que no ha fallado y localizada arriba del deslizamiento. Puede presentar grietas, llamadas grietas de la corona.

Escarpe principal: Superficie de pendiente muy fuerte, localizada en el límite del deslizamiento y originada por el material desplazado de la ladera. Si este escarpe se proyecta bajo el material desplazado, se obtiene la superficie de ruptura.

Escarpe menor: Superficie de pendiente muy fuerte en el material desplazado y producida por el movimiento diferencial dentro de este material.

Punta de la superficie de ruptura: La intersección (algunas veces cubierta) de la parte baja de la superficie de ruptura y la superficie original del terreno.

Cabeza: La parte superior del material desplazado a lo largo de su contacto con el escarpe principal.

Tope: El punto más alto de contacto entre el material desplazado y el escarpe principal.

Cuerpo principal: La parte del material desplazado que sobreyace la superficie de ruptura localizada entre el escarpe principal y la punta de la superficie de ruptura.

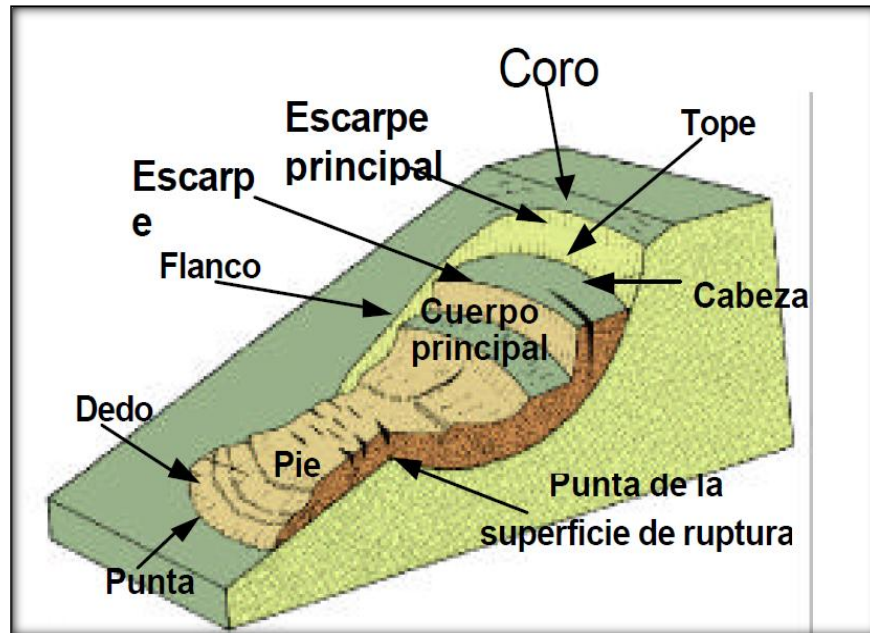
Flanco: Lado del deslizamiento.

Pie: La porción de material desplazado que descansa ladera abajo desde la punta de la superficie de ruptura.

Dedo: El margen del material desplazado más distante del escarpe principal.

Punta: El punto en el pie más distante del tope del deslizamiento.

Ilustración 9. Partes de un deslizamiento



Fuente. Varnes, 1978

3.4 OTRAS CARACTERÍSTICAS DE UN DESLIZAMIENTO

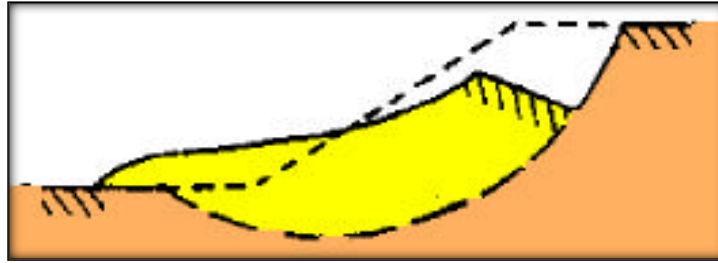
Algunas veces se torna necesario describir el crecimiento de un deslizamiento. Se sugieren algunos términos en función de cómo la ruptura se propaga en relación con la dirección de movimiento.

Ruptura retrogresiva: Ampliación del deslizamiento en la dirección opuesta a su movimiento.

Ruptura en avance: Ampliación del deslizamiento en la dirección del movimiento. Donde la ampliación se da en ambas direcciones, se utiliza el término progresivo.

Movimiento simple: Movimiento rotacional o translacional de una masa individual a lo largo de una superficie de ruptura particular (Ilustración 10).

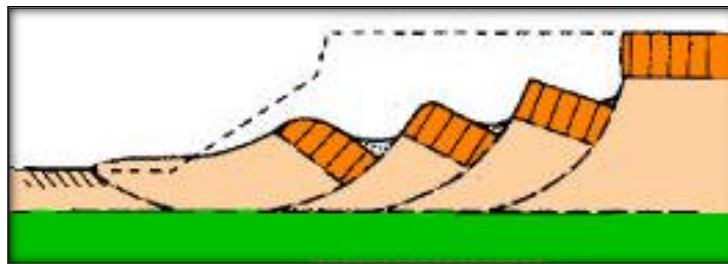
Ilustración 10. Movimiento simple



Fuente. Hutchinson, 1968

Movimiento múltiple: una o más masas con el mismo tipo de movimiento a lo largo de dos o más superficies de ruptura distintas (Ilustración 11).

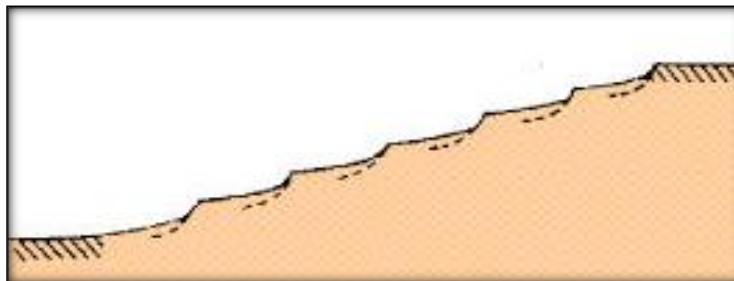
Ilustración 11. Movimiento múltiple



Fuente. Hutchinson, 1968

Si un movimiento múltiple se desarrolla a lo largo de un período de tiempo, se utiliza el término movimiento sucesivo (Ilustración 12).

Ilustración 12. Movimiento sucesivo



Fuente. Hutchinson, 1968

3.5 CLASIFICACIÓN DE LOS MOVIMIENTOS

Mora menciona que Varnes (1978) (tabla 1), la cual utiliza el tipo de movimiento y la naturaleza del material. Posteriormente, la geometría, el movimiento y otras características son empleadas para definir subcategorías discretas.²

Tabla 1. Clasificación de los deslizamientos

TIPO DE MOVIMIENTO			TIPO DE MATERIAL		
			ROCAS	SUELOS INGENIERILES	
CAIDAS			CAIDA DE ROCAS	CAIDA DE DETRITOS	CAIDA DE TIERRA
VOLCAMIENTOS			VOLCAMIENTO DE ROCAS	VOLCAMIENTOS DE DETRITOS	VOLCAMIENTOS DE TIERRA
DESlizAMIENTO	ROTACIONAL	ROCA HOMOGENEA	HUNDIMIENTOS DE ROCA	HUNDIMIENTO DE DETRITOS	HUNDIMIENTO DE TIERRA
	TRANSLACIONAL	HETEROGENEIDAD LITOLOGICA	DESlizAMIENTO DE BLOQUES DE ROCA	DESlizAMIENTO DE BLOQUES/D	DESlizAMIENTO DE BLOQUES/TIERRA
PROPAGACION LATERAL			DE ROCAS	DE DETRITOS	DE TIERRAS
FLUJOS			FLUJO DE ROCAS Deep creep	FLUJOS DE DETRITOS	FLUJOS DE TIERRAS
				REPTACION	
MOVIMIENTOS COMPLEJOS			COMBINACION DE DOS O MAS TIPOS DE MOVIMIENTOS		

Fuente. Varnes, 1978

3.5.1 Clasificación de los Deslizamientos

Un deslizamiento es un movimiento ladera abajo de una masa de suelos o rocas, que ocurre predominantemente a lo largo de una superficie de ruptura o zonas relativamente delgadas de intensa deformación cortante (Cruden & Varnes, 1996).

² MORA CHINCHILLA Rolando, Fundamentos Sobre Deslizamientos. Citado 14/08/2012 19:30 Disponible en Internet <http://www.bvsde.paho.org/bvsade/e/fulltext/uni/conf15.pdf>

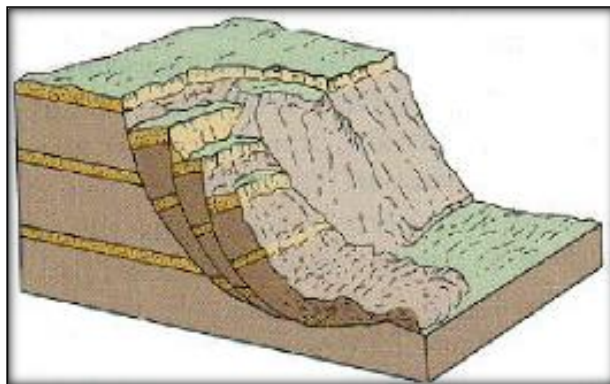
Inicialmente, el movimiento no ocurre simultáneamente a lo largo de lo que, eventualmente, será la superficie de ruptura; el volumen de material desplazado se incrementa a partir de un área de falla local (Cruden & Varnes, 1996).

Muchas veces, los primeros signos de movimiento son grietas en la superficie original del terreno, a lo largo de lo que más tarde será el escarpe principal del deslizamiento (Cruden & Varnes, 1996).³

El material desplazado puede deslizarse más allá de la punta de la superficie de ruptura, cubriendo la superficie original del terreno, la cual, a su vez, se convierte en superficie de separación (Cruden & Varnes, 1996).

3.5.1.1 Deslizamientos rotacionales. Estos deslizamientos se mueven a lo largo de superficies de ruptura curvas y cóncavas, con poca deformación interna del material. La cabeza del material desplazado se mueve verticalmente hacia abajo, mientras que la parte superior del material desplazado se bascula hacia el escarpe (Cruden & Varnes, 1996).

Ilustración 13. Deslizamiento rotacional



Fuente. Skinner & Porter, 1992

³ MORA CHINCHILLA Rolando, Fundamentos Sobre Deslizamientos. Citado 14/08/2012 19:30 Disponible en Internet <http://www.bvsde.paho.org/bvsade/e/fulltext/uni/conf15.pdf>

El escarpe principal es prácticamente vertical y carente de soporte, por lo que se pueden esperar movimientos posteriores que causen retrogresión del deslizamiento a la altura de la corona (Cruden & Varnes, 1996).

Ilustración 14. Escarpe principal, deslizamiento Tapezco, Costa Rica



Fuente. R. Mora

Ocasionalmente, los márgenes laterales de la superficie de ruptura pueden ser los suficientemente altos y empinados, como para producir deslizamientos hacia la zona de pérdida (Cruden & Varnes, 1996).

Ilustración 15. Margen lateral con deslizamientos hacia la zona de pérdida, deslizamiento Tapezco, Costa Rica

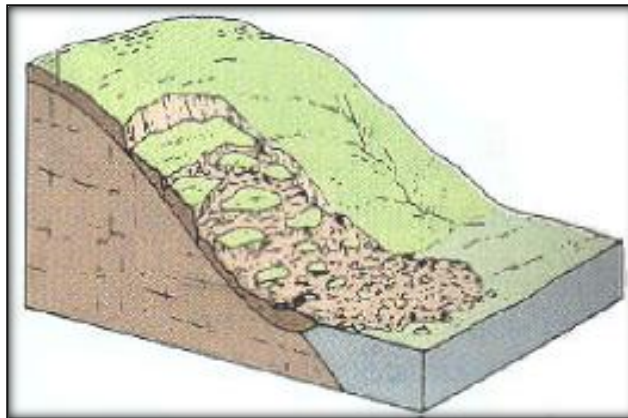


Fuente. R. Mora

El agua de escorrentía o un nivel freático somero pueden causar el desarrollo de lagunas en las secciones basculadas de material desplazado, lo que a su vez, mantiene el material saturado y perpetúa el movimiento hasta que se desarrolle una pendiente suficientemente baja (Cruden & Varnes, 1996).

3.5.1.2 Deslizamientos Translacionales. La masa se desplaza a lo largo de una superficie de ruptura plana o suavemente ondulada y superponiéndose a la superficie original del terreno (Cruden & Varnes, 1996).

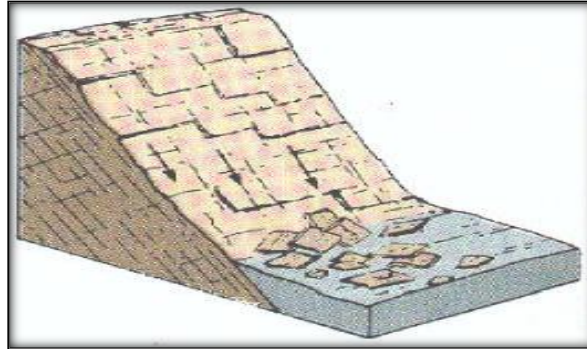
Ilustración 16. Deslizamiento translacional de detritos



Fuente. Skinner & Porter, 1992

La superficie de ruptura usualmente se orienta a lo largo de discontinuidades como fallas, juntas, planos de estratificación o el contacto entre roca y suelos residuales o transportados (Cruden & Varnes, 1996).

Ilustración 17. Deslizamiento translacional a lo largo de planos de estratificación



Fuente. Skinner & Porter, 1992

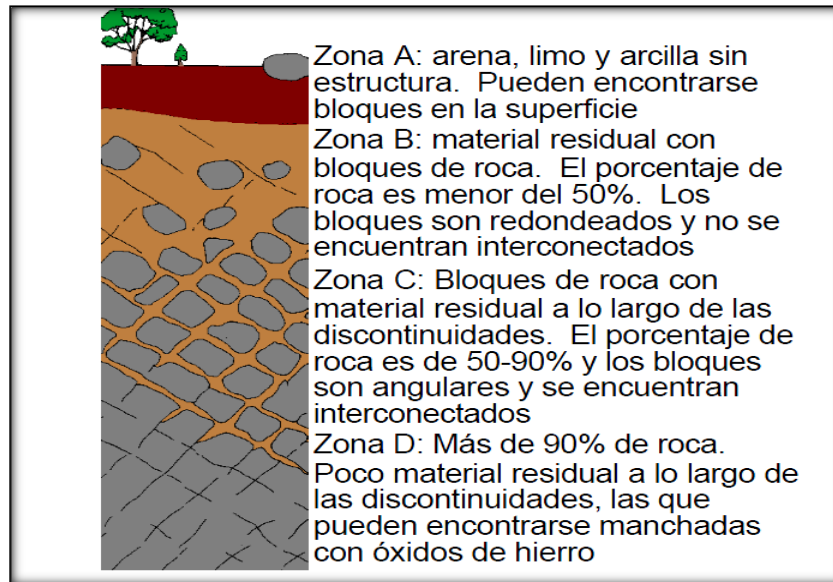
En los deslizamientos traslacionales la masa desplazada puede también fluir, convirtiéndose en un flujo de detritos ladera abajo (Cruden & Varnes, 1996).

3.6 TIPOS DE MATERIALES

Los deslizamientos pueden involucrar desplazamientos en roca, suelo o una combinación de ambos. Roca se refiere a la roca dura o firme, la cual se encontraba intacta y en su sitio antes del movimiento. Suelo se entiende como un conjunto de partículas sueltas, no consolidadas o roca pobremente cementada o agregados inorgánicos. El suelo puede ser residual formado en el sitio (Ilustración 18) o material transportado.

El suelo se puede describir como detritos (suelo de grano grueso) o suelo propiamente dicho (suelo de grano fino). El detrito es un suelo con un 20 a 80% de fragmentos mayores de 2 mm. Suelo fino es el que está compuesto de más del 80% de fragmentos menores de 2 mm.

Ilustración 18. Perfil idealizado de suelo residual



Fuente. Ruxton & Berry. 1957

3.6.1 Los Suelos Residuales

Suarez (2009) relaciona a (Brand y Phillipson,1985) que 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.

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. También algunas formaciones de suelos aluviales de edad Cuaternario han sido

meteorizadas en tal forma que pueden asimilarse en su comportamiento a los suelos residuales.⁴

3.6.1.1 Los Coluviones. Suarez (2009) define que coluviones se les encuentra muy relacionados con los suelos residuales especialmente como abanicos coluviales en el pié 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, 1985).

3.7 METODOLOGÍAS PARA ANÁLISIS DE ESTABILIDAD

Existe una gran cantidad de metodologías para la modelación matemática, la cual depende del objetivo del análisis y de los resultados que se deseen

⁴ SUAREZ DÍAZ, Jaime. Mecanismos de activación de deslizamientos. Citado (H- 15:18 F- 18/05/12). disponible en internet: http://ocw.uis.edu.co:8080/ingenieria-civil/estabilidad-de-taludes/clase2/Mecanismos_de_activacion_de_deslizamientos.pdf.

obtener. Los objetivos principales del análisis matemático de los taludes son los siguientes:

- Determinar las condiciones de estabilidad del talud (si es estable o inestable, y el margen de estabilidad).
- Investigar los mecanismos potenciales de falla (analizar cómo ocurre la falla).
- Determinar la sensibilidad o susceptibilidad de los taludes a diferentes mecanismos de activación (Efecto de las lluvias, sismos, etc.).
- Comparar la efectividad de diferentes opciones de remediación o estabilización, y su efecto sobre la estabilidad del talud.
- Diseñar los taludes óptimos en término de seguridad, confiabilidad y economía.⁵

Dentro de las metodologías disponibles se encuentran los métodos de límite de equilibrio, los métodos numéricos y los métodos dinámicos para análisis de caídos de roca y flujos, entre otros.⁶

Los métodos numéricos son la técnica que muestra la mejor aproximación al detalle de las condiciones de estabilidad en la mayoría de casos de evaluación de estabilidad de taludes.

Sin embargo, los métodos de límite de equilibrio, son más sencillos de utilizar y permiten analizar los casos de falla traslacional y de falla rotacional, así como fallas de inclinación (“Toppling”) y fallas en cuña. Igualmente, los métodos de límite de equilibrio permiten análisis combinado con técnicas probabilísticas (Stead y otros, 2000).

⁵ SUAREZ, Jaime Análisis de Estabilidad, capítulo cuatro , Volumen 1 Análisis geotécnico, primera edición, febrero de 2009, División de Publicaciones UIS Pág 127

⁶ Ibid., p. 128

En el caso de sistemas de falla complejos, es conveniente utilizar metodologías de modelación que tengan en cuenta los factores que producen los movimientos. Los factores que generan el deslizamiento pueden ser complejos y muy difíciles de modelar; sin embargo, con el objeto de analizar esas situaciones complejas, existen algunas herramientas utilizando elementos finitos, diferencias finitas, elementos discretos y modelos dinámicos.

Igualmente, se pueden integrar al análisis modelaciones de hidrogeología y las solicitaciones sísmicas.⁷

3.8 CARACTERISTICAS DEL ANALISIS DE LÍMITE DE EQUILIBRIO

Un análisis de límite de equilibrio permite obtener un factor de seguridad, o a través de un análisis regresivo obtener los valores de la resistencia al cortante en el momento de la falla. Una vez se ha determinado las propiedades de resistencia al cortante de los suelos, las presiones de poros y otras propiedades del suelo y del talud, se puede proceder a calcular el factor de seguridad del talud.

Este análisis de estabilidad consiste en determinar si existe suficiente resistencia en los suelos del talud para resistir los esfuerzos de cortante que tienden a causar la falla o deslizamiento.

La mayoría de los métodos de límite de equilibrio tienen en común la comparación de las fuerzas o momentos resistentes y actuantes sobre una determinada superficie de falla. Las variaciones principales de los diversos

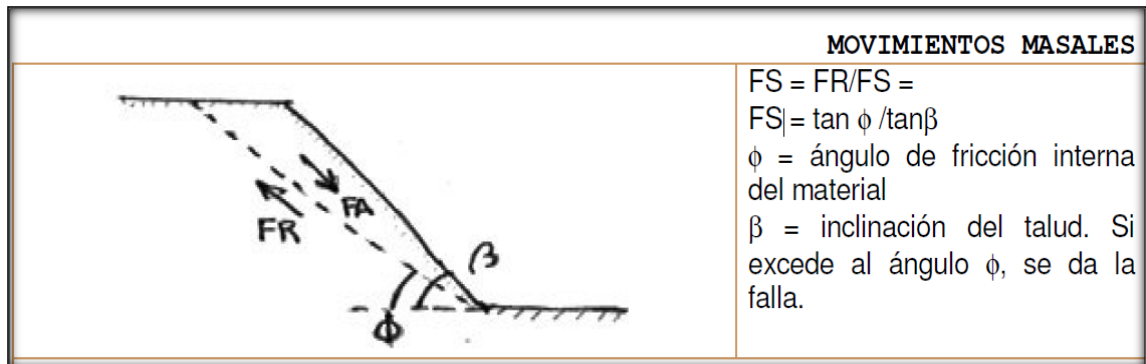
⁷ SUAREZ, Jaime Análisis de Estabilidad, capítulo cuatro , Volumen 1 Análisis geotécnico, primera edición, febrero de 2009, División de Publicaciones UIS Pág 128

métodos son el tipo de superficie de falla y la forma cómo actúan las fuerzas internamente sobre la superficie de falla.⁸

3.8.1 Concepto de factor de seguridad (F. S.)

El factor de seguridad es empleado por los Ingenieros para conocer cuál es el factor de amenaza de que el talud falle en las peores condiciones de comportamiento para el cual se diseña. Fellenius (1922) presentó el factor de seguridad como la relación entre la resistencia al corte real, calculada del material en el talud y los esfuerzos de corte críticos que tratan de producir la falla, a lo largo de una superficie supuesta de posible falla:⁹

Ilustración 19. Falla de un talud friccionante. Obsérvese la geometría plana de la superficie de falla



Fuente. DUQUE Gonzalo, 2002

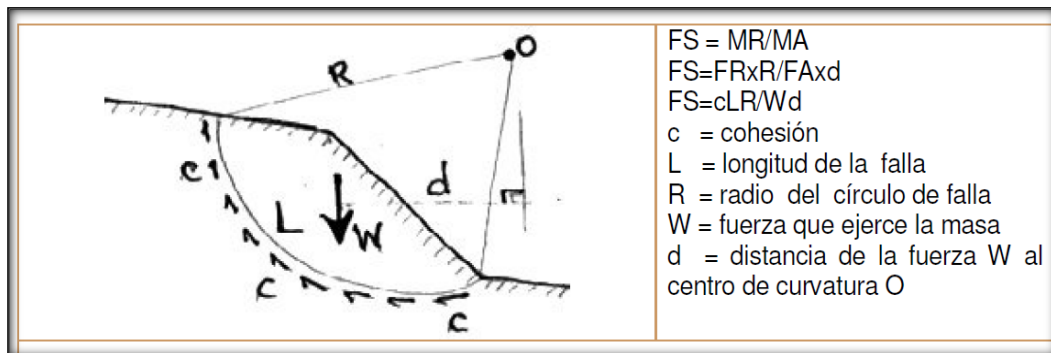
Existen además, otros sistemas de plantear el factor de seguridad, tales como la relación de altura crítica, altura real del talud y métodos probabilísticos, así como tablas empíricas locales basadas en el comportamiento típico de los taludes.

⁸ Ibid., P. 130

⁹ SUAREZ, Jaime Análisis de Estabilidad, capítulo cuatro, Volumen 1 Análisis geotécnico, primera edición, febrero de 2009, División de Publicaciones UIS Pág 130

La mayoría de los sistemas de análisis asumen un criterio de “límite de equilibrio” donde el criterio de falla de Coulomb es satisfecho a lo largo de una determinada superficie. Se estudia un cuerpo libre en equilibrio, partiendo de las fuerzas actuantes y de las fuerzas resistentes que se requieren para producir el equilibrio. Calculada esta fuerza resistente, se compara con la disponible del suelo o roca y se obtiene una indicación del factor de seguridad.

Ilustración 20. Falla de un talud cohesivo. Obsérvese la tendencia circular de la superficie de falla



Fuente. DUQUE Gonzalo, 2002

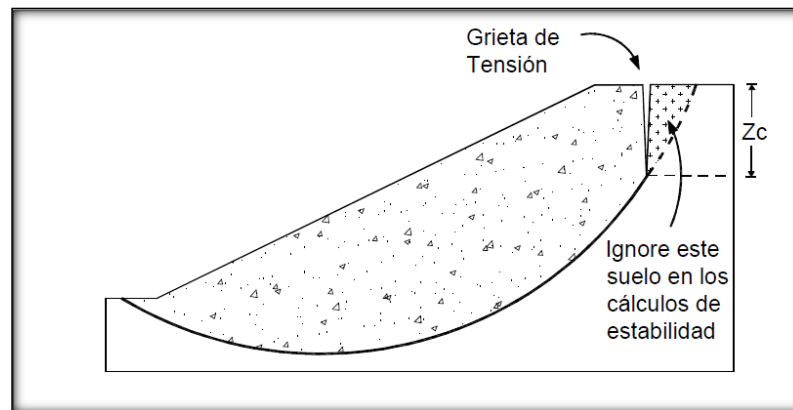
Otro criterio es el de dividir la masa a estudiar en una serie de tajadas, dovelas o bloques y considerar el equilibrio de cada tajada por separado. Una vez realizado el análisis de cada tajada se analizan las condiciones de equilibrio de la sumatoria de fuerzas o de momentos.

3.8.2 Concepto de superficie de falla

El término superficie de falla se utiliza para referirse a una superficie asumida a lo largo de la cual puede ocurrir el deslizamiento o rotura del talud (Ilustración 21); sin embargo, este deslizamiento o rotura no ocurre a lo largo de esas superficies si el talud es diseñado adecuadamente. En los métodos de límite de equilibrio el factor de seguridad se asume que es igual para todos los puntos a lo

largo de la superficie de falla, por lo tanto este valor representa un promedio del valor total en toda la superficie de falla. Si la falla ocurre, los esfuerzos de cortante serían iguales en todos los puntos a todo lo largo de la superficie de falla.¹⁰

Ilustración 21. Esquema de una grieta de tensión para análisis de límite de equilibrio



Fuente. U.S. Corps of Engineers, 2003

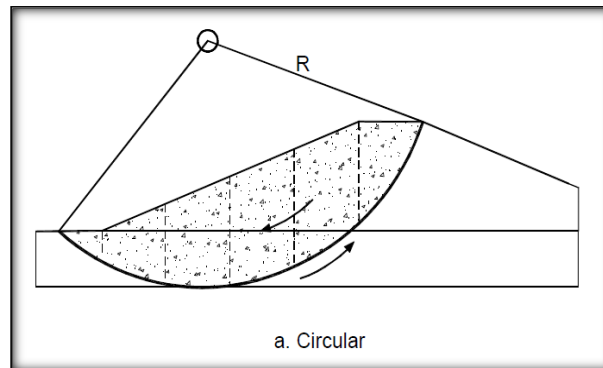
Generalmente se asume un gran número de superficies de falla para encontrar la superficie de falla con el valor mínimo de factor de seguridad, la cual se denomina "superficie crítica de falla". Esta superficie crítica de falla es la superficie más probable para que se produzca el deslizamiento; sin embargo, pueden existir otras superficies de falla con factores de seguridad ligeramente mayores, los cuales también se requiere tener en cuenta para el análisis.

3.8.2.1 Formas de la superficie de falla. Las técnicas de límite de equilibrio se utilizan cuando las fallas corresponden a deslizamientos de traslación o de rotación sobre superficies de falla determinadas (Ilustraciones 22, 23 y 24). Se pueden estudiar superficies planas, circulares, logarítmicas, parabólicas y

¹⁰ SUAREZ, Jaime Análisis de Estabilidad, capítulo cuatro, Volumen 1 Análisis geotécnico, primera edición, febrero de 2009, División de Publicaciones UIS Pág130

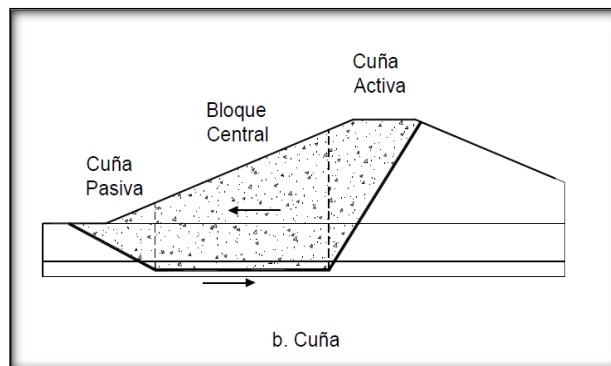
combinaciones de ellas. En los últimos años se han desarrollado algunos modelos de superficies de falla con forma no geométrica.¹¹

Ilustración 22. Superficie de falla de forma circular



Fuente. U.S. Corps of Engineers, 2003

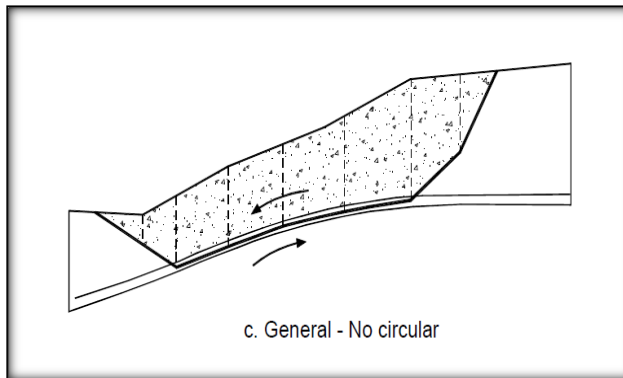
Ilustración 23. Superficie de falla de forma curva



Fuente. U.S. Corps of Engineers, 2003

¹¹ SUAREZ, Jaime Análisis de Estabilidad, capítulo cuatro , Volumen 1 Análisis geotécnico, primera edición, febrero de 2009, División de Publicaciones UIS Pág 131

Ilustración 24. Superficie de falla de forma curva



Fuente. U.S. Corps of Engineers, 2003

3.8.2.2 Análisis de superficies planas. Cuando existen discontinuidades planas en la roca o en suelo del talud, se acostumbra realizar análisis de falla a traslación. Esta técnica asume el deslizamiento traslacional de un cuerpo rígido a lo largo de un plano o a lo largo de la intersección de dos planos como el caso de la falla en cuña.¹²

3.8.2.3 Análisis de superficies curvas. En suelos o rocas blandas las superficies de falla a deslizamiento tienden a tener una superficie curva, estas superficies se les conocen como “círculos de falla o superficies de falla rotacionales”. En los análisis de estabilidad se debe determinar la localización de la superficie crítica de falla y el factor de seguridad a lo largo de esta superficie.¹³

La existencia de grietas de tensión aumenta la tendencia de un suelo a fallar la longitud de la superficie de falla a lo largo de la cual se genera resistencia es reducida y adicionalmente la grieta puede llenarse con agua, en el caso de lluvias, pueden generarse presiones de poros transitorias que afectan la estabilidad del talud.¹⁴

¹² SUAREZ, Jaime Análisis de Estabilidad, capítulo cuatro, Volumen 1 Análisis geotécnico, primera edición, febrero de 2009, División de Publicaciones UIS Pág 131

¹³ Ibid., P. 131

¹⁴ Ibid., P. 131

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. Cada día se han mejorado los sistemas de dovelas desarrollados por Petterson y Fellenius (1936). Algunos métodos son precisos y otros solamente aproximados. Los métodos de Bishop (1955) y Janbú (1954) 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 (1965) y Spencer (1967), 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.¹⁵

¹⁵ SUAREZ, Jaime Análisis de Estabilidad, capítulo cuatro , Volumen 1 Análisis geotécnico, primera edición, febrero de 2009, División de Publicaciones UIS Pág 135

Tabla 2. Listado de tablas para cálculo de estabilidad de taludes disponibles en la literatura

Autor	Parámetros	Inclinación de talud	Método analítico utilizado	Observaciones
Taylor (1966)	c_u c, ϕ	0-90° 0-90°	$\phi = 0$ Círculo de fricción	Análisis no drenado. Taludes secos solamente.
Bishop y Morgenstern (1960)	c, ϕ, r_u	11-26.5°	Bishop	Primero en incluir efectos del agua.
Gibsson y Morgenstern	c_u	0-90°	$\phi = 0$	Análisis no drenado con cero resistencia en la superficie y c_u aumenta linealmente con la profundidad.
Spencer (1967)	c, ϕ, r_u	0-34°	Spencer	Círculos de pie solamente.
Janbú (1968)	c_u c, ϕ, r_u	0-90°	$\phi = 0$ Janbú GPS	Una serie de tablas para diferentes efectos de movimiento de agua y grietas de tensión.
Hunter y Schuster (1968)	c_u	0-90°	$\phi = 0$	Análisis no drenado con una resistencia inicial en la superficie y c_u aumenta linealmente con la profundidad.
Chen y Giger (1971)	c, ϕ	20-90°	Análisis límite	
O'Connor y Mitchell (1977)	c, ϕ, r_u	11-26°	Bishop	Bishop y Morgenstern (1960) extendido para incluir $N_c = 0.1$
Hoek y Bray (1977)	c, ϕ c, ϕ	0-90° 0-90°	Círculo de fricción Cuña	Incluye agua subterránea y grietas de tensión. Análisis de bloque en tres dimensiones.
Cousins (1978)	c, ϕ	0-45°	Círculo de fricción	Extensión del método de Taylor (1966).
Charles y Soares (1984)	ϕ	26-63°	Bishop	Envolvente de falla no lineal de Mohr-Coulomb.
Barnes (1991)	c, ϕ, r_u	11-63°	Bishop	Extensión de Bishop y Morgenstern (1960) para un rango mayor de ángulos del talud.

Fuente. SUAREZ, 2009

Tabla 3. Métodos de análisis de estabilidad taludes

Método	Superficies de falla	Equilibrio	Características
Talud infinito	Rectas	Fuerzas	Bloque delgado con nivel freático, falla paralela a la superficie.
Bloques o cuñas	Cuñas con tramos rectos	Fuerzas	Cuñas simples, dobles o triples analizando las fuerzas que actúan sobre cada cuña.
Espiral logarítmica (Frohlich, 1953)	Espiral logarítmica	Fuerzas y momentos	Superficie de falla en espiral logarítmica. El radio de la espiral varía con el ángulo de rotación.
Arco circular, (Fellenius, 1922)	Circulares	Momentos	Círculo de falla, el cual 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.

Fuente. SUAREZ, 2009

4. INFORMACIÓN RECOLECTADA

4.1 METODOLOGÍA DE TRABAJO

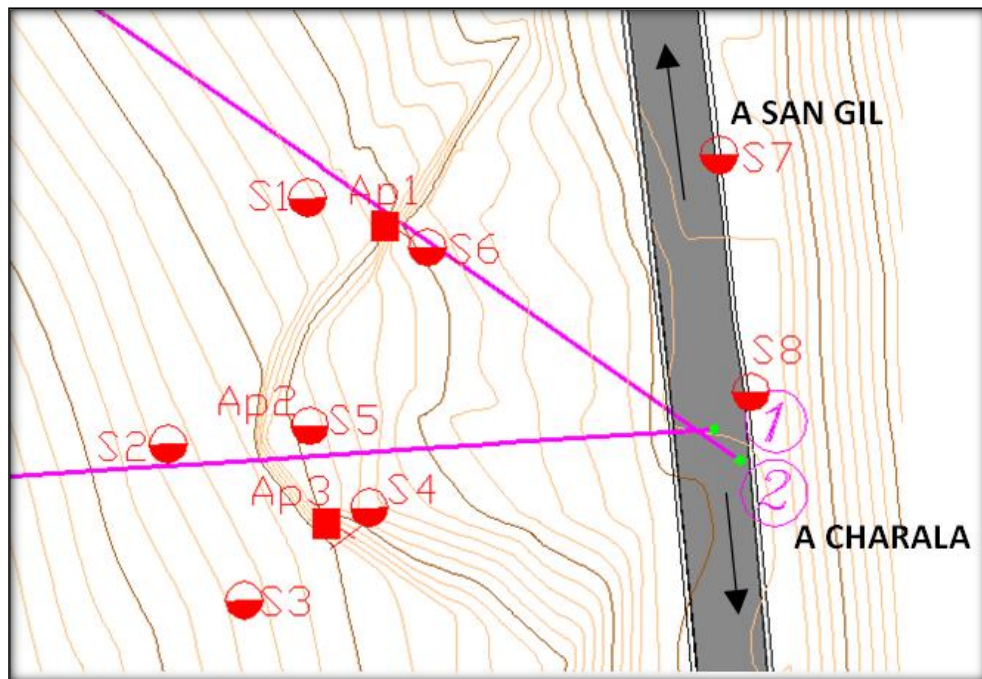
El análisis del movimiento del talud se aborda según las siguientes etapas de análisis:

- Levantamiento topográfico detallado del sector a escala 1: 1000 y perfiles topográficos.
- Identificación de las formaciones geológicas regionales del sector.
- Determinar las características sísmicas según norma NRS 2010.
- Caracterización mecánica de los suelos existentes mediante extracción de muestras para la realización de ensayos de corte directo, clasificación de suelos límites de consistencia y realización de sondeos SPT sobre los sectores críticos.
- Definir las características generales hidrológicas e hidráulicas del sector.
- Modelamiento geotécnico estático de las secciones transversales características de las zonas homogéneas en cada tramo, utilizando el software SLIDE para estabilización de laderas de la firma ROCSCIENCE.
- Calibración del modelo geológico geotécnico de acuerdo a las condiciones encontradas en el terreno, los resultados de laboratorio y la variación de las propiedades geotécnicas en los modelamiento geotécnicos.

- Identificación de los mecanismos de falla y agentes detonantes.
- Proponer obras preliminares de mitigación que se encuentran sujetas a cambios, de acuerdo a las características encontradas durante la intervención de los sectores.
- Diseño de medidas correctivas que minimicen el riesgo al deslizamiento total analizando la componente económica.

4.2 LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO

Ilustración 25. Planta Zona de Trabajo



Fuente. Autor

El levantamiento topográfico se realizó por medio de estación y se levantaron curvas de nivel cada metro, para la representación tridimensional del terreno.

La topografía del terreno muestra un terreno semi-escarpado sobre la ladera superior que presenta falla en el talud, con pendientes medias de 25% y con una distribución homogénea de las curvas de nivel sobre el sector inestable. También muestra detalles característicos de este tramo como las alcantarillas encontradas sobre la vía, la delimitación de los desplazamientos, que servirán de parámetros para la calibración del modelo geológico geotécnico.

4.3 GEOLOGÍA GENERAL

4.3.1 Marco Geológico Regional

Según los estudios de cartografía realizados por el INGEOMINAS para el área comprendida entre los municipios de San Gil y Charalá, en el Departamento de Santander se caracteriza la unidad estratigráfica denominada como Formación Arcabuco, como la unidad litoestratigráfica formal para esta zona.

4.3.1.1 Formación Arcabuco. Scheiba (1983), realiza la primera descripción bajo el nombre de areniscas de Arcabuco, al referirse a “areniscas en gruesos bancos con algunas capas de Arcilla Pizarrosa, la potencia descubierta excede considerablemente a los 300m”. Según Taborda (1952), el autor del nombre de esta formación corresponde a A.A. Olsson. Hubach, E. (1957b), redefine esta unidad y describe la Formación Arcabuco como un “conjunto de areniscas cuarzosas de color claro, en ocasiones de color Rojo, de grano fino hasta medio, su espesor sería de unos 800m”. Julivert (1958b), señala la presencia de algunos conglomerados. La localidad tipo es la sierra de Arcabuco y la sección se ha situado en la angostura del río pómecca desde Arcabuco hasta 7.5 km de aguas arriba. Etayo, F. (1968, p.56-58), plantea diversos conceptos históricos-nominales sobre la Formación Arcabuco considerándola en forma interrogada en equivalencia con la Formación Tambor.

Dentro del área del estudio la unidad aflora en los extremos suroriental y occidental de la (plancha 151, G8). La Formación está constituida en esta zona por capas de areniscas cuarzosas blancas a gris amarillentas, de grano medio fino, subangular, compactas, en estratificación planar y en bancos de espesor variable. Algunos niveles muestran estratificación cruzada.

Hacia la parte norte se observa claramente hasta la unión de los ríos Mogoticos y Guare (plancha 135, G11). De aquí hasta la Mesa de los Santos por la población de Curití y la parte baja de la mesa de Barichara, sobre el cañón del río Chicamocha y el Suárez, afloran sedimentos detríticos bastante similares a los de la Formación Arcabuco, los cuales han sido considerados como la parte basal del cretácico en el área de Santander e incluidos en la Formación Tambor (igual la Formación Los Santos, Cediell, 1989), Es de anotar sin embargo, que la Formación Tambor descrita en la región de la Mesa de Los Santos, difiere normalmente de la descripción original en su localidad tipo así como en las áreas donde ésta ha sido cartografiada.

Ilustración 26. Mapa de Geología Regional



Fuente: Tomado y Modificado Mapa Geológico de Santander - INGEOMINAS 2.001

4.3.2 Geología Estructural Regional

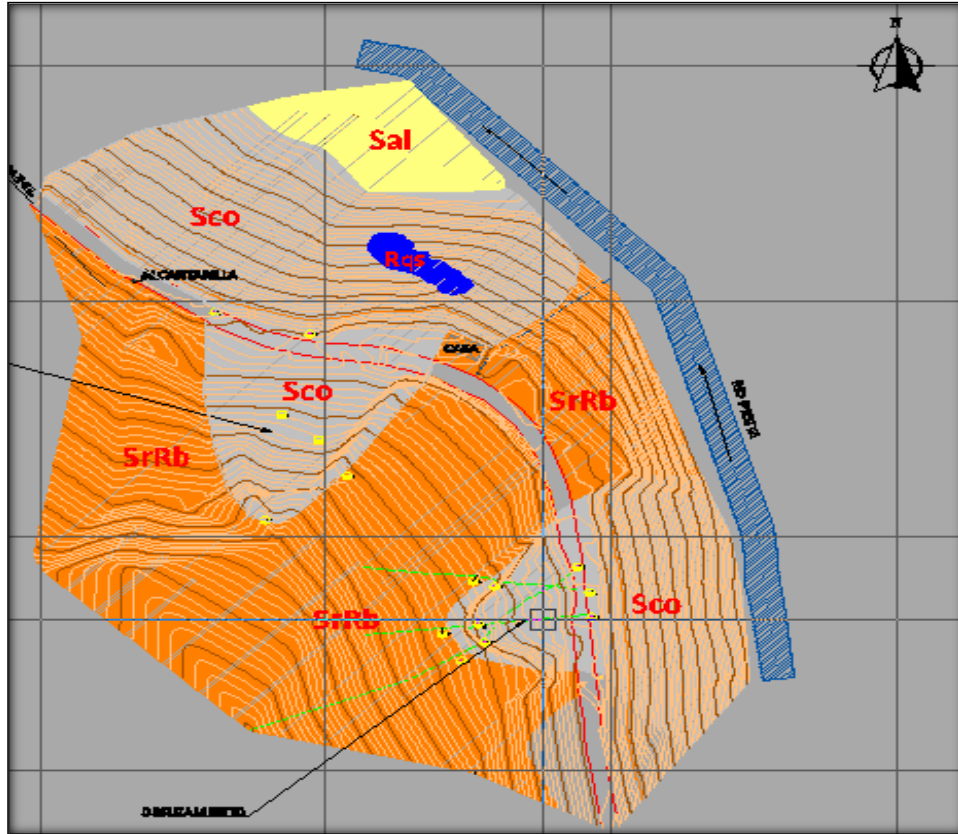
Teniendo en cuenta la información compilada en los trabajos realizados por el Ingeominas para esta zona reportados en la *Memoria explicativa de GEOLOGÍA DE LAS PLANCHAS 135 (SAN GIL) Y 151 (CHARALÁ) CUADRÁNGULO I-12 ESCALA 1:100.000 INGEOMINAS 1979*. Se reconocen las siguientes estructuras de manera regional.

4.3.2.1 Área de Charalá – Oiba – Olival. Está limitada por la confluencia de los ríos Mogoticos y Fonce al este por la Falla de Riachuelo y al Occidente por la Falla de Confines en su extremo norte, mientras que al sur limita con las rocas competentes de la Formación Tablazo. Sus principales componentes tectónicos están constituidos por:

- **Falla de Confines:** Estructura de dirección noreste, con una extensión de 30km, que se pierde al sur de la localidad de Oiba y al norte cerca de la Población de Pinchote, su labio occidental está hundido y pone en contacto a miembro arenoso de la Formación Paja con Shales de la misma unidad, así pues su desplazamiento vertical no es muy grande por tanto se trata de una falla de rumbo.
- **Anticlinal de Cerro Negro:** Estructura ligeramente asimétrica cuyo eje tiene una dirección aproximada de N15E, en una longitud cercana a los 30 kilómetros, hacia el sur el núcleo está constituido por la Formación Cumbre, mientras que su prolongación norte está constituida por estratos del miembro arenoso de la Formación Paja.
- **Anticlinal de Virolín:** Estructura asimétrica con el flanco occidental más inclinado que el oriental y cuyo eje tiene una dirección aproximada Norte Sur, el cual cabecea hacia el norte mientras que al sur continúa sobre el cuadrángulo J12. El núcleo lo constituyen rocas de la Formación Arcabuco. El flanco occidental muestra una serie de pequeños repliegues que a la postre forman otras dos estructuras de carácter regional conocidas como el sinclinal del Olival y el Sinclinal de Oiba, estructuras amplias y relativamente superficiales.
- **Anticlinal de Confines:** Estructura similar a las anteriores asimétrica cuyo flanco occidental es cortado por la falla de Confines y su núcleo está formado al sur por Calizas de la Formación Rosa Blanca y al norte por el Miembro arenoso de la Formación Paja. El eje presenta una dirección Norte Sur y su extremo norte es truncado por la Falla de Confines. Existen otras estructuras como el sinclinal de Charalá pero por su corta extensión no se reportan.

4.3.3 Unidades Geológicas Superficiales

Ilustración 27. Mapa Unidades Geológicas Superficiales



Fuente. Autor

4.3.3.1 Rocas Sedimentarias Duras

- **Cuarzoareniscas de la Formación Tablazo (Rtq):** Unidad de rocas sedimentarias clásticas de color gris amarillento, clasto soportadas, de textura arenita de grano fino a medio, mal seleccionada, de granos subangulares – sub elongados, bien cementadas, composicionalmente corresponde con una cuarzo arenisca con moscovita, se presentan en capas medias y gruesas de 10 hasta 60 e cm de espesor, de geometría tabular. El macizo rocoso se encuentra fracturado en tres direcciones preferenciales, las condiciones de la fractura se describen a continuación, esta unidad se ubica sobre la costado

interno de la vía sobre el área central de la zona de estudio. Se desarrolla un análisis de macizo rocoso para este área de la zona de estudio, con el fin de determinar si la roca está intacta, estratificada, fisurada o meteorizada.

Fotografía 3. Roca aflorando en la ladera inferior de la vía



Fuente. Autor

Fotografía 4. Evidencia de rocas sedimentarias en el área y posición de la estratificación



Fuente. Autor

Fotografía 5. Afloramiento de la unidad sedimentaria y toma de datos estructurales



Fuente. Autor

Fotografía 6. Detalle, Cuarzo Arenita de grano medio con moscovita



Fuente. Autor

4.4 SUELOS DEL ÁREA DE ESTUDIO

4.4.1 Suelos Residuales de Rocas Blandas

Suelos de color pardo amarillento, matriz soportados de matriz lodo arcilloso (oxidado) de composición silíceas presenta una cohesión aceptable, grado de humedad intermedio. El armazón está compuesto de fragmentos de hasta 5 cm de lodolitas silíceas de color amarillo ocre medianamente angulosos dispuestos de manera errática.

Fotografía 7. Suelos residuales de rocas blandas, talud superior de la vía



Fuente. Autor

Fotografía 8. Detalle Suelos Residuales

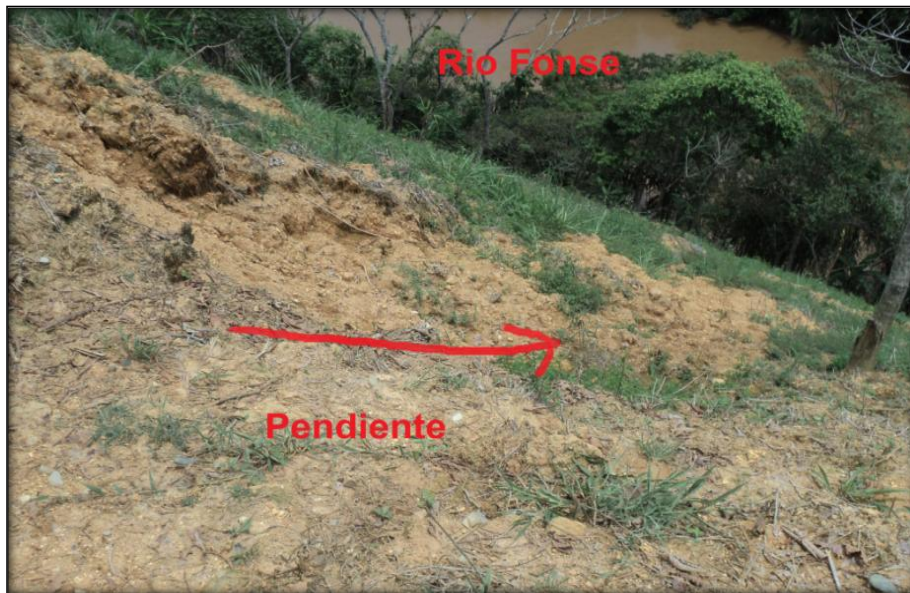


Fuente. Autor

4.4.2 Suelos Coluviales

Suelos de color amarillento, matriz soportados, con fragmentos angulosos de limolitas y lodolitas de color amarillo ocre anguloso de hasta 10cm de diámetro, se disponen principalmente en la zona del talud inferior de la vía San Gil – Charalá.

Fotografía 9. Suelos coluviales, talud inferior de la vía San Gil – Charalá



Fuente. Autor

4.4.3 Suelos Aluviales de cauce activo

Suelos clasto soportados con fragmentos redondeados de material ígneo sedimentario y metamórfico de hasta 30cm de longitud, representan el material depositado y conservado de la llanura de inundación del el Río Fonce.

Fotografía 10. Suelos aluviales en la zona baja del talud inferior



Fuente. Autor

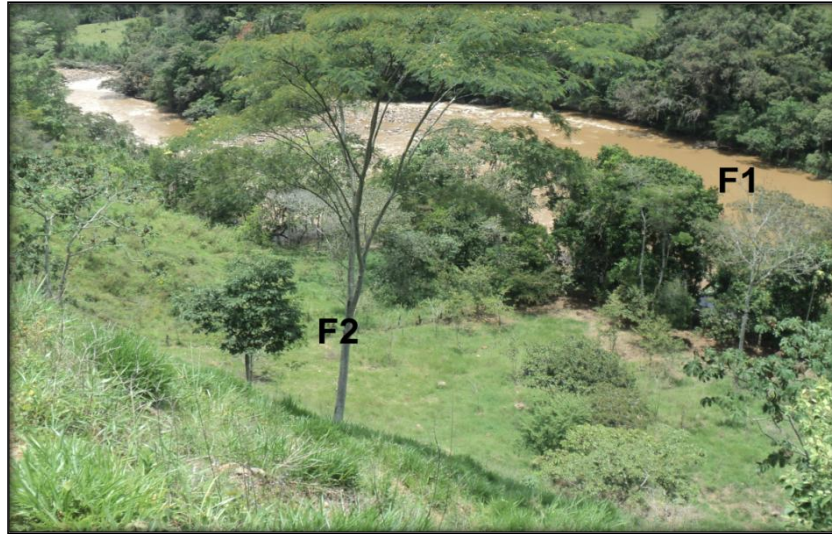
4.5 GEOMORFOLOGÍA

4.5.1 Unidades Geomorfológicas de Origen Fluvial

4.5.1.1 Cauce o lecho actual de Río F1. Conformar el dominio del cauce actual del Río Fonse que constituye el principal afluente de la zona.

4.5.1.2 Planicie de Inundación F2. Constituye el área adyacente al cauce actual del Río Fonse, corresponde con el dominio de la llanura de inundación del Río, se caracteriza por su baja pendiente.

Fotografía 11. Unidades Geomorfológicas de Origen Fluvial



Fuente. Autor

4.5.2 Unidades Geomorfológicas de Origen Denudacional

Laderas Sub horizontales D6: Laderas con superficie suavemente inclinadas con buena cobertura vegetal, se encuentran en el talud superior de la vía.

Ilustración 28. Laderas Subhorizontales, Talud superior de la vía



Fuente. Autor

4.5.2.1 Laderas Moderadas D11. Laderas con pendientes entre 30 y 40 grados, presentan una buena cobertura vegetal, corresponden con las laderas inferiores de la vía.

Ilustración 29. Se aprecia el camino de descenso al Río Fonce



Fuente. Autor

4.5.2.2 Depósitos Coluviales D13. Es la unidad geomorfológica más importante de la zona corresponde al material de suelo y roca que se ha visto involucrado en los movimientos en masa, están constituidos por masas de suelo transportados de color marrón ocre y amarillo fuerte, y fragmentos de rocas sedimentarias lodolitas y arenitas en una matriz lodo arcillosa, particularmente presentan una forma circular a cónica muy amplia.

Ilustración 30. Coluvión 1



Fuente. Autor

Ilustración 31. Coluvión 2



Fuente. Autor

Ilustración 32. Coluvión 3 talud inferior de la Vía



Fuente. Autor

4.6 PROCESOS MORFODINÁMICAS

4.6.1 Erosión laminar

Es el estado de erosión menos desarrollado afecta gran parte de la zona de estudio que ha sido denudada por los procesos de remoción.

Ilustración 33. Se aprecian algunos surcos poco desarrollados



Fuente. Autor

4.6.2 Grietas

Ilustración 34. Sobre el talud superior de la vía



Fuente. Autor

4.6.3 Fenómenos de Remoción en masa

Corresponde con el estado de rotura por efectos de la inestabilidad de la ladera. Según la clasificación de Varnes 1978, Para movimientos de remoción en masa, el fenómeno que se presenta en la zona de estudio es un tipo de Deslizamiento Rotacional Múltiple, en el cual se distinguen los elementos de; corona, cabeza, cuerpo, pie y frente relacionados con suelos de tipo transportado que han desarrollado superficies del terreno de baja pendiente que han perdido la cohesión por la acción de la infiltración de aguas lluvias a través de grietas que se han desarrollado en la parte superior del actual fenómeno.

Ilustración 35. Movimiento en masa 2, de tipo deslizamiento



Fuente. Autor

4.7 ASPECTOS CLIMÁTICOS E HIDROLÓGICOS

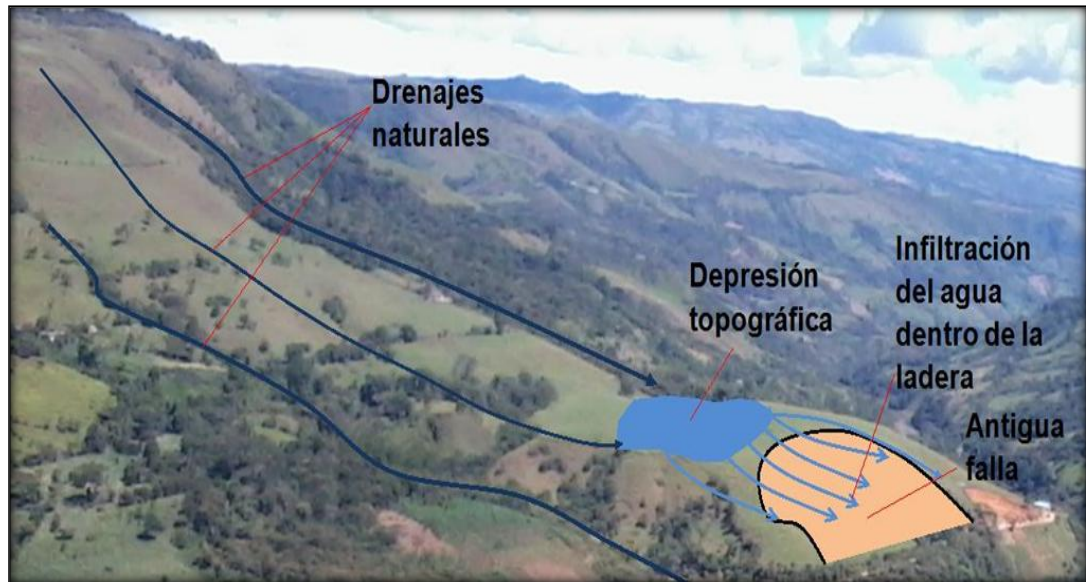
En el territorio santandereano se distinguen dos provincias fisiográficas denominadas: Valle Medio del Magdalena y Zona Andina al margen oeste de la Cordillera Oriental.

La parte Andina, corresponde al flanco occidental de la Cordillera Oriental, comprende la mayor parte del Departamento, su relieve es quebrado y de pendientes fuertes. Al oriente se encuentra el cinturón de Páramos de Guantiva – La Rusia, que le sirve de límite con Boyacá, donde sobresalen los páramos Chontales, Consuelo y Cruz Colorada y hacia el centro del Departamento, la Serranía de los Yarigués con 3.200 m.s.n.m.

El municipio de Charala, se encuentra en el intermedio de la serranía de Yariguies y los páramos de Guantiva – la Rusia, su alta pluviosidad generada por esta ubicación, se ve afectada por los vientos alisios que entran por el Valle del Río Magdalena y traen humedad que deposita en su recorrido.

Los fenómenos climáticos del Niño y la Niña de los últimos años, incrementan el régimen de lluvia de la zona y la concentración de agua en las depresiones topográficas, por las geoformas del terreno, permiten saturar los suelos que conforma la ladera.

Fotografía 12. Panorámica del sitio de estudio



Fuente. Autor

4.8 SISMICIDAD

4.8.1 Sismicidad Histórica

El inventario histórico del Padre Jesús Emilio Ramírez, denominada “Historia de los terremotos en Colombia” compila los principales datos sobre los sismos ocurridos en el país desde los tiempos de la conquista (siglo XVI) hasta el año de 1963. De los 597 sismos que reporta para todo el territorio nacional, 111 aparecen ubicados con epicentro en algún lugar del departamento de Santander.

La reedición de la obra del padre Ramírez, donde se publica un nuevo catálogo de sismos hasta 1974, muestra la constante actividad sísmica de la zona del Macizo de Santander, donde además de las localidades anteriores se destacan las de Umpalá, Pamplona y Los Curos, como zonas de alta frecuencia en la ocurrencia de sismos.

4.8.2 Características del sitio de acuerdo a la norma NSR-10

De acuerdo a los requerimientos de la Norma NSR-10 se indican las características Sísmicas principales del lote estudiado:

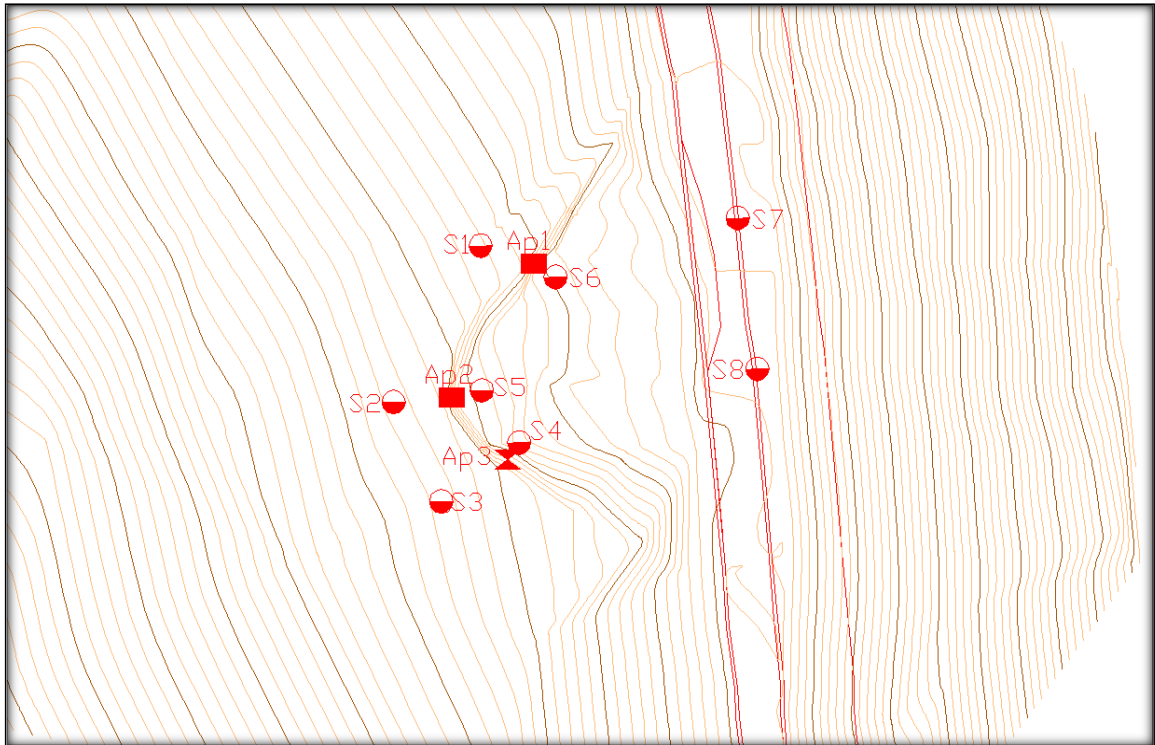
- Amenaza sísmica: Alta
- Aceleración horizontal pico efectiva A_a : 0.20
- Velocidad horizontal pico efectiva, para diseño A_v : 0.25
- Aceleración pico efectiva reducida para diseño con seguridad limitada A_e : 0.08
- Aceleración pico efectiva, para el umbral de daño A_d : 0.05.

5. EXPLORACIÓN GEOTÉCNICA GENERAL

5.1 INVESTIGACIONES DE CAMPO


Con el fin de conocer en detalle el tipo de material en este sector, se realizó el siguiente plan de exploración, el cual consistió en la realización de ocho (08) sondeos tipo SPT y tres (03). Los sondeos se ejecutaron a profundidades de 3m - 8m, y los apiques se realizaron a 2m de profundidad en lugares semiplanos y por medio de trincheras sobre la cara de los taludes que han fallado, con profundidades aproximadas de 0.5 m y altura medida desde la corona del deslizamiento de aproximadamente 5 y 2 m. Los sondeos y apiques se localizaron sobre la corona, el cuerpo y el pie de los deslizamientos tal y como se muestra en la ilustración 24.

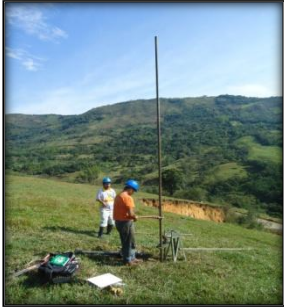


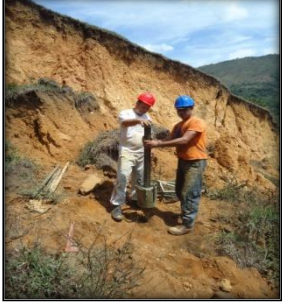
Ilustración 36. Localización en planta de los Sondeos y Apiques






Fuente. Autor

Tabla 4. Localización sondeos SPT

SONDEO	PROFUNDIDAD INVESTIGADA (m)	COORDENADAS ESTE (m)	COORDENADAS NORTE (m)	COTA (msnm)	FOTO
1	5	1103353.20	1192182.84	1322.2	

SONDEO	PROFUNDIDAD INVESTIGADA (m)	COORDENADAS ESTE (m)	COORDENADAS NORTE (m)	COTA (msnm)	FOTO
2	4	1103340.64	1192160.85	1327.6	
3	6	1103347.5	1192146.81	1327.26	
4	5	1103358.77	1192155.11	1317.8	
5	8	1103353.39	1192162.46	1319.4	

SONDEO	PROFUNDIDAD INVESTIGADA (m)	COORDENADAS ESTE (m)	COORDENADAS NORTE (m)	COTA (msnm)	FOTO
6	6	1103364.01	1192178.42	1314.7	
7	5	1103390.31	1192186.73	1307.86	
8	5	1103393.14	1192165.48	1308.44	

Fuente. Autor

5.1.1 Registros de Perforación SPT

A continuación se presentan las tablas indicativas que permiten la interpretación general de los resultados de los ensayos realizados:

Tabla 5. Tabla para correlacionar la interpretación de los ensayos SPT

Para suelos arcillosos
(Ref.: Braja Das. "Principios de ingeniería de cimentaciones", Thomson Editores, México, 1999).

Numero de penetración estándar N	Consistencia	Resistencia a compresión kPa
0 a 2	Muy blanda	0 a 25
2 a 5	Blanda	25 a 50
5 a 10	Medio firme	50 a 100
10 a 20	Firme	100 a 200
20 a 30	Muy firme	200 a 400
> 30	Dura	> 400

Fuente. Braja Das, 1999

En el método para la corrección del valor de N se utilizaron los siguientes parámetros:

$$N_{60} = \frac{N * nh * nb * ns * nr}{60}$$

Dónde:

Corrección por eficiencia del martillo	45	nh
Corrección diámetro perforación	1	hb
Corrección muestreador	1	ns
Corrección longitud barra	0,75	nr
Numero de penetración (N)		

Los resultados de laboratorio se muestran en el anexo 1.

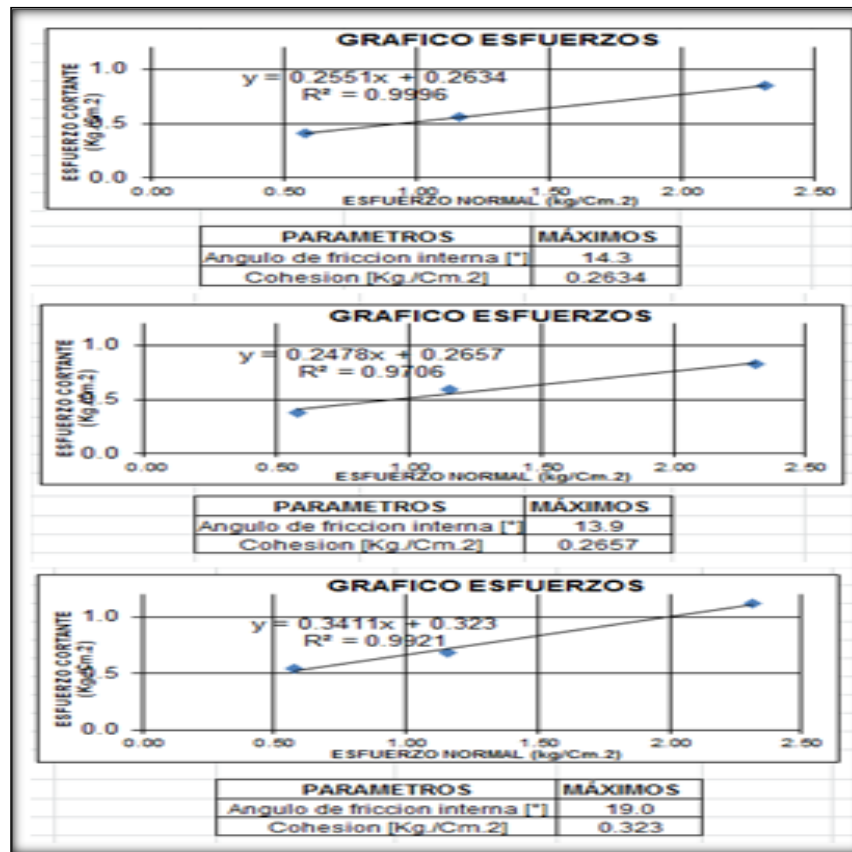
5.2 LABROTATORIOS

5.2.1 Ensayo de Corte Directo

Se ejecutaron ensayos de resistencia al corte en condiciones drenadas en muestras ligeramente alteradas, obtenidas en trincheras excavadas bajo el corte

vertical de la falla a aproximadamente 5 m desde la corona de la ladera, para determinar los parámetros de resistencia utilizados en el análisis de equilibrio límite. En la ilustración 25 se presentan los resultados experimentales, resultado de tres pruebas. Cabe decir que estos parámetros tienen una dispersión asociada y por tanto los análisis numéricos se realizan utilizando un intervalo de valores para cada uno de los parámetros de resistencia.

Ilustración 37. Resultados de los cortes directos



Fuente. Alicon & Ing. S.A.S

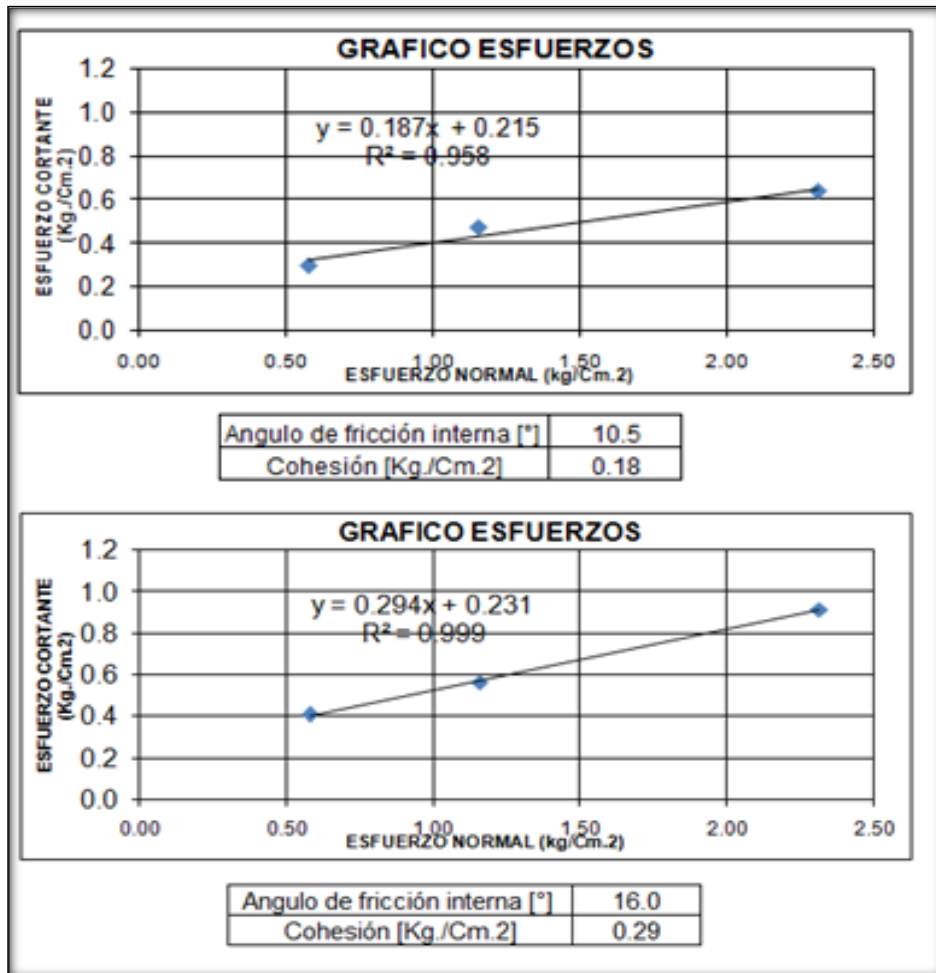
De acuerdo a los resultados de los ensayos de corte directo para los tres apiques realizados, se hizo una media aritmética de la cohesión y del ángulo de fricción, ya que las muestras pertenecen al mismo suelo con características geotécnicas similares, cuyo resultado se muestra a continuación:

Tabla 6. Media aritmética de las propiedades geotécnicas

PARÁMETROS	MÁXIMOS
Angulo de fricción interna [°]	15.73
Cohesión [Kg./Cm.2]	0.2840

Fuente. Autor

Ilustración 38. Resultados de los cortes directos



Fuente. Aicon & Ing. S.A.S

De acuerdo a los resultados de los cortes directos de los dos apiques realizados, se hizo una media aritmética de la cohesión y del ángulo de fricción ya que las

muestras pertenecen al mismo suelo con características geotécnicas similares, cuyo resultado se muestra a continuación:

Tabla 7. Media aritmética de las propiedades geotécnicas

PARÁMETROS	MÁXIMOS
Angulo de fricción interna [°]	13.25
Cohesión [Kg./Cm.2]	0.235

Fuente. Autor

5.2.2 Ensayo de Clasificación de suelos, humedades y límites de consistencia

Tomadas las muestras mediante el ensayo de penetración estándar (SPT) se realizaron los laboratorios de granulometría para cada metro de profundidad extraída y se determinó el tipo de suelo mediante la clasificación unificada de suelos (SUCS). Estas muestras extraídas corresponden al primer estrato de suelo encontrado en la ladera y a partir de estos resultados del laboratorio se encuentra que el suelo tomado en campo tiene un contenido de limo arcilloso, los cuales se clasifican principalmente como ML, debido a la presencia de materiales finos, se realizó ensayos de límites de Atterberg, con el fin de determinar las propiedades de los materiales finos encontrados y finalmente se realizaron ensayos de humedad natural del terreno. A continuación se muestra la Tabla XX, resumen de las características encontradas.

Tabla 8. Resumen de Ensayos

MUESTRA	PROF (m)	USCS	WN %	LÍMITES DE ATTERBERG			GRADACIÓN		
				LL %	LP %	IP %	G %	A %	F %
S1 - M1	0-1	ML	28.99	46.83	37.79	9.05	0.32	10.83	88.85

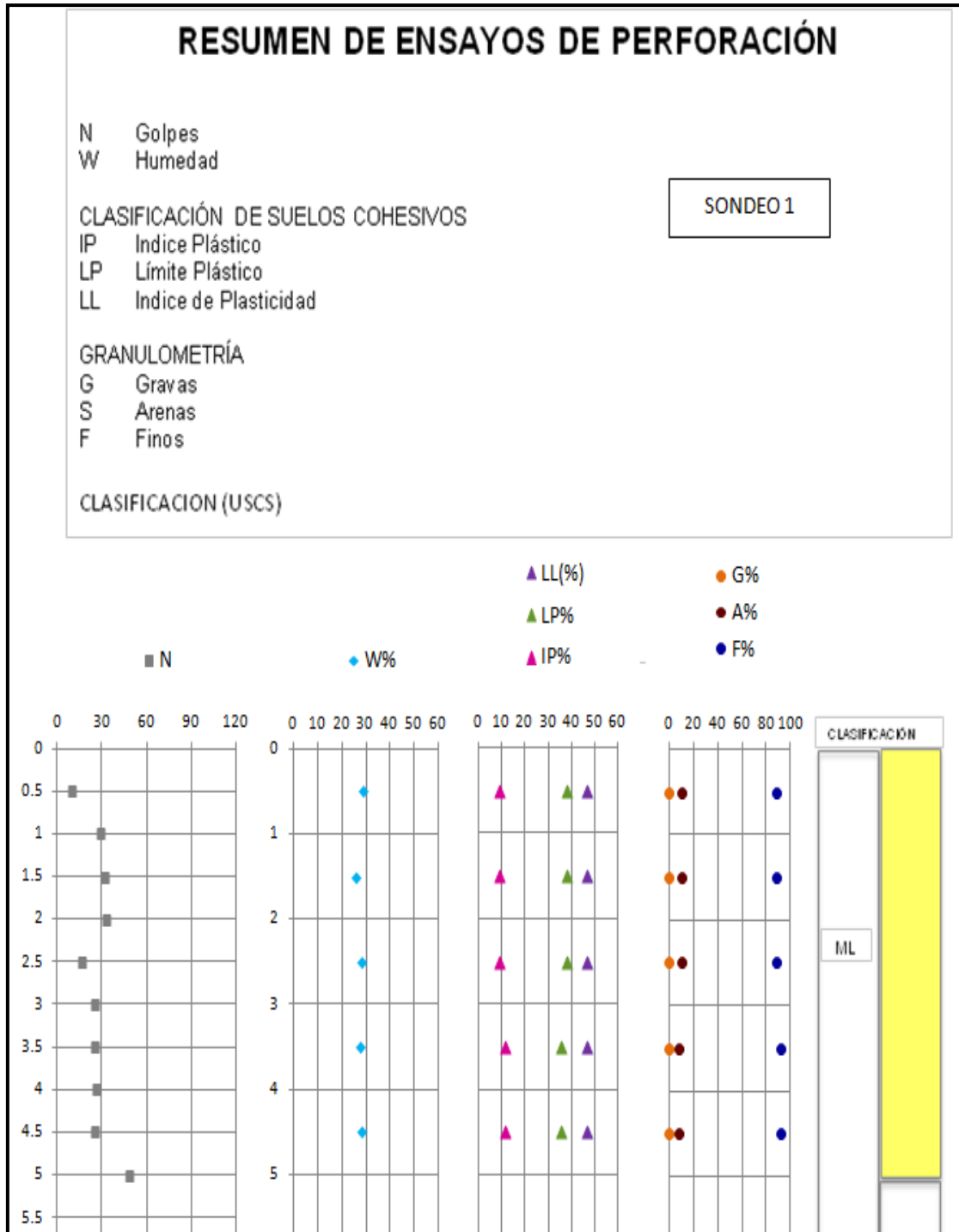
MUESTRA	PROF (m)	USCS	WN %	LIMITES DE ATTERBERG			GRADACIÓN		
				LL %	LP %	IP %	G %	A %	F %
S1 - M2	1-2.	ML	25.87	46.83	37.79	9.05	0.32	10.83	88.85
S1 - M3	2-3.	ML	28.37	46.83	37.79	9.05	0.32	10.83	88.85
S1 - M4	3-4.	ML	27.63	46.87	35.27	11.60	0.14	8.13	91.73
S1 - M5	4-5.	ML	28.13	46.87	35.27	11.60	0.14	8.13	91.73
S2 - M1	0-1	ML	24.75	36.52	30.94	5.58	0.33	25.55	74.12
S2 - M2	1-2.	ML	23.80	36.52	30.94	5.58	0.33	25.55	74.12
S2 - M3	2-3.	ML	26.95	38.28	33.06	5.22	3.15	24.35	72.50
S2 - M4	3-4.	ML	23.41	38.28	33.06	5.22	3.15	24.35	72.50
S3 - M4	3-4.	ML	24.04	39.37	34.33	5.04	0.46	34.94	64.60
S3 - M5	4-5.	ML	27.53	39.37	34.33	5.04	0.46	34.94	64.60
S3 - M6	5-6.	ML	23.40	39.37	34.33	5.04	0.46	34.94	64.60
S4 - M1	0-1	ML	25.93	45.19	35.24	9.95	0.57	31.18	68.25
S4 - M2	1-2.	ML	30.00	45.19	35.24	9.95	0.57	31.18	68.25
S4 - M3	2-3.	ML	45.33	45.19	35.24	9.95	0.57	31.18	68.25
S4 - M4	3-4.	MH	49.72	60.54	45.16	15.38	0.36	23.80	75.84
S4 - M5	4-5.	MH	46.46	60.54	45.16	15.38	0.36	23.80	75.84
S5 - M1	1-2.	ML	30.00	37.46	30.75	6.71	0.30	20.40	79.29
S5 - M2	2-3.	ML	43.76	37.46	30.75	6.71	0.30	20.40	79.29
S5 - M3	3-4.	ML	32.35	37.46	30.75	6.71	0.30	20.40	79.29
S5 - M4	4-5.	ML	37.53	37.46	30.75	6.71	0.30	20.40	79.29
S5 - M5	5-6.	ML	35.42	43.48	33.36	10.12	0.34	23.73	75.93
S5 - M6	6-7.	ML	40.68	43.48	33.36	10.12	0.34	23.73	75.93
S5 - M7	7-8.	ML	26.39	45.99	32.55	13.44	7.03	24.27	68.70
S6 - M1	0-1	MH	25.51	50.97	37.57	13.4	1.12	15.41	83.47
S6 - M2	1-2.	MH	25.10	50.97	37.57				
S6 - M3	2-3.	MH	35.90	50.97	37.57	13.4	1.12	15.41	83.47

MUESTRA	PROF (m)	USCS	WN %	LIMITES DE ATTERBERG			GRADACIÓN		
				LL %	LP %	IP %	G %	A %	F %
S6 - M4	3-4.	MH	37.85	53.82	38.18	15.64	0.22	9.82	89.97
S6 - M5	4-5.	MH	39.96	53.82	38.18	15.64	0.22	9.82	89.97
S6 - M6	5-6.	MH	36.98	53.82	38.18	15.64	0.22	9.82	89.97
S7 - M1	0-1	ML	25.22	36.15	27.78	8.37	2.89	32.92	64.19
S7 - M2	1-2.	ML	28.46	36.15	27.78	8.37	2.89	32.92	64.19
S7 - M3	2-3.	ML	13.48	36.15	27.78	8.37	2.89	32.92	64.19
S8 - M1	0-1	ML	21.15	38.72	29.75	8.97	4.65	22.52	72.83
S8 - M2	1-2.	ML	20.99	38.72	29.75	8.97	4.65	22.52	72.83
S8 - M3	2-3.	ML	28.52	38.72	29.75	8.97	4.65	22.52	72.83
S8 - M4	3-4.	ML	23.34	33.22	25.76	7.46	1.52	19.84	78.64
S8 - M5	4-5.	ML	11.25	33.22	25.76	7.46	1.52	19.84	78.64

Fuente. Autor

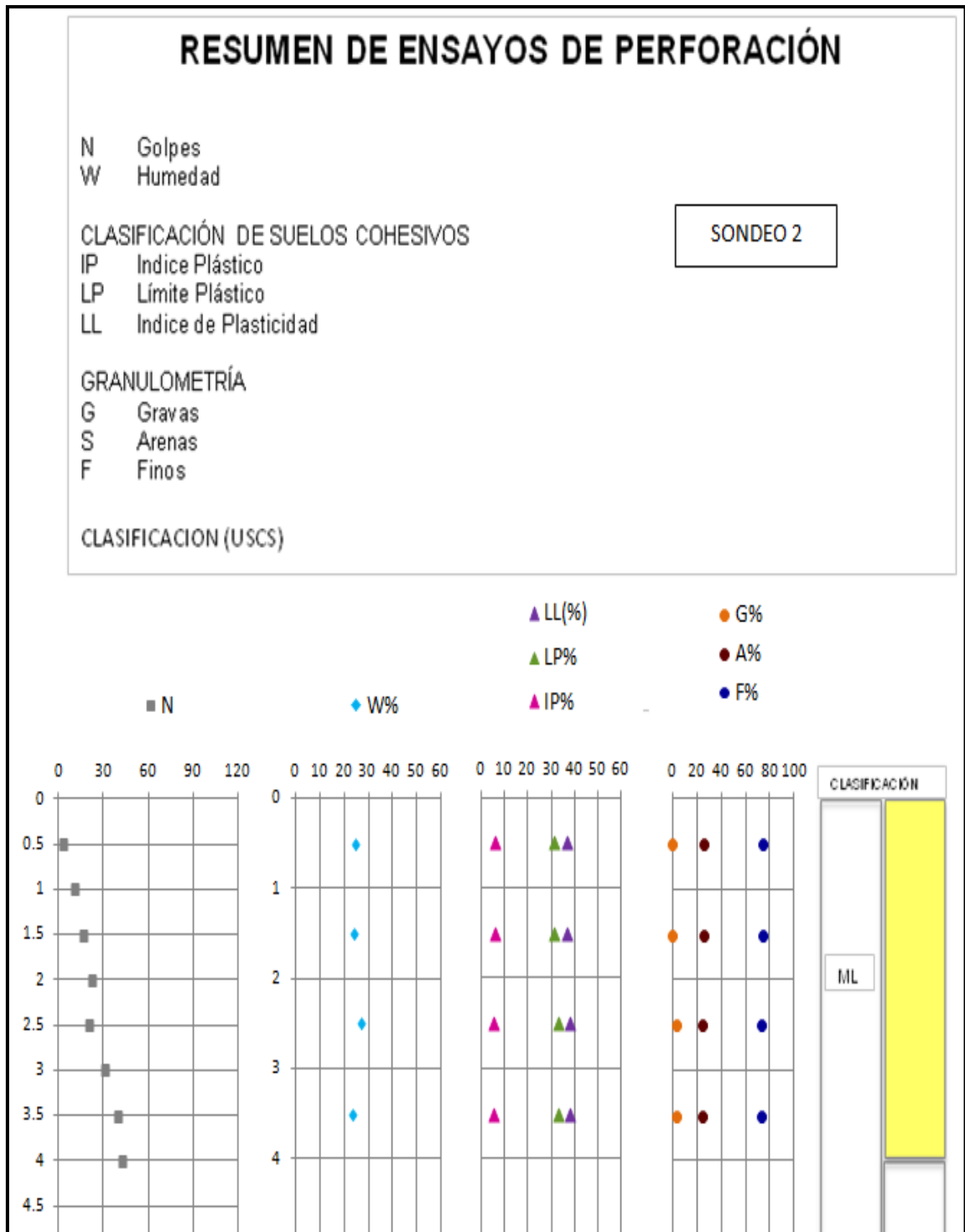
A continuación se muestra una interpretación grafica de cada sondeo:

Ilustración 39. Resumen de Ensayos de Perforación – Sondeo 1



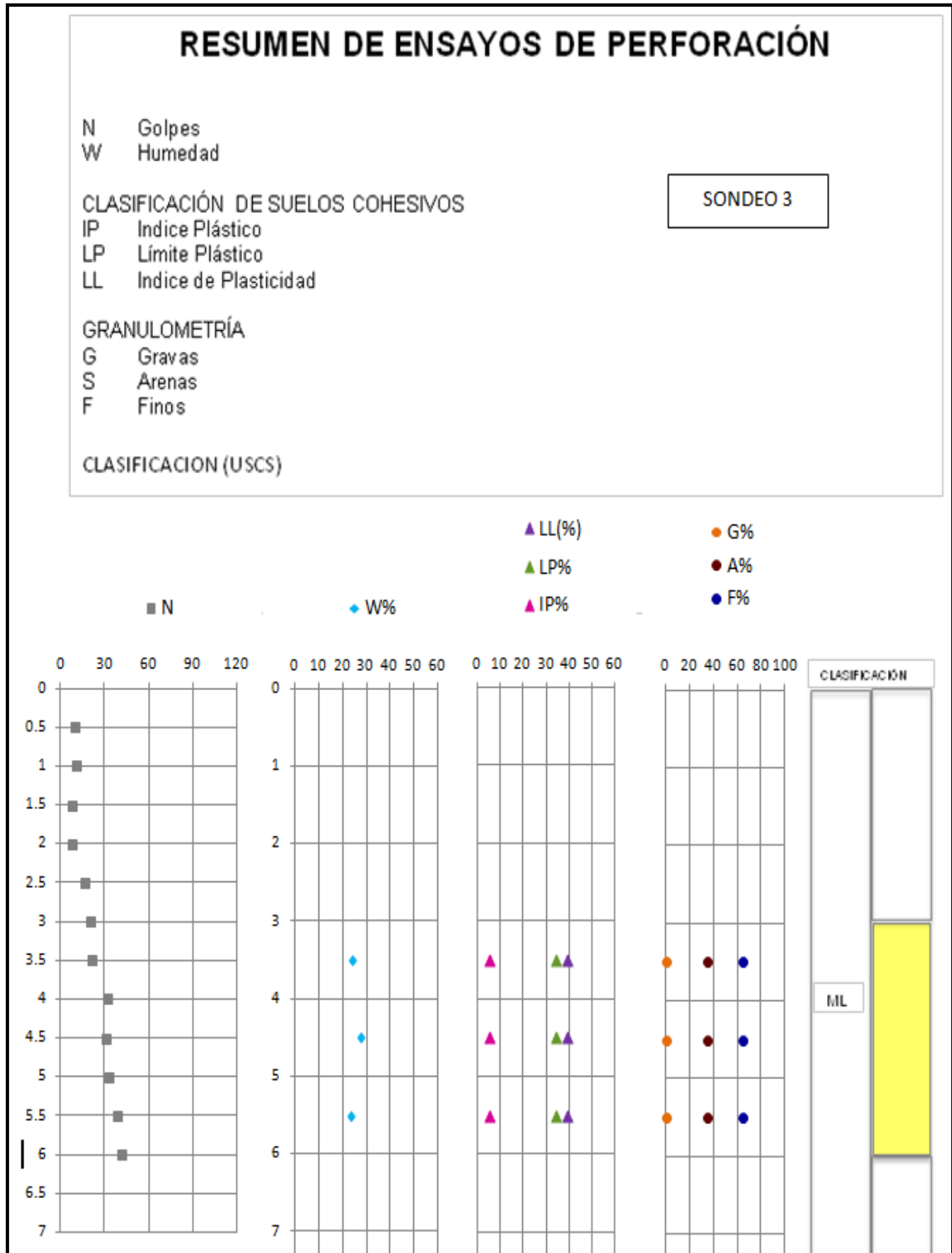
Fuente. Autor

Ilustración 40. Resumen de Ensayos de Perforación – Sondeo 2



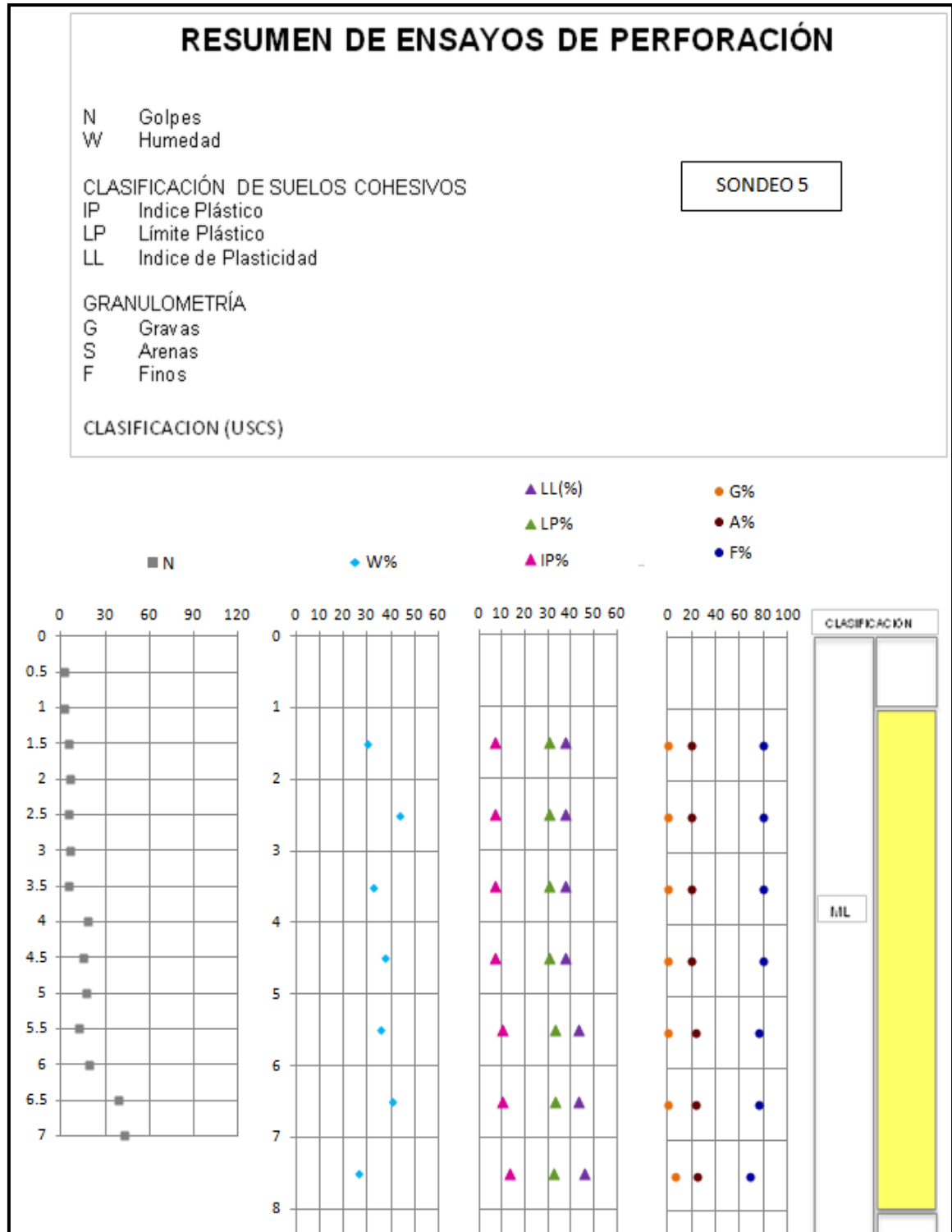
Fuente. Autor

Ilustración 41. Resumen de Ensayos de Perforación – Sondeo 3



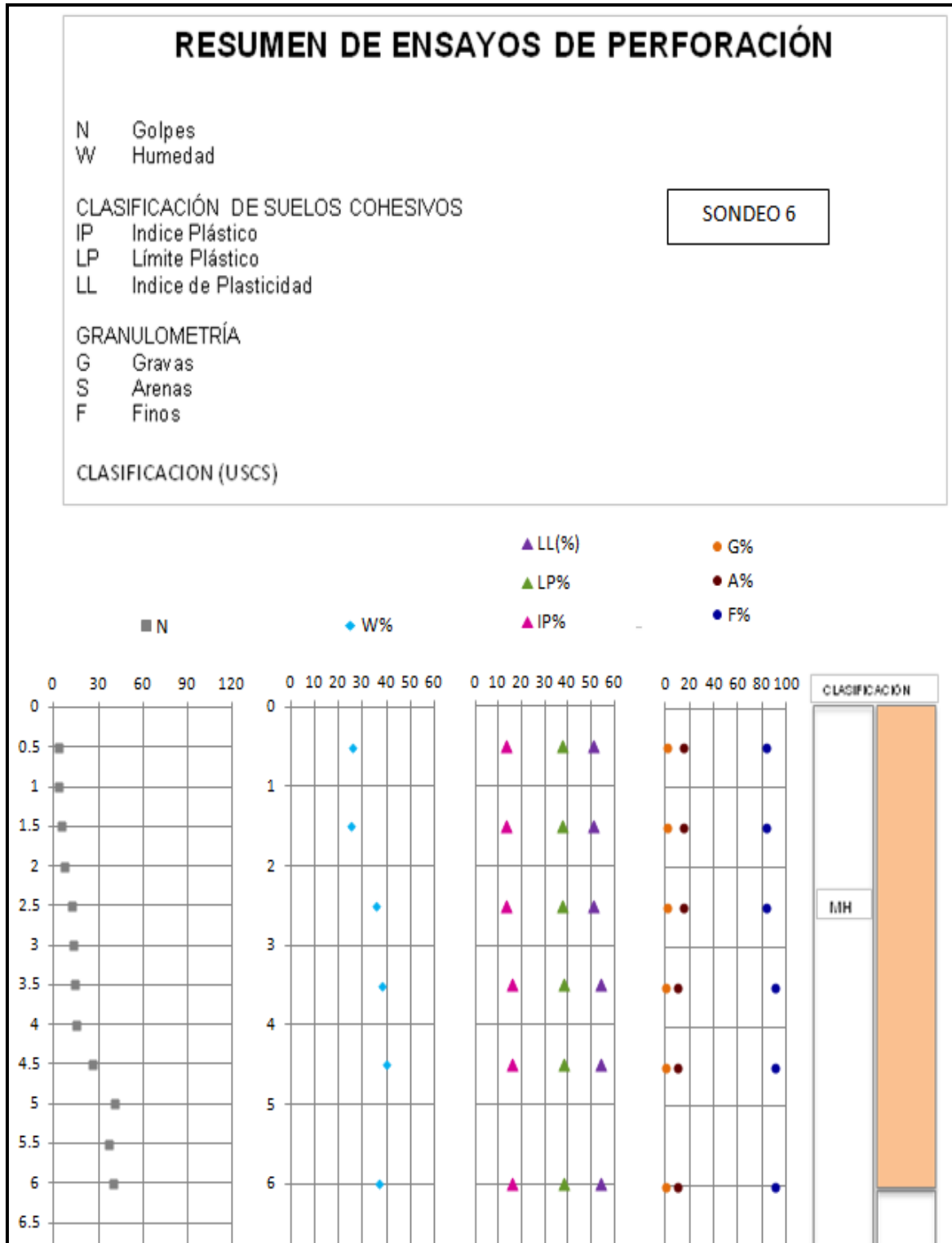
Fuente. Autor

Ilustración 42. Resumen de Ensayos de Perforación – Sondeo 5



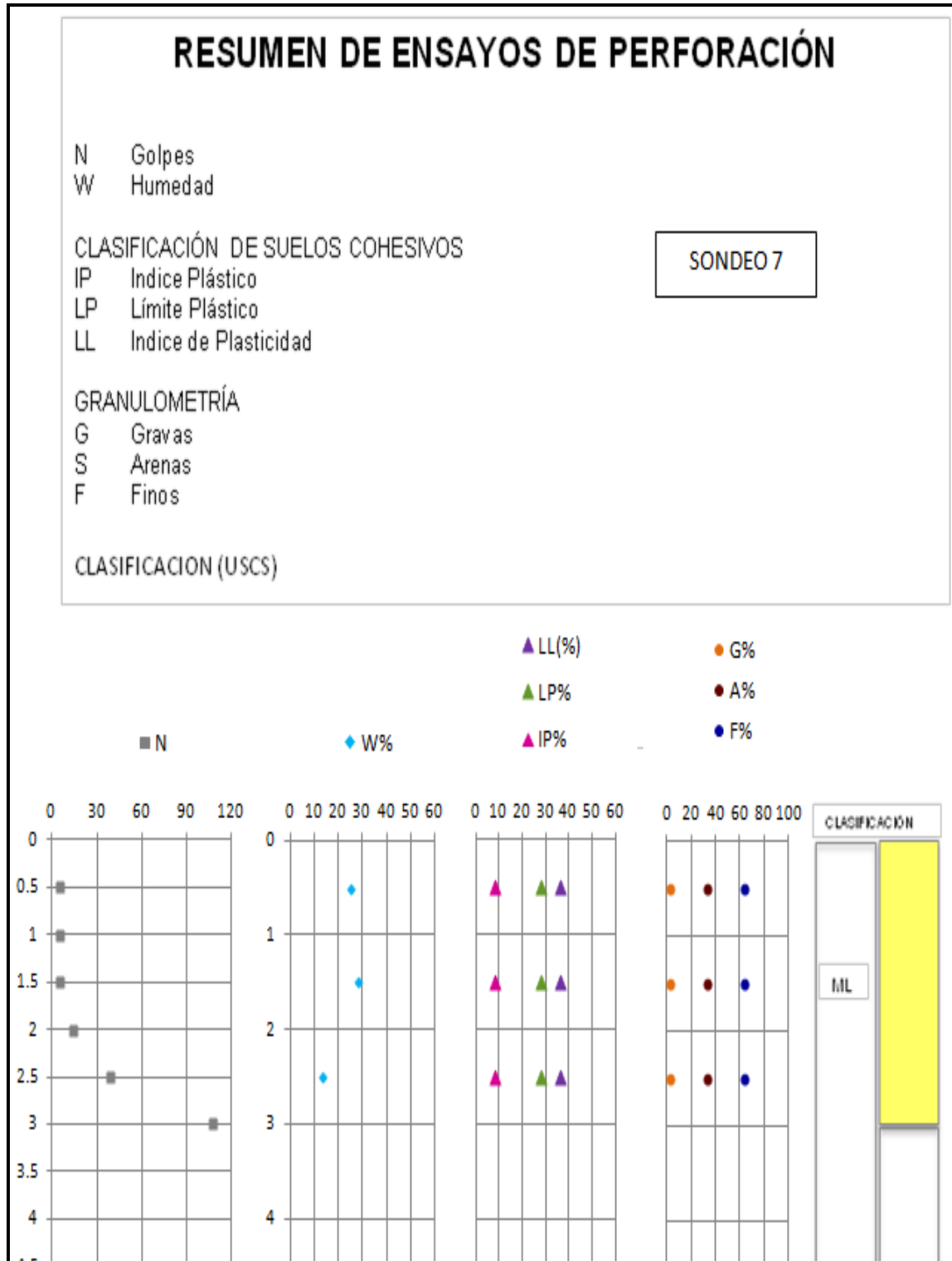
Fuente. Autor

Ilustración 43. Resumen de Ensayos de Perforación – Sondeo 6



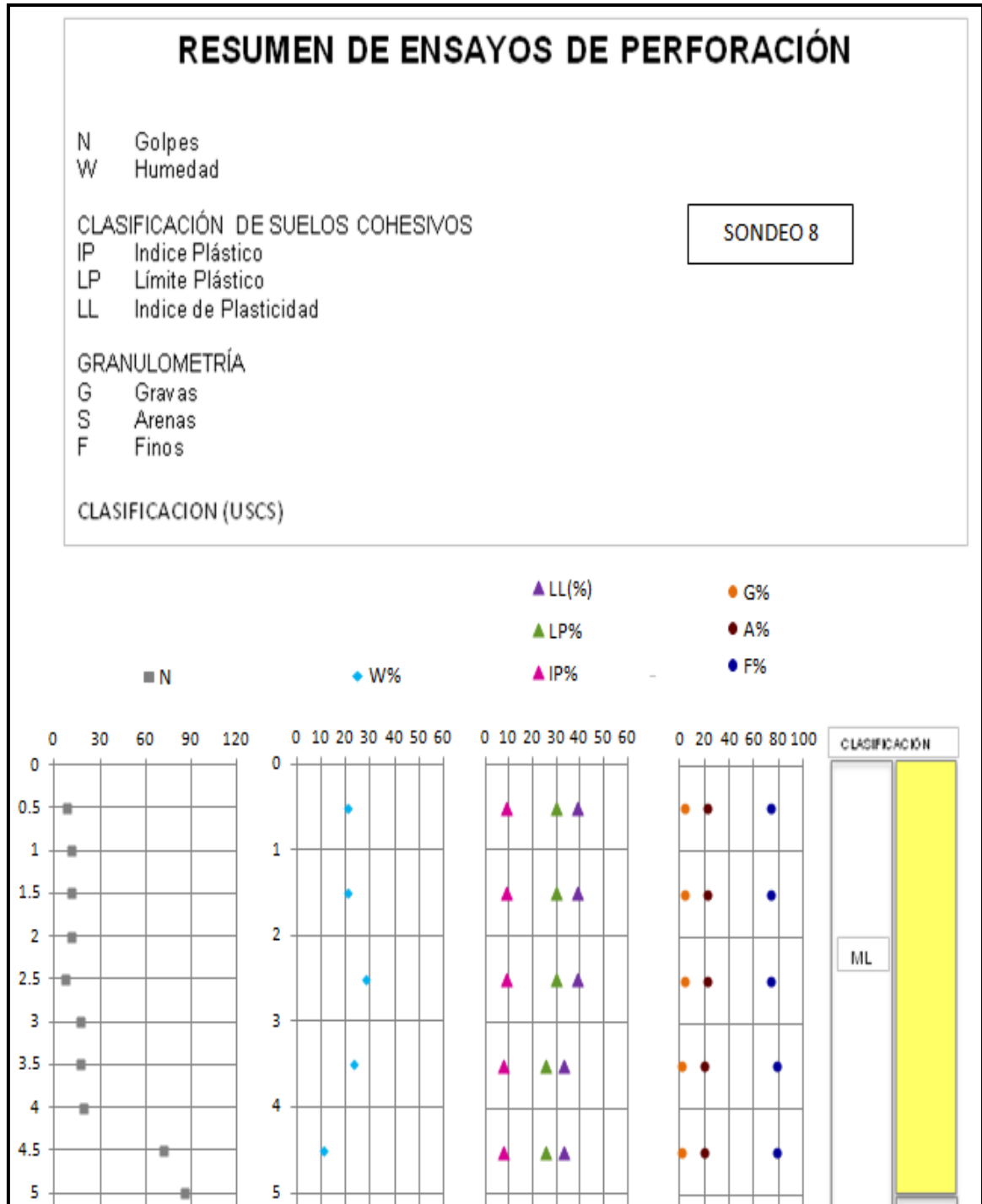
Fuente. Autor

Ilustración 44. Resumen de Ensayos de Perforación – Sondeo 7



Fuente. Autor

Ilustración 45. Resumen de Ensayos de Perforación – Sondeo 8



Fuente. Autor

6. EVALUACIÓN DEL MODELO GEOLÓGICO GEOTÉCNICO

Para la validación del modelo geológico geotécnico, se realizó perfiles transversales del terreno sobre los diferentes sectores en las direcciones de las pendientes más críticas y a partir de estos, se realizaron los moldeamientos de estos perfiles en el software SLIDE. Posteriormente se tomó un perfil característico de cada zona homogénea, donde se identifica claramente la falla del terreno y se procedió a realizar la calibración del modelo geológico geotécnico, la cual se describe a continuación.

6.1 METODOLOGÍA DE LA CALIBRACIÓN DEL MODELO GEOLÓGICO GEOTÉCNICO

La metodología para la calibración del modelo consiste inicialmente en definir el perfil característico del deslizamiento y por medio de la información de las laderas cercanas a este, realizar una reconstrucción extrapolada de la geomorfología del terreno antes de que presentara la falla, luego se define la estratificación de este perfil característico por medio de la geología observada y la información estratigráfica que se obtiene de los sondeos SPT.

Una vez se cuente con esta información se realiza el modelamiento del terreno por medio del software SLIDE y se asumen las propiedades del suelo comprometido con la falla, realizando todas las posibles variaciones a los parámetros geotécnicos (ángulo de fricción y cohesión) de la capa de suelo comprometida con la falla de esta ladera, además se asume un nivel freático máximo. Por cada combinación posible de propiedades se determina una superficie de rotura, donde se debe verificar que coincida con la superficie de falla encontrada en el terreno,

además se define su respectivo factor de seguridad, filtrando aquellos que representen factores de seguridad bajos del orden de 1.0, lo cual representa la falla del talud para el caso estático.

Una vez encontradas todas las posibles combinaciones de los parámetros geotécnicos que implican la falla de la ladera, se asumen los parámetros más lógicos y representativos de acuerdo al tipo de suelo encontrado. Con estos valores se da por calibrado el modelo geológico geotécnico y se procede a comprobar la veracidad de estos resultados, comparándolos con los encontrados en los ensayos de laboratorio, de las muestras tomadas en campo.

La calibración del modelo Geológico Geotécnico se realiza mediante el método de falla rotacional. El método correspondiente para modelar las fallas rotacionales es el de equilibrio límite basado en el análisis de dovelas. Estos métodos pueden ser los formulados por Bishop Simplified, Janbú Simplified, Janbú Corrected, Spencer, Morgestern & Price, entre otros. En el presente estudio se utilizó el software Slide con el cual se realizó la iteraron de 50 superficies de falla para hallar el factor de seguridad más crítico en cada perfil seleccionado.

6.2 CARACTERÍSTICAS DEL TALUD UBICADO EN EL K6+100

El talud tiene aproximadamente 18 metros de altura y 90 metros de longitud de deslizamiento, este material deslizado compromete una parte superficial de suelo limo arcilloso, bajo este suelo se encuentra suelo residual, y la falla se presenta en forma de superficie circular y además, en las visitas de campo se identificó que el suelo se encuentra altamente saturado, por lo tanto, se requiere una intervención inmediata del talud de la vía para contener los deslizamientos que actualmente se presentan y así, evitar el colapso de la masa de suelo afectada por la inestabilidad.

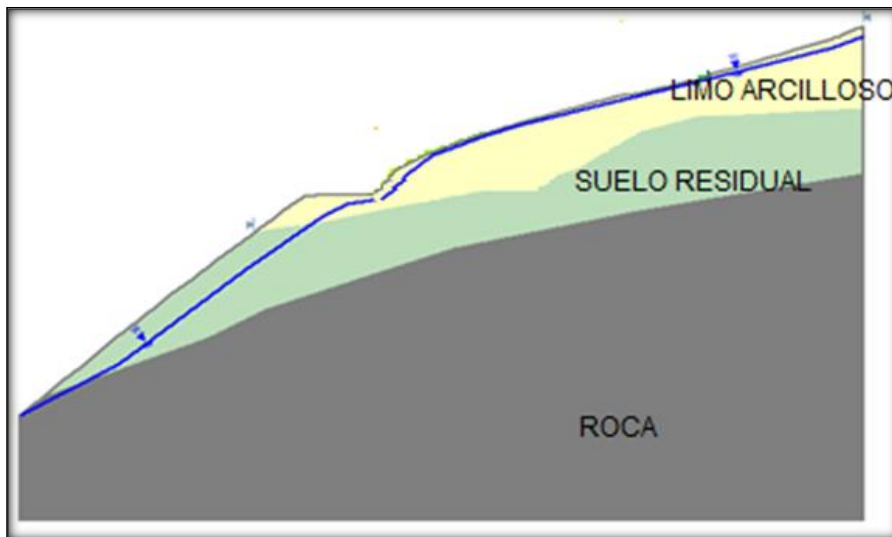
Fotografía 13. Descripción del talud ubicado



Fuente. Autor

6.3 MODELO GEOLÓGICO GEOTÉCNICO

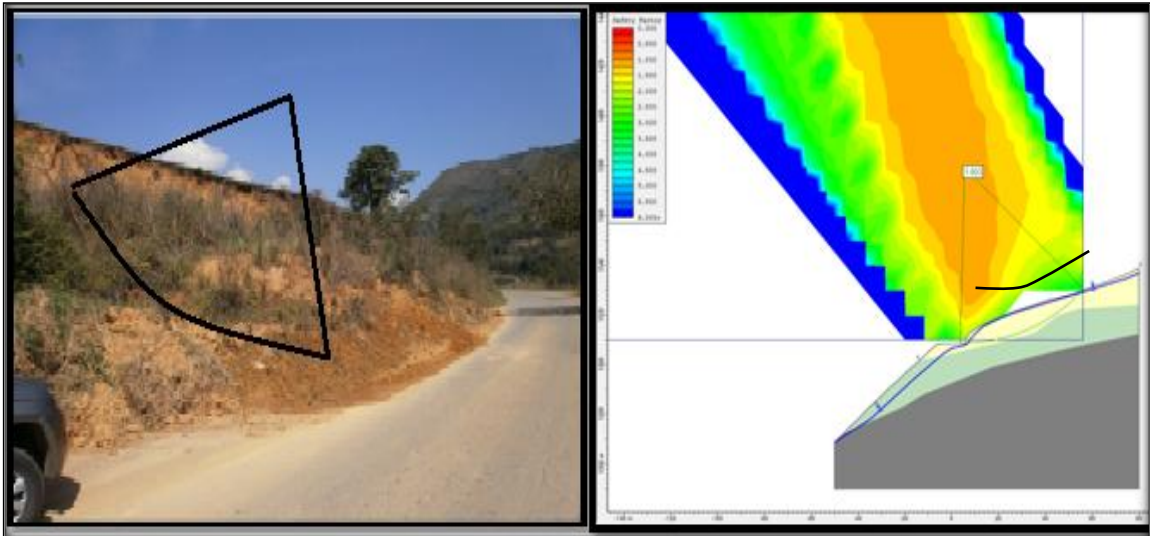
Fotografía 14. Perfil modelado en Slide



Fuente. Autor

En la ilustración 46 se muestra como la superficie de falla arrojada por la simulación, con propiedades geotécnicas aleatorias, se ajusta satisfactoriamente a la falla encontrada en campo.

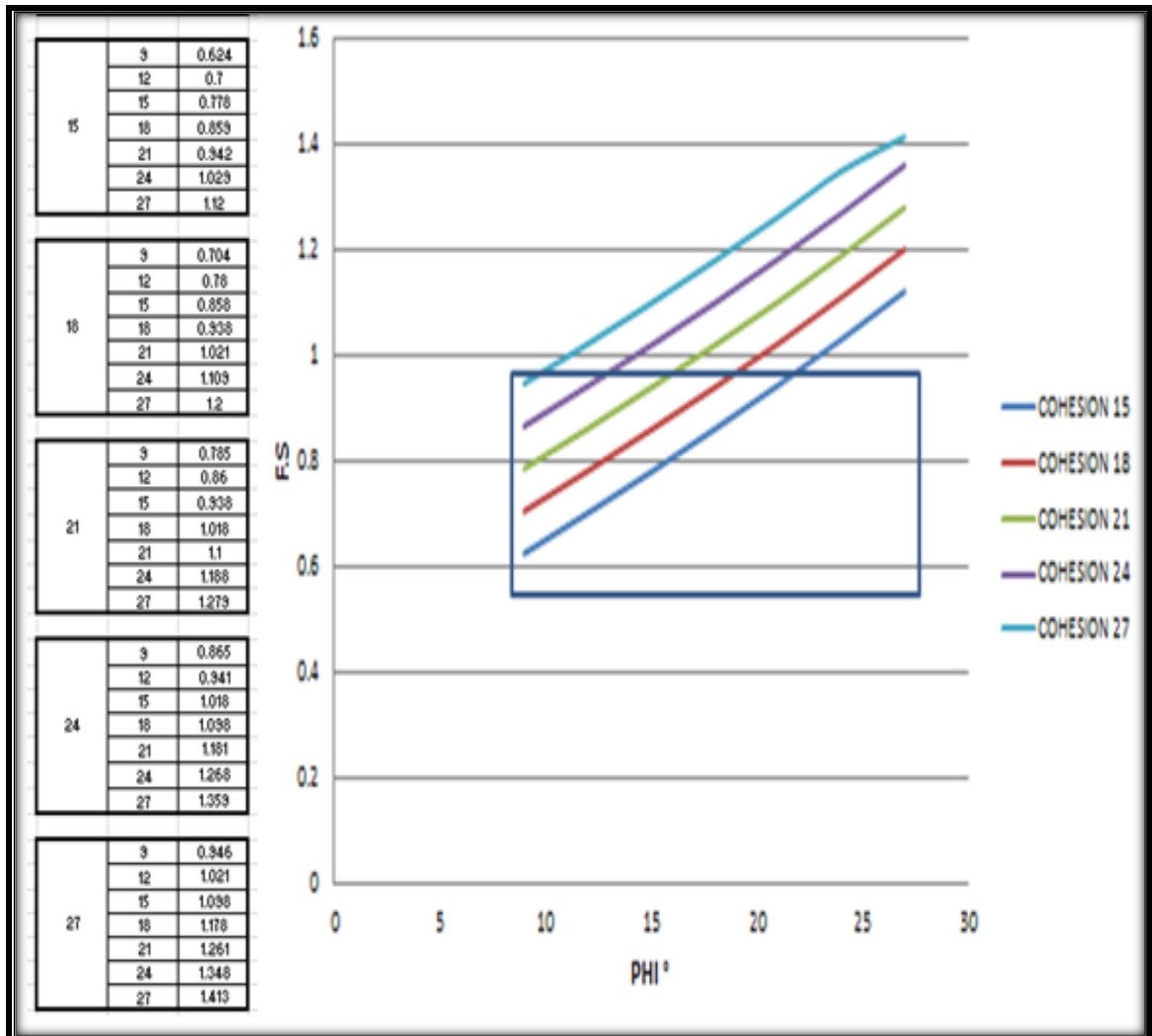
Ilustración 46. Perfil calibrado en Slide



Fuente. Autor

Luego de determinar el modelo que se ajusta a las condiciones encontradas en campo, se realizó variaciones de las propiedades geotécnicas del suelo superficial con el fin de encontrar las propiedades que se ajusten a factores de seguridad que representen la falla de la ladera, como se observó en campo. En la siguiente Figura se muestra el resumen de los factores de seguridad para las diferentes cohesiones y ángulos de fricción, de donde se filtraran las propiedades que se ajusten al modelo real.

Ilustración 47. Factores de seguridad



Fuente. Autor

En este caso se consideran como valores de factor de seguridad críticos por debajo de 1.0, con lo cual los valores de cohesión por debajo de 21 KN/m² y ángulos de fricción por debajo de 19° estarían dentro del intervalo de rotura de la ladera. Con los resultados de laboratorio de los parámetros geotécnicos para las muestras tomadas y la combinación de los parámetros obtenidos a partir de la calibración del modelo mostrado en la ilustración 46 se asumen las propiedades del suelo entre los rangos definidos que mejor se ajusten a la falla presentada en la ladera.

Para la simulación del terreno natural se identificó una estratificación con tres suelos entre los cuales se encuentra superficialmente un suelo residual meteorizado, bajo este se encuentra el suelo residual de la formación Rosa Blancas y en la siguiente estratificación se encuentra la roca dura de la misma formación. Partiendo de los datos obtenidos en laboratorio las características para cada estrato son las siguientes:

6.3.1 Suelo coluvial superficial

- Cohesión 21 (KN/m²)
- Angulo de fricción 18°
- Peso específico de 19 (KN/m³)

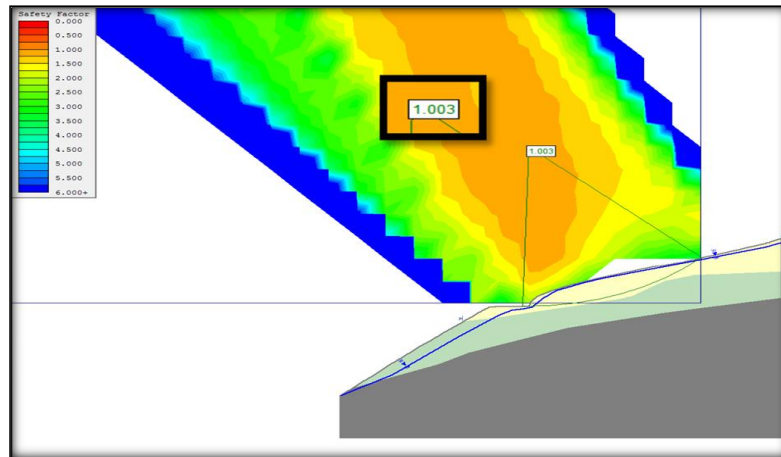
6.3.2 Suelo residual que se encuentra bajo el coluvión

- Cohesión 25 (KN/m²),
- Ángulo de fricción 35°
- Peso específico de 19 (NK/m³)

Finalmente, en el análisis de suelo para el estrato de roca dura se asume infinitamente rígido, y se considera que sobre esta roca no se producen fallas de tipo Mohr Coulomb. En la simulación realizada para estos parámetros establecidos se observa que la falla del terreno mediante simulación concuerda con la encontrada en campo.

A continuación se muestra la simulación del perfil, con su respectiva superficie de falla y factor de seguridad.

Ilustración 48. Perfil 1 sin obras de estabilización modelado en Slide



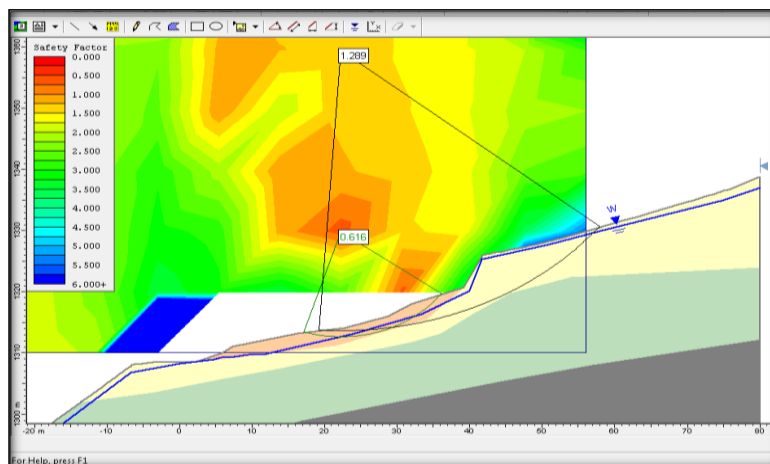
Fuente. Autor

6.4 VERIFICACIÓN DE LAS CONDICIONES DEL TERRENO NATURAL MEDIANTE SOFTWARE SLIDE

Compuesto por dos escenarios el estático y el pseudoestático.

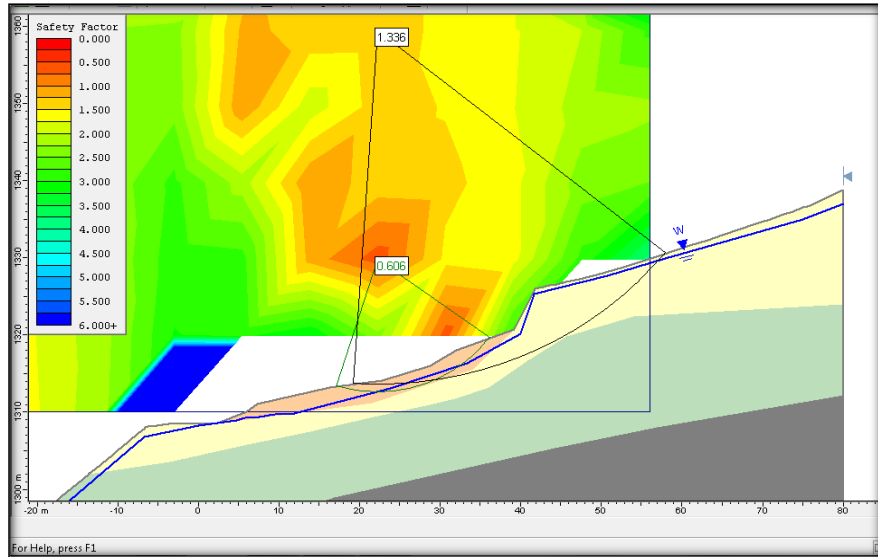
6.4.1 Modelamiento Escenario Estático

Ilustración 49. Perfil 1 modelado según Bishop



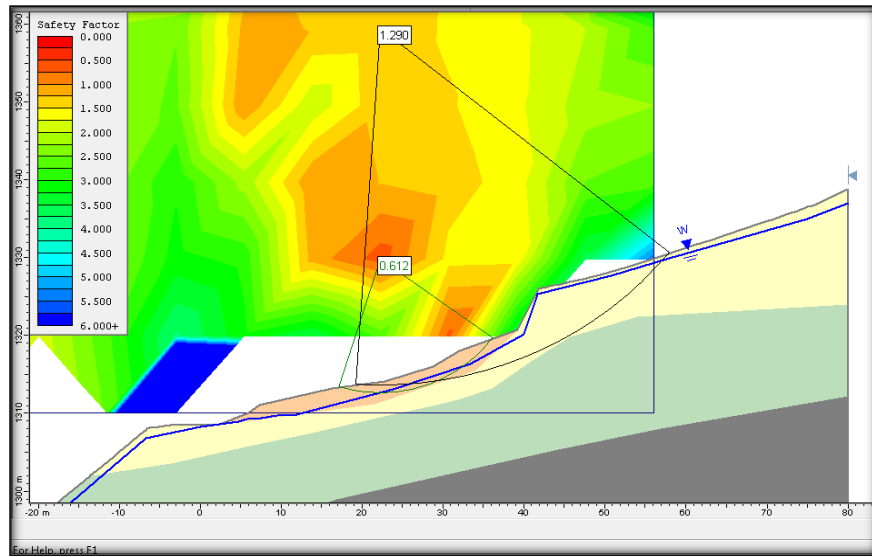
Fuente. Autor

Ilustración 50. Perfil 1 modelado según Jambú



Fuente. Autor

Ilustración 51. Perfil 1 modelado según Spencer



Fuente. Autor

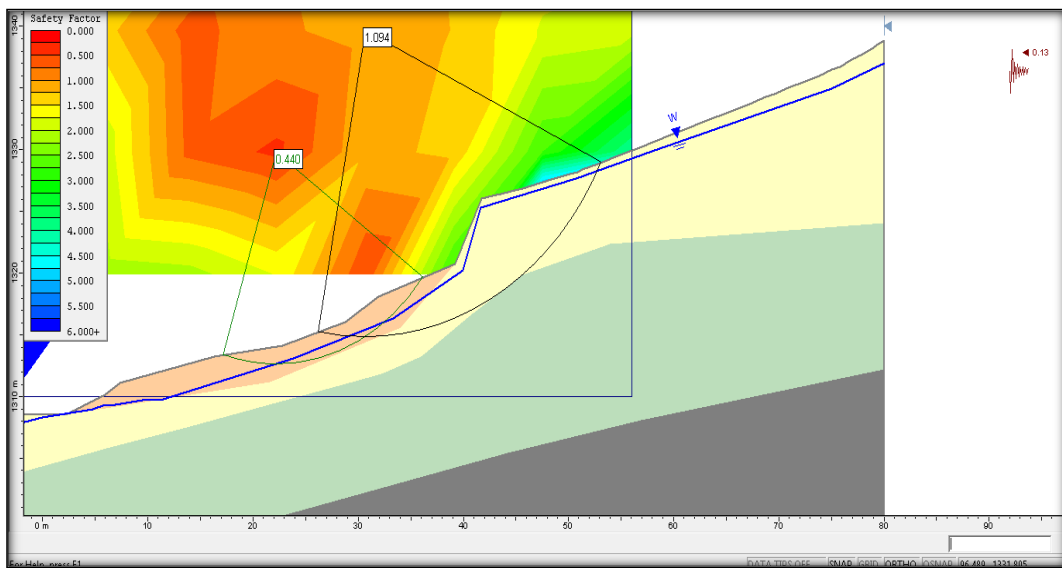
Ilustración 52. Relación entre factor de seguridad y probabilidad de falla



Fuente. Autor

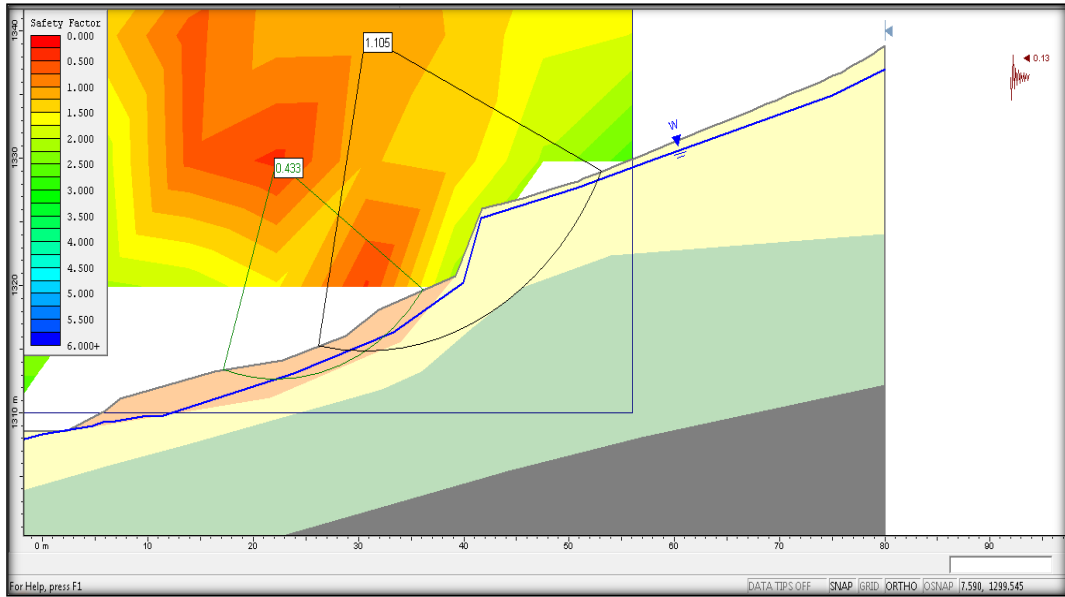
6.4.2 Modelamiento Escenario Pseudo Estático

Ilustración 53. Perfil 1 modelado según Bishop



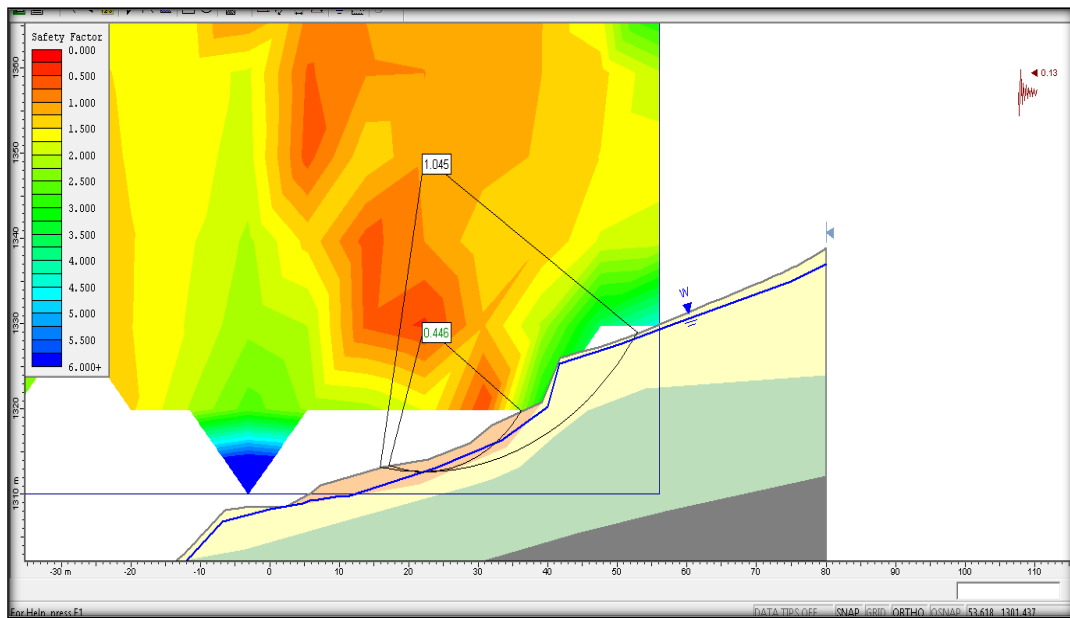
Fuente. Autor

Ilustración 54. Perfil 1 modelado según Jambú



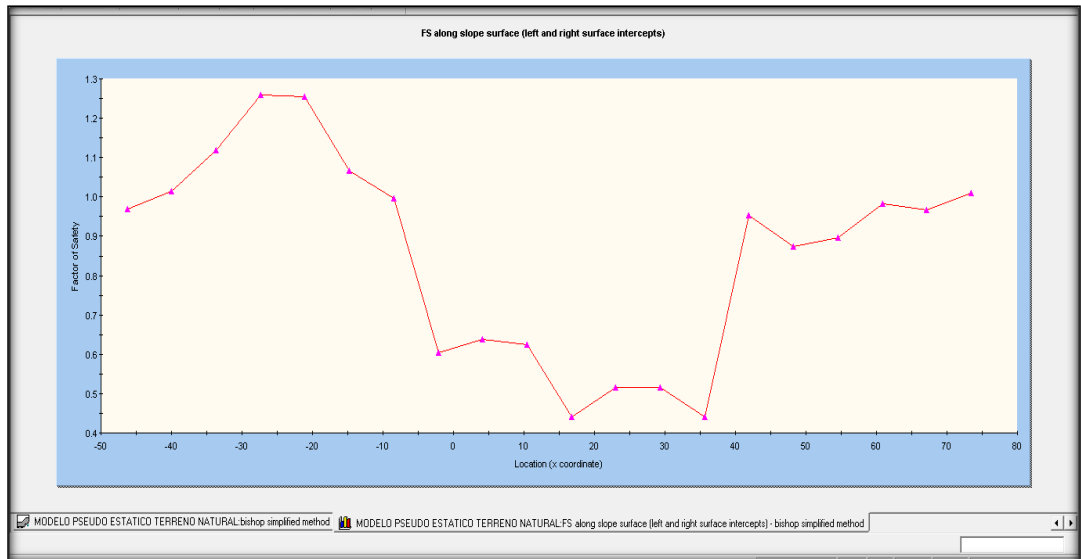
Fuente. Autor

Ilustración 55. Perfil 1 modelado según Spencer



Fuente. Autor

Ilustración 56. Relación entre factor de seguridad y probabilidad de falla



Fuente. Autor

6.5 MEDIDAS DE MITIGACIÓN PROPUESTAS

A continuación se presenta las actividades principales a desarrollar para la estabilización de la ladera:

- Retiro del material deslizado
- Drenes de penetración
- Cunetas flexibles.
- Cunetas Rígidas.
- Cunetas revestidas en concreto.
- Filtros para Gaviones.
- Muro en gaviones.
- Revegetalización.

Luego de encontrar las propiedades del suelo superficial, se procede a plantear las obras necesarias para la estabilización de la ladera para un escenario pseudoestático, usando una aceleración sísmica de 0.133 g y nivel freático máximo.

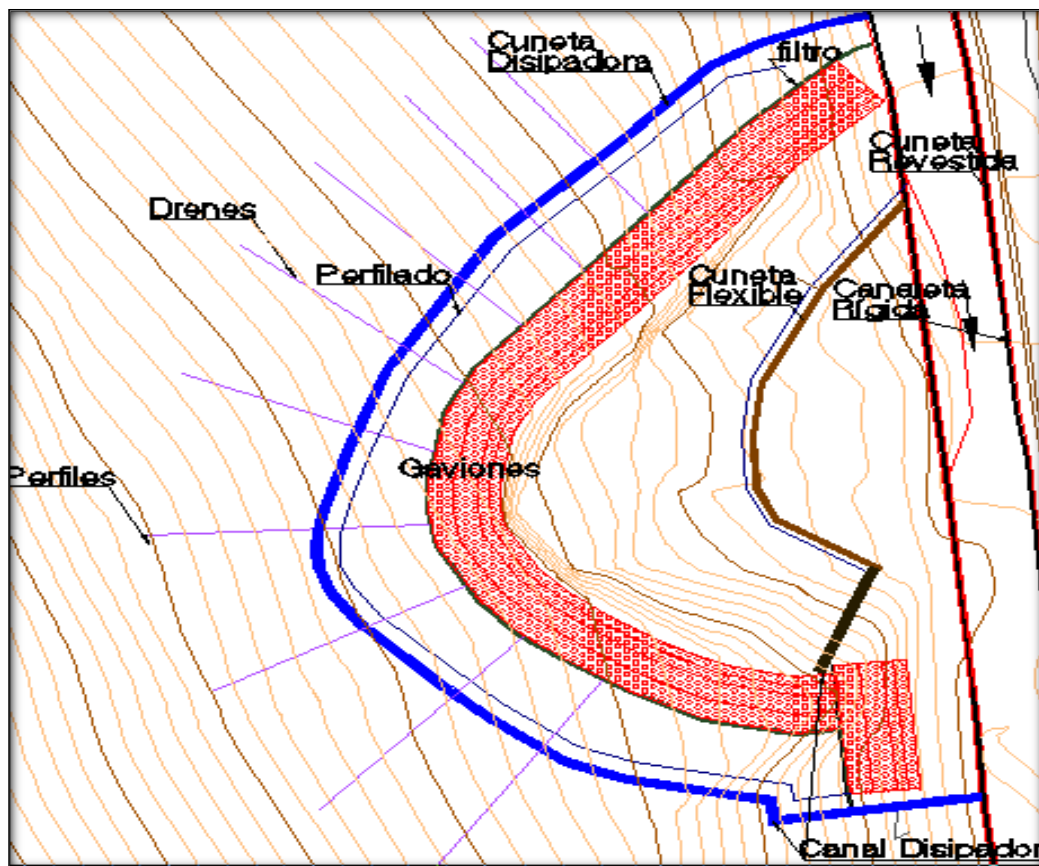
Inicialmente se debe remover toda la masa deslizada que se encuentra en el sector, luego para la estabilización de la ladera se realizaran 2 cortes sobre la misma, con el fin de disminuir la masa de suelo sobre el talud y la ubicación de las bermas. Sobre la terraza del talud inferior se ubicaran las canaletas flexibles de geometría trapezoidal, con un ancho superior de 0.5 m, ancho inferior de 0.3 m. y una altura de 0.4 m, y sobre la corona del talud se ubicaran canaletas disipadoras con geometría trapezoidal y saltos graduales de acuerdo a la topografía, con un ancho superior de 0.8 m, ancho inferior de 0.5 m. y una altura de 0.6 m, que tienen la función de recolectar las aguas de escorrentía y las recolectadas por los drenes de penetración que posteriormente son arrojadas a las cunetas revestidas en concreto que se encontraran en el borde de la vía. Para la conducción de las aguas superficiales desde los cortes de la ladera hacia las canaletas flexibles, se debe dejar un ángulo mínimo de 2° con respecto a la horizontal, con dirección hacia las canaletas flexibles ubicadas aproximadamente un metro desde el pie del corte vertical de la ladera (si es posible), con el fin que no se depositen materiales sólidos productos de la erosión de los cortes semi-verticales.

Sobre los cortes semi-verticales se ubicara la revegetalización que se realizará por medio de Pasto Vetiver, Maní Forrajero ó de acuerdo a las especies encontradas en el sector. También se plantea una línea de drenes de penetración horizontal con una longitud de 24 metros y un ángulo de inclinación entre 5° y 10° en forma ascendente para el control de aguas de infiltración y de nivel freático, estos drenes se encuentran ubicados en la parte posterior de los muros en Gavión, al igual que los filtros que tienen la función de recolectar el agua proveniente de estos drenes que posteriormente la entregaran a las canaletas flexibles.

Sobre el corte superior del talud se plantea un sistema de muros en gavión, que sirven para la estabilización del talud y control del movimiento de este, el ancho de este muro en gavión de plantea inicialmente de 6 m y una altura de 7 m, sin embargo el ancho disminuye a 4 m sobre la corona del muro, de obras de la alternativa..

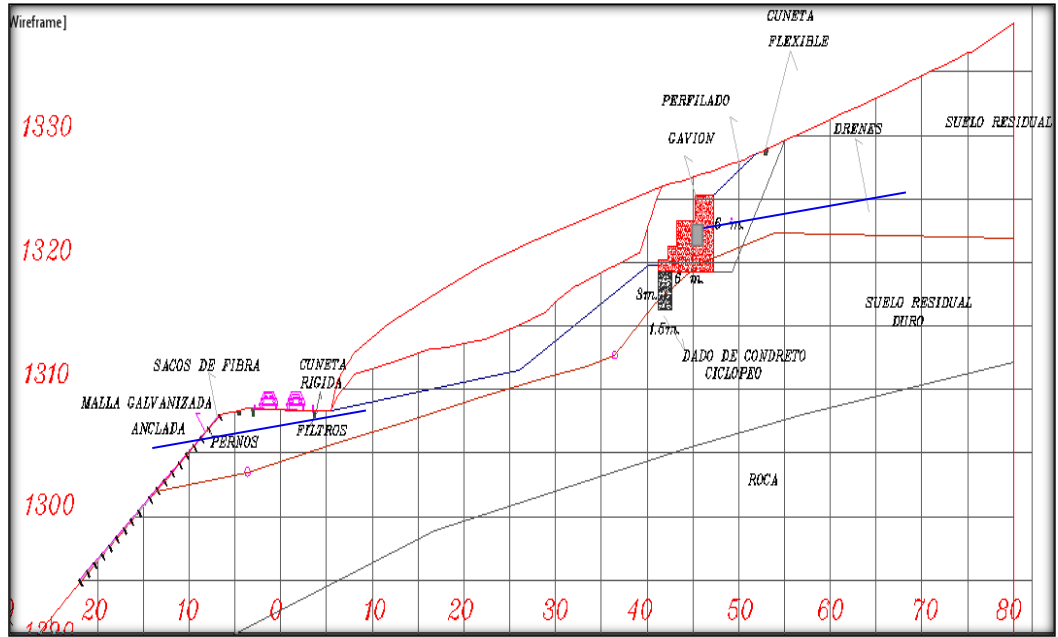
Sobre los bordes de la calzada se plantea la construcción de cunetas revestidas en concreto al igual que un sistema de filtros que se ubican debajo de estas, con el fin de recolectar y dirigir las aguas que se infiltran hacia un sistema de alcantarillas. En las siguientes figuras se muestran los detalles de las obras planteadas.

Ilustración 57. Obras en Planta



Fuente. Autor

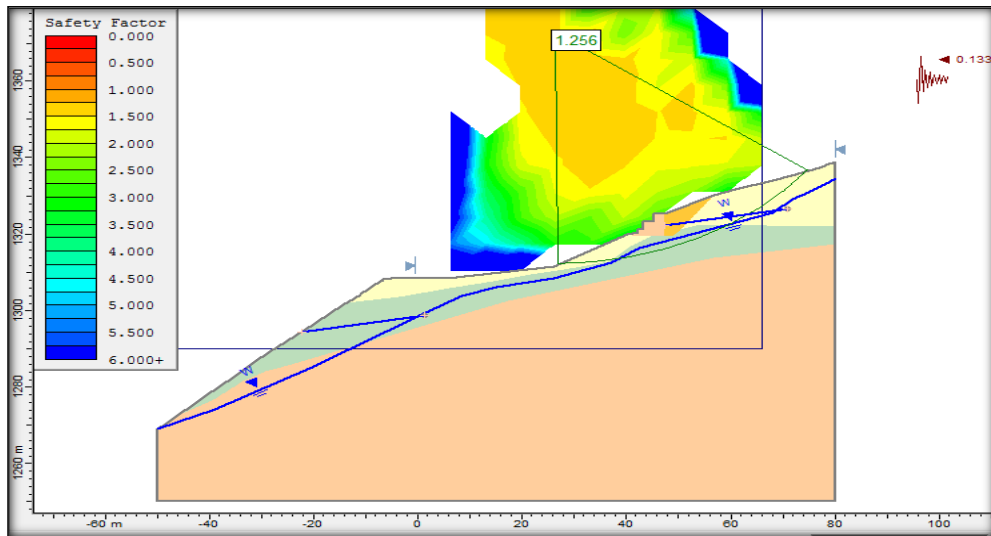
Ilustración 58. Obras en Perfil



Fuente. Autor

Modelamiento de la ladera con las intervenciones propuesta para su respectiva estabilización y control de erosión.

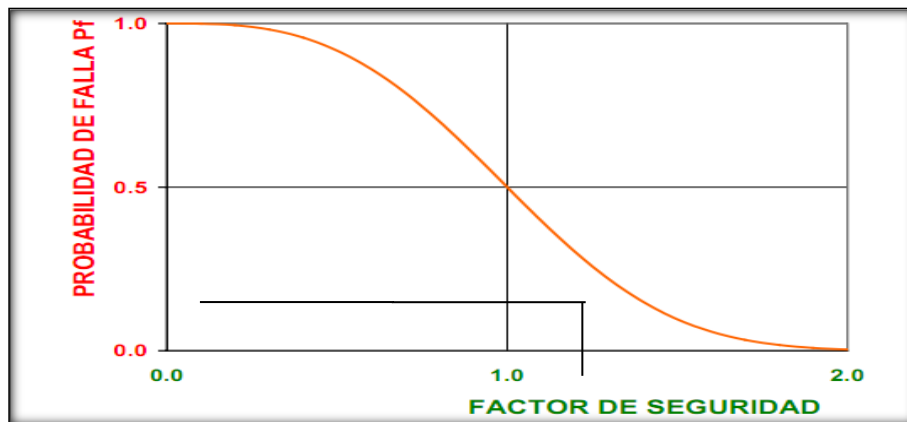
Ilustración 59. Perfil con obras de estabilización modelado en Slide



Fuente. Autor

En la ilustración anterior se observa que al simular las obras de estabilización propuestas en la alternativa el factor de seguridad aumenta hasta 1.26 en un escenario seudoestático. De acuerdo a la relación entre el factor de seguridad y la probabilidad de falla, para un factor de seguridad de 1.26 se obtiene una probabilidad de falla aproximada del 20%.

Ilustración 60. Relación entre factor de seguridad y probabilidad de falla



Fuente. Harr 1987; Sánchez, 2005

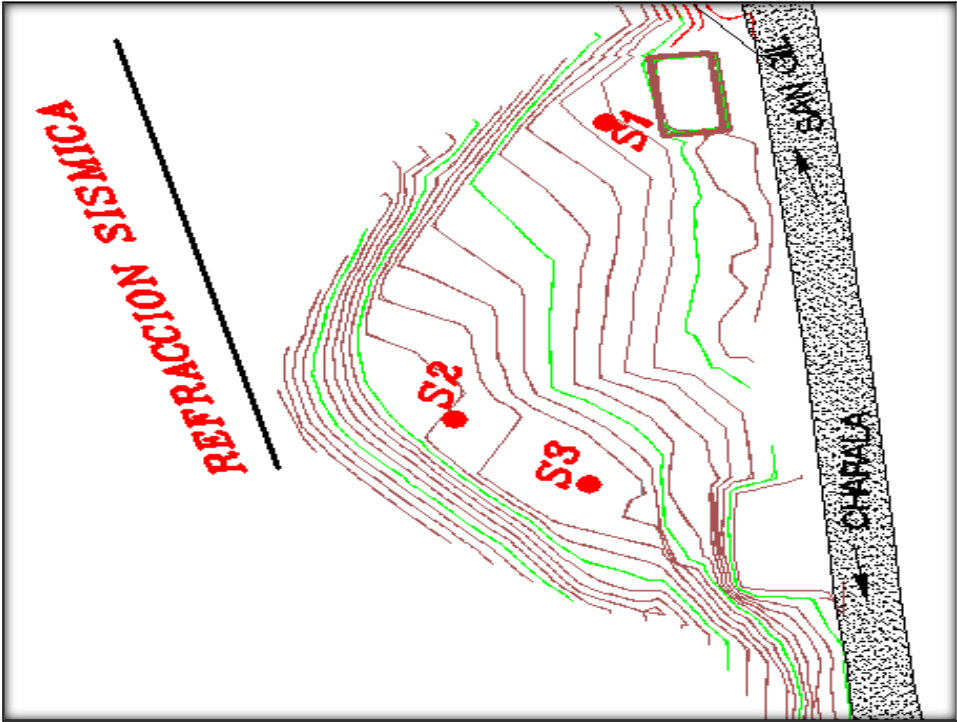
6.6 SEGUNDA FASE DE EXPLORACION

Una vez realizada las terrazas indicadas en la primera alternativa de diseño se procede a corroborar la capacidad portante del sitio donde se cimentarían los gaviones con la siguiente exploración de campo.

6.6.1 Investigaciones de Campo

Con el fin de conocer en detalle el tipo de material en este sector, se realizó el siguiente plan de exploración, el cual consistió en la realización de tres (03), os sondeos se ejecutaron a profundidades de 0.5 - 8m y dos (02) sondeos de refracción sísmica.

Ilustración 61. Ubicación de los sondeos en planta



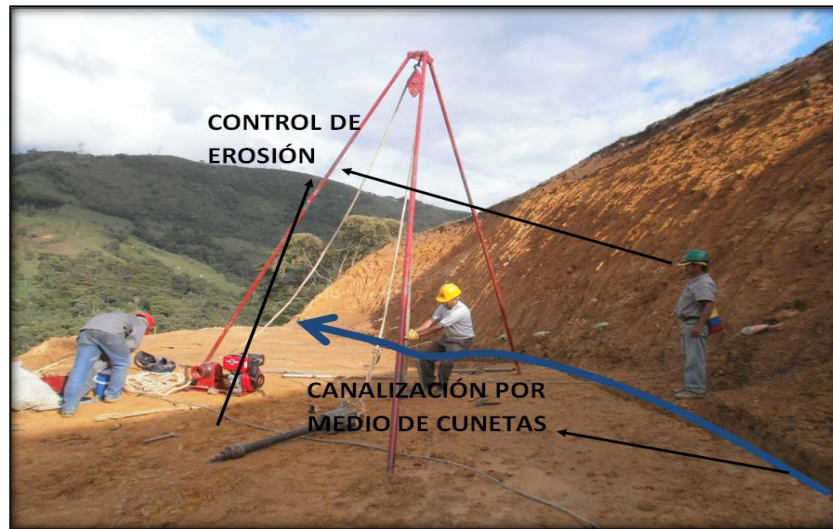
Fuente. Autor

Fotografía 15. Panorámica de la terraza



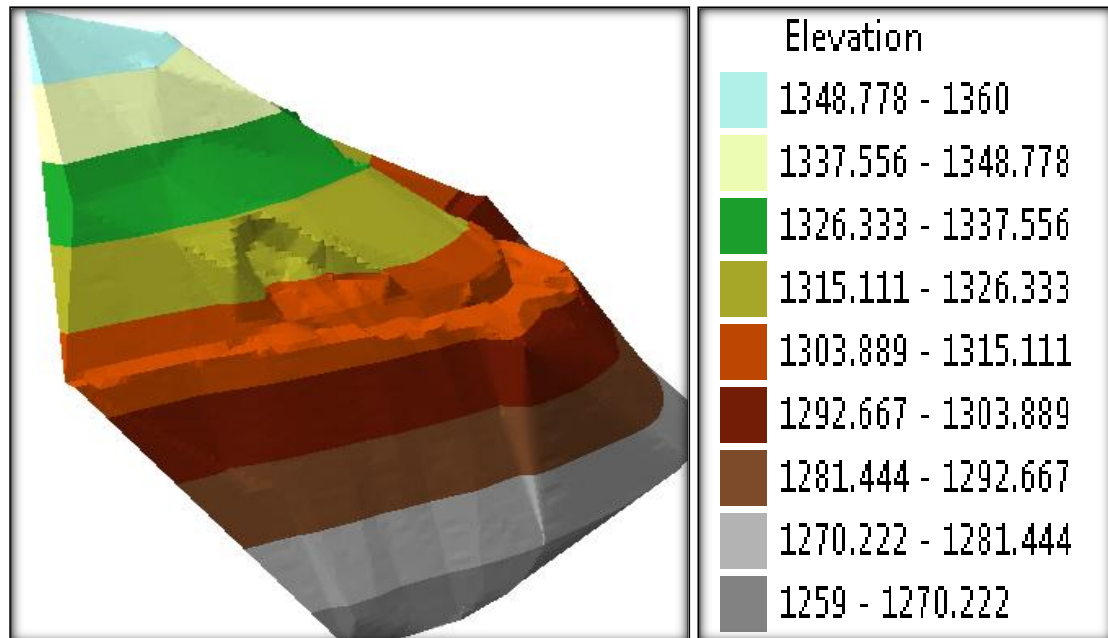
Fuente. Autor

Fotografía 16. Toma de ensayo SPT sobre la terraza.



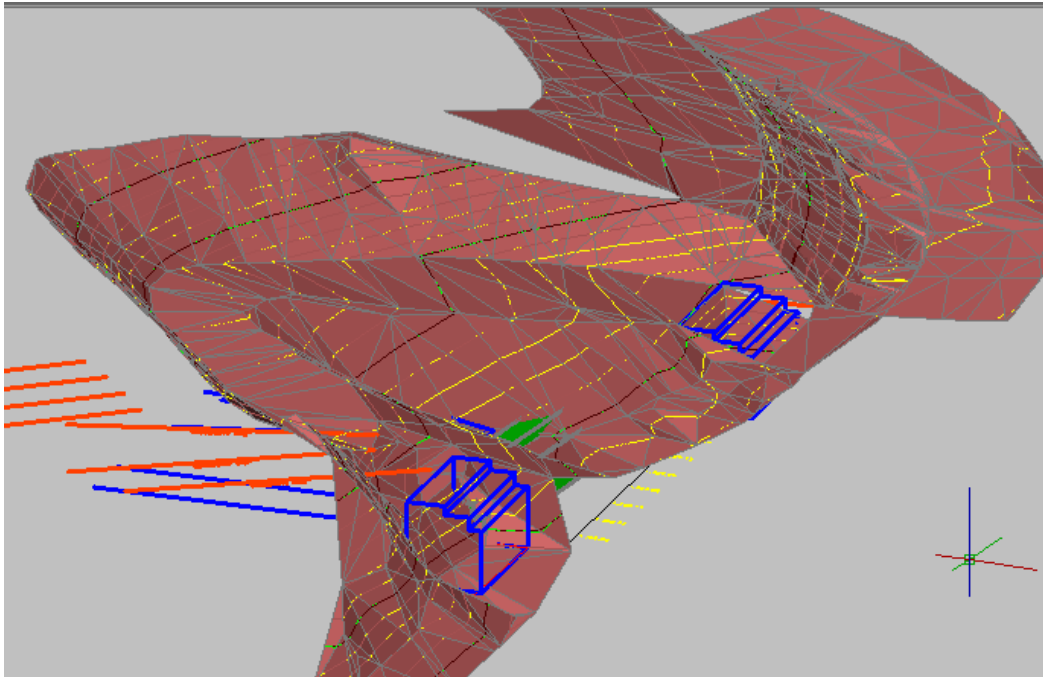
Fuente. Autor

Fotografía 17. Tridimensional una vez realizada la terraza



Fuente. Autor

Ilustración 62. Vista tridimensional del talud en estudio.



Fuente. Autor

6.6.2 Principio Físico de la Refracción Sísmica

Una fuente impulsiva crea una sísmica de onda (ondas sonoras) que viaja a través de la tierra. Cuando el frente de onda alcanza un nivel de mayor velocidad (por ejemplo, roca) una porción de la energía se refracta, o se dobla, y viaja a lo largo del refractor como "frente de onda" a la velocidad de la refractor (BedRock).

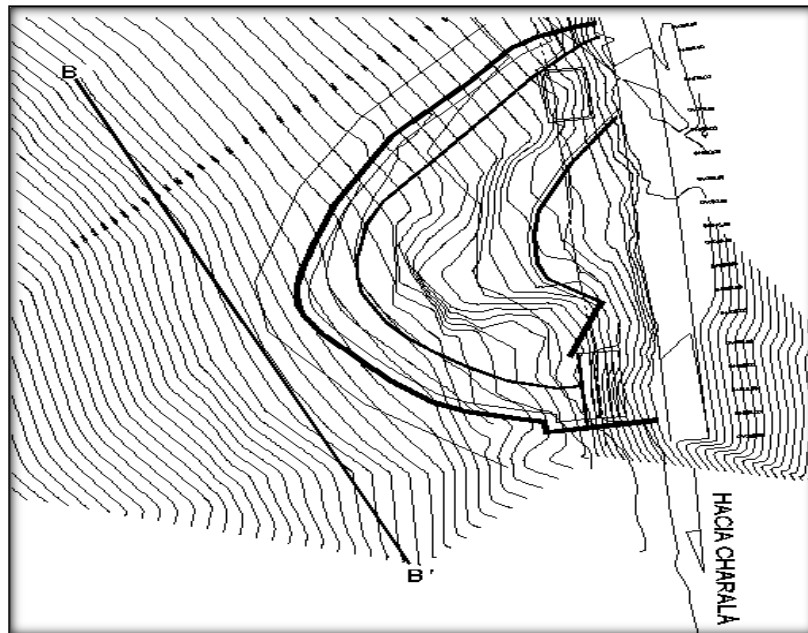
La energía a partir de la propagación de los frentes de onda deja el refractor en el "ángulo crítico" de refracción y vuelve a la superficie, donde su llegada es detectada por una serie de geófonos y registrada en un sismógrafo. El ángulo de refracción depende de la relación de velocidades en los dos materiales (Ley de Snell). Los tiempos de viaje de los impulsos generados por los frentes de onda son captados por cada geófono y registrados en el sismógrafo. De estos tiempos de

recorrido podemos calcular las velocidades de cada capa, su profundidad y podemos inferir sus propiedades físicas.

El estudio sísmico de refracción se llevó a cabo con el sismógrafo ES-3000. Un sistema de Ordenador portátil (LAPTOP) que se conecta a la caja de adquisición, que se utiliza para controlar el sistema de registro de los datos. Una batería de 12V como fuente para la caja de adquisición y una placa de acero con un martillo de 16Lb con los cuales se genera una señal buena captada por los geófonos.

Se usa el Seismodule Controller Software (SCS) para la adquisición de los registros de las señales captadas por los geófonos, este programa viene como parte del paquete enviado por GEOMETRICS en la compra del equipo SISMÓGRAFO ES-3000.

Ilustración 63. Ubicación Línea Sísmica



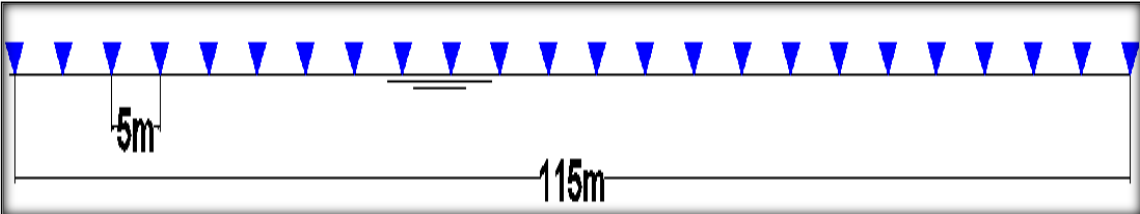
Fuente. Torres Ingeniería

Fotografía 18. Panorámica línea Sísmica



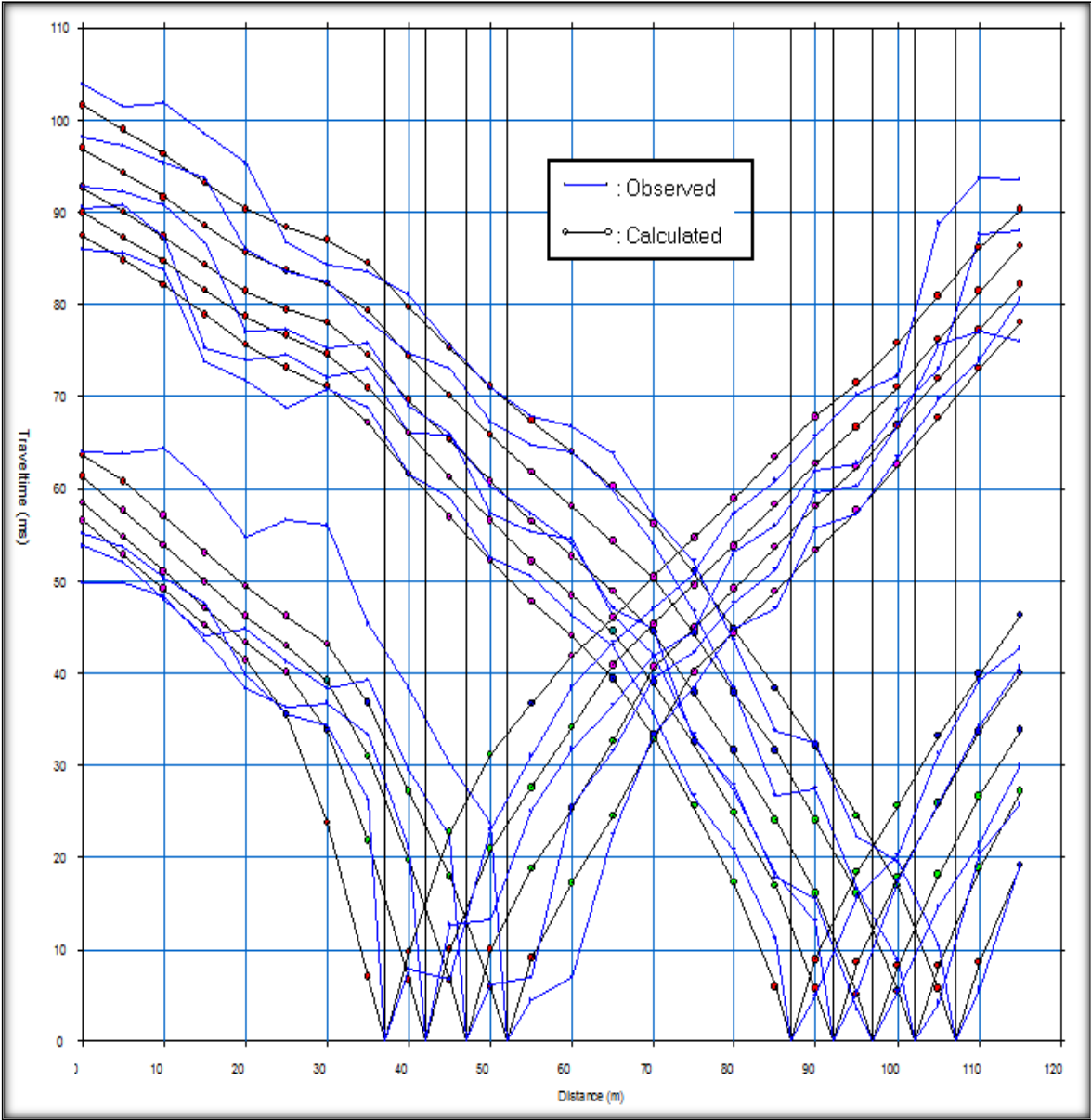
Fuente. Torres Ingeniería

Ilustración 64. Geometría de la Línea sísmica



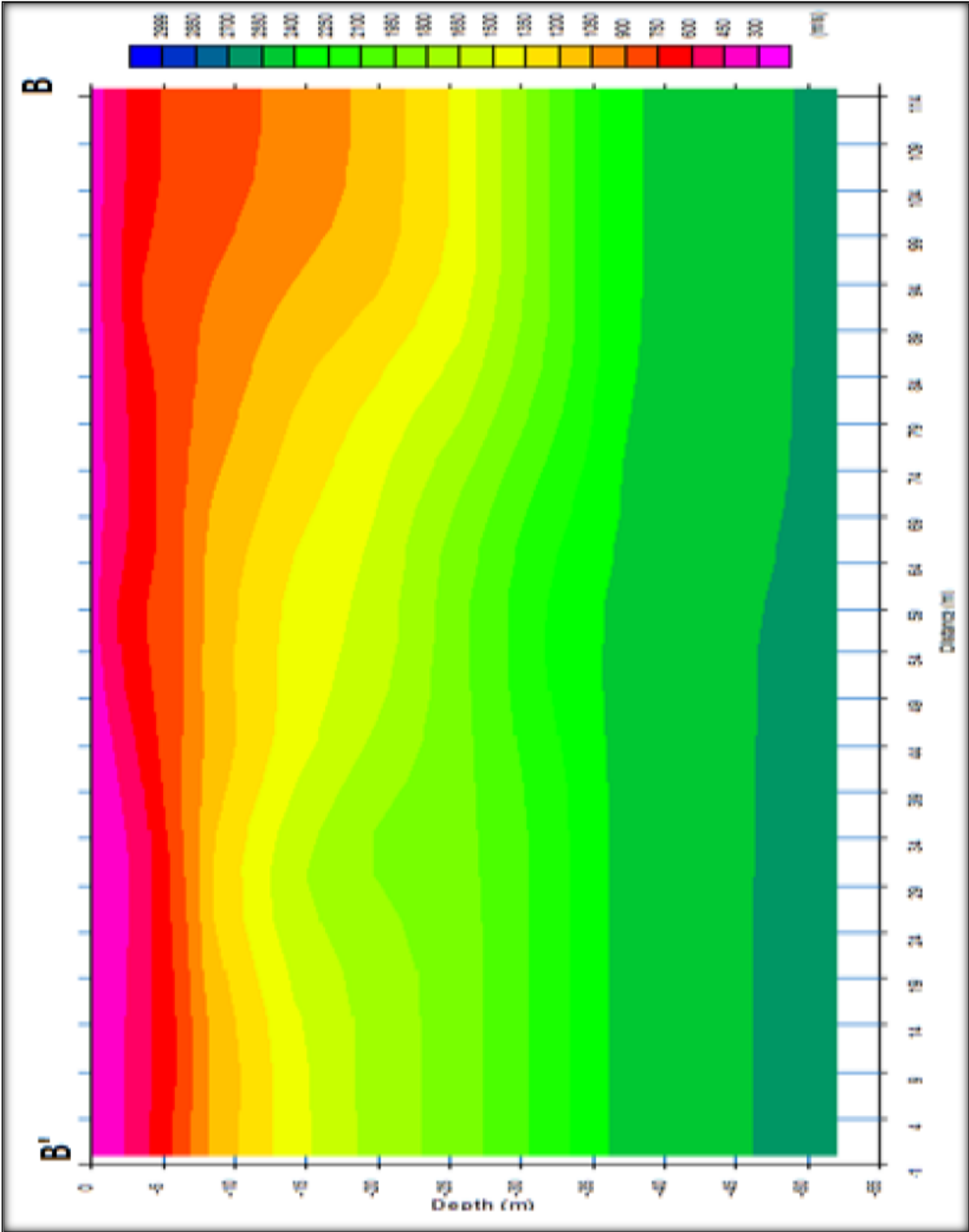
Fuente. Torres Ingeniería

Ilustración 65. Curva Camino- Tiempo-Línea Sísmica



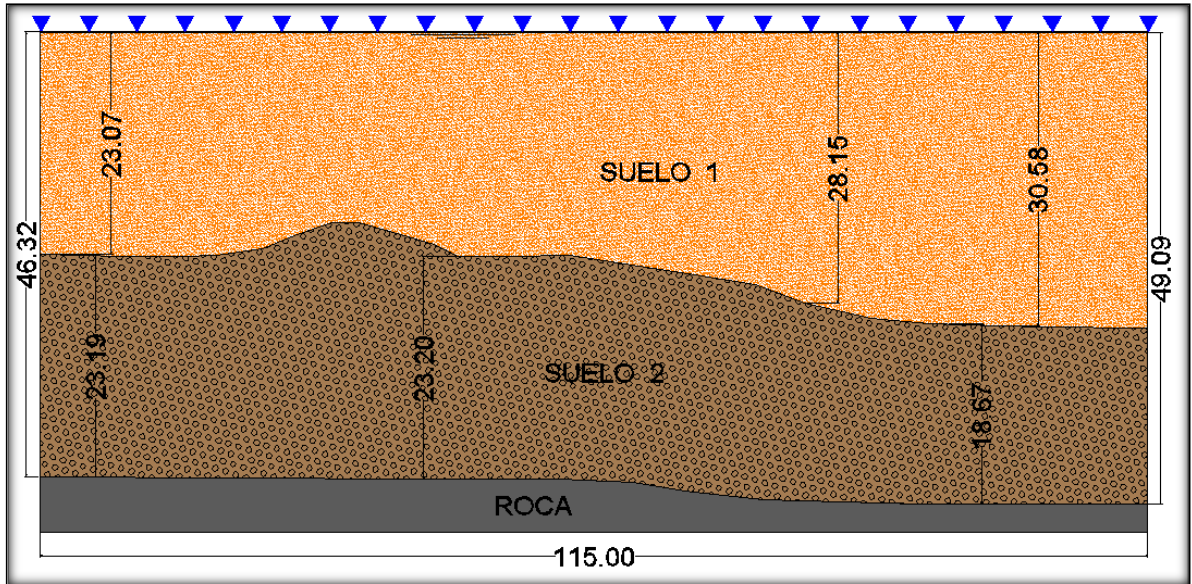
Fuente. Torres Ingeniería

Ilustración 66. Tomografía – Línea Sísmica



Fuente. Torres Ingeniería

Ilustración 67. Esquema Estratigráfico del Suelo



Fuente. Torres Ingeniería

6.6.3 Resultados Línea Sísmica

6.6.3.1 Geometría de la línea Sísmica

- Offset = 5.00m
- No. Geófonos = 24
- Distancia horizontal = 115m

6.6.3.2 Referenciación de la línea Sísmica

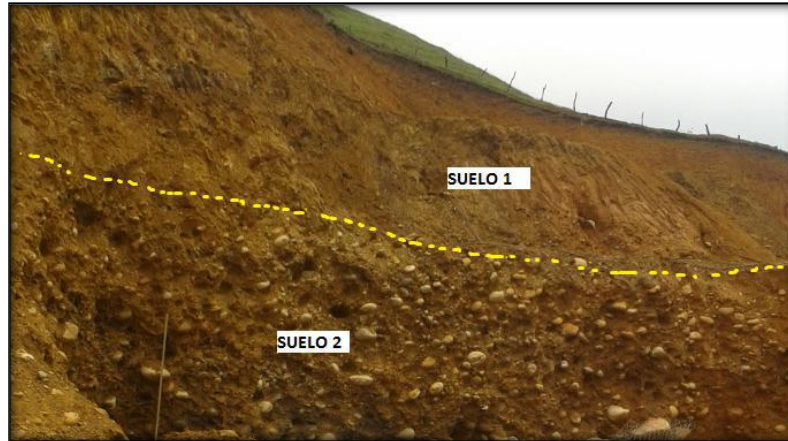
- Punto -B: E 1103298.7655 N1192202.6123
- Punto -B: E 1103350.2538 N 1192099.7826

6.6.3.3 Resultados

- Suelo 1: coluvial color pardo

- Suelo 2: residual cantos 20cm de diámetro hasta 1m
- Roca: $V_p > 2400$ m/s no aflorante en el perfil analizado.

Fotografía 19. Detalles del suelo



Fuente. Torres Ingeniería

Para el sector k6+100 se realiza el análisis de 3 capas mediante el método “Time term- inversion” y tomografía sísmica con inversión para parámetros normales.

Tabla 9. Resumen de resultados

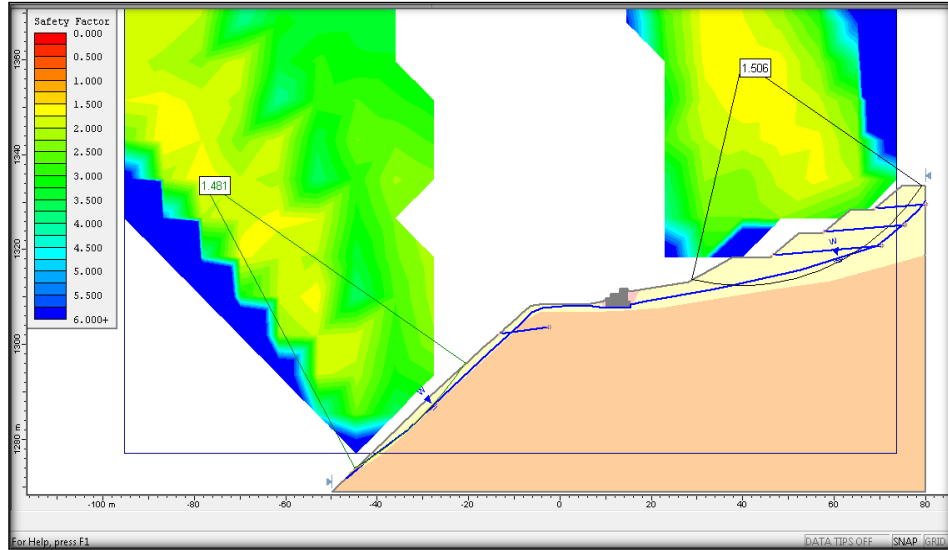
CAPA	Vs(m/s)	Vp(m/s)	Ho promedio	Hf promedio
1	128.625	450	0	26
2	750.98	1950	26	46
3	1616.5	2800	46	---

Fuente. Torres Ingeniería

En las 2 capas del sector k6+100 corresponde a cantos de diámetro entre 10 y 20 cm aproximadamente sobre matriz limo arenosa con saturación media. Con la información obtenida del ensayo de refracción sísmica se procede a correr el modelo en SLIDE.

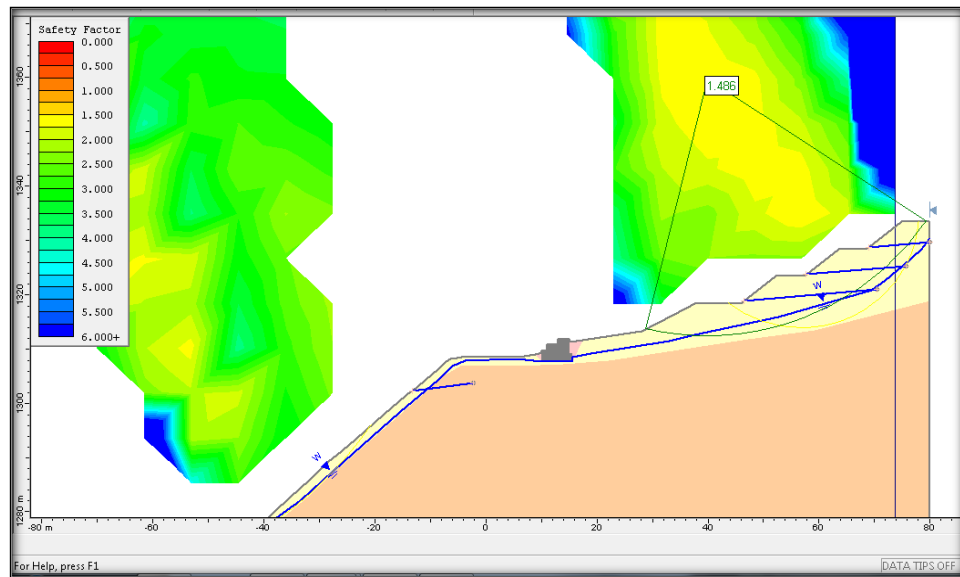
6.6.4 Modelamiento Escenario Estático

Ilustración 68. Perfil 1 modelado según Bishop



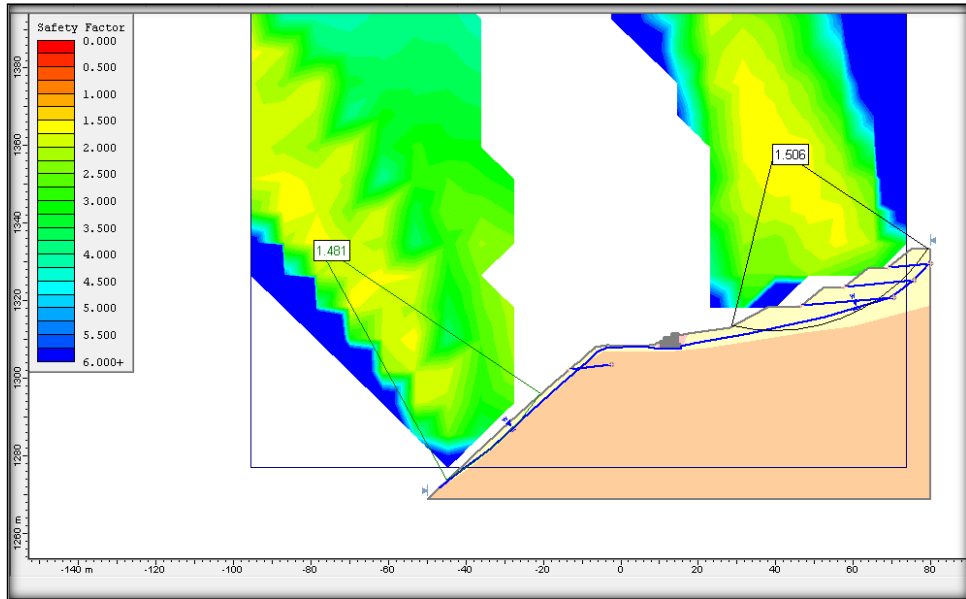
Fuente. Autor

Ilustración 69. Perfil 1 modelado según Jambu



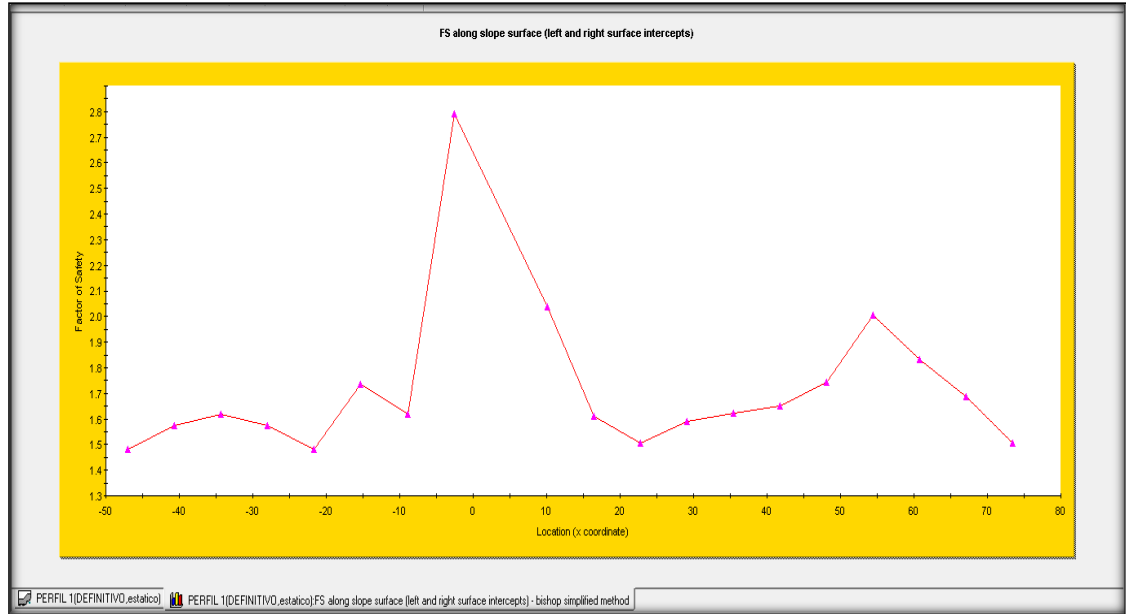
Fuente. Autor

Ilustración 70. Perfil 1 modelado según Spencer



Fuente. Autor

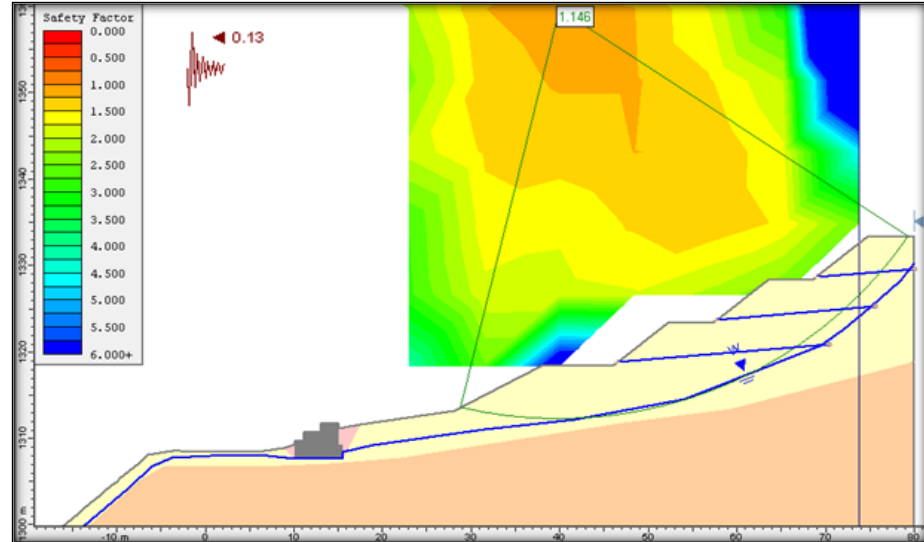
Ilustración 71. Relación entre factor de seguridad y probabilidad de falla



Fuente. Autor

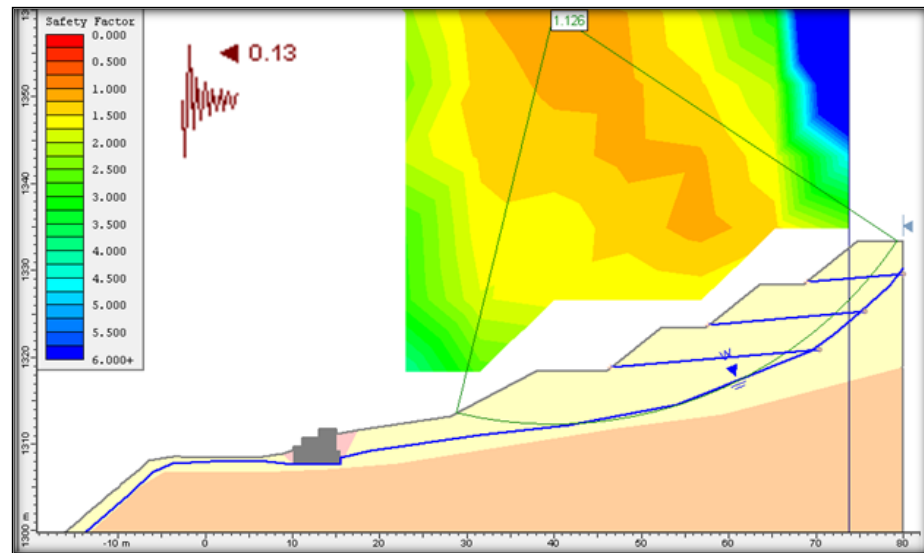
6.6.5 Perfil 1 – Modelamiento Seudoestático

Ilustración 72. Perfil 1 modelado según Bishop



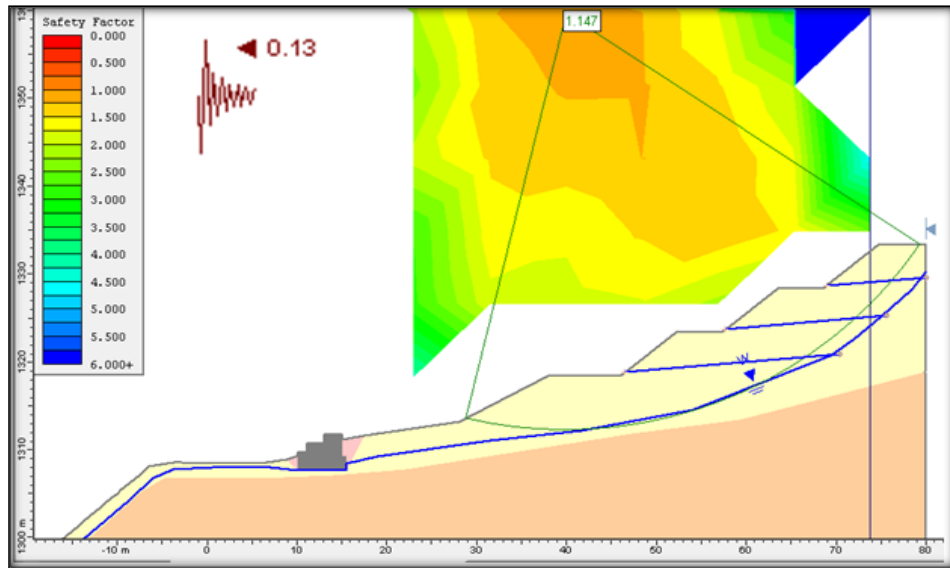
Fuente. Autor

Ilustración 73. Perfil 1 modelado según Jambu



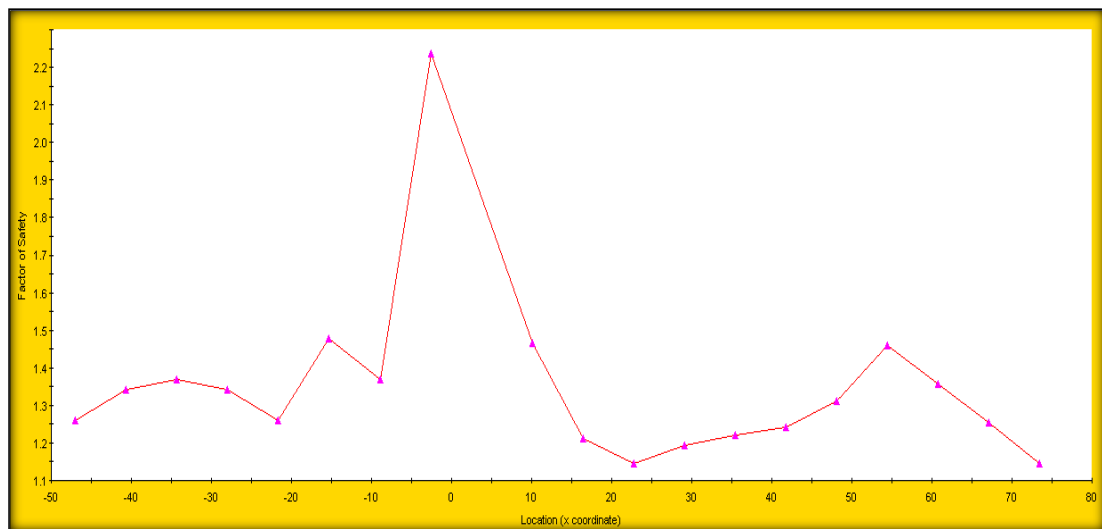
Fuente. Autor

Ilustración 74. Perfil 1 modelado según Spencer



Fuente. Autor

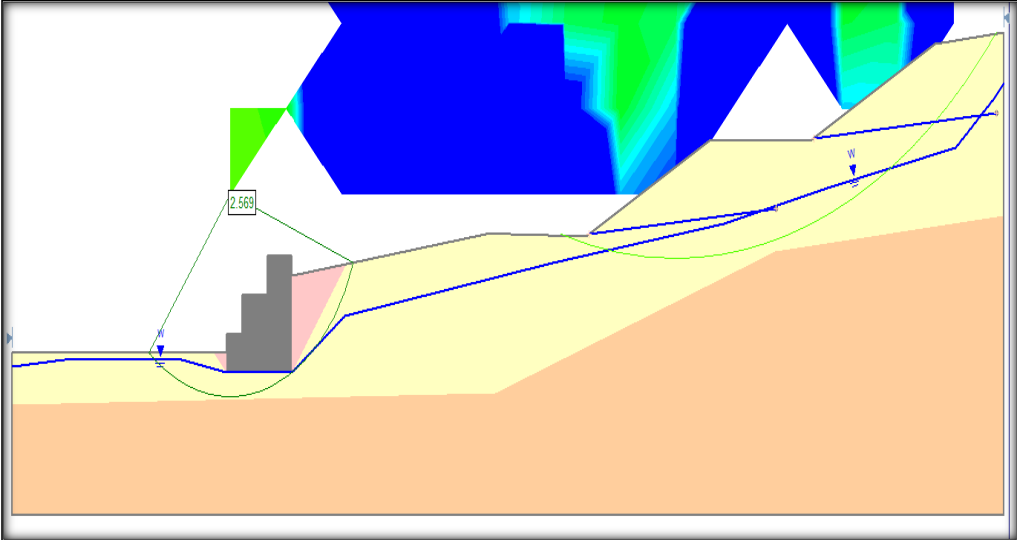
Ilustración 75. Relación entre factor de seguridad y probabilidad de falla



Fuente. Autor

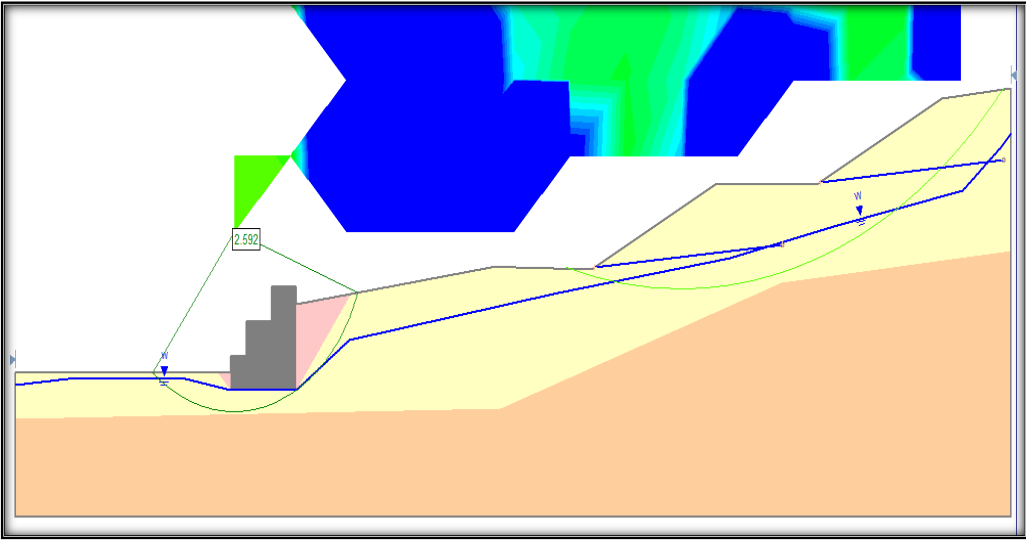
6.6.6 Perfil 2 – Modelamiento Estático

Ilustración 76. Perfil 2 modelado según Bishop



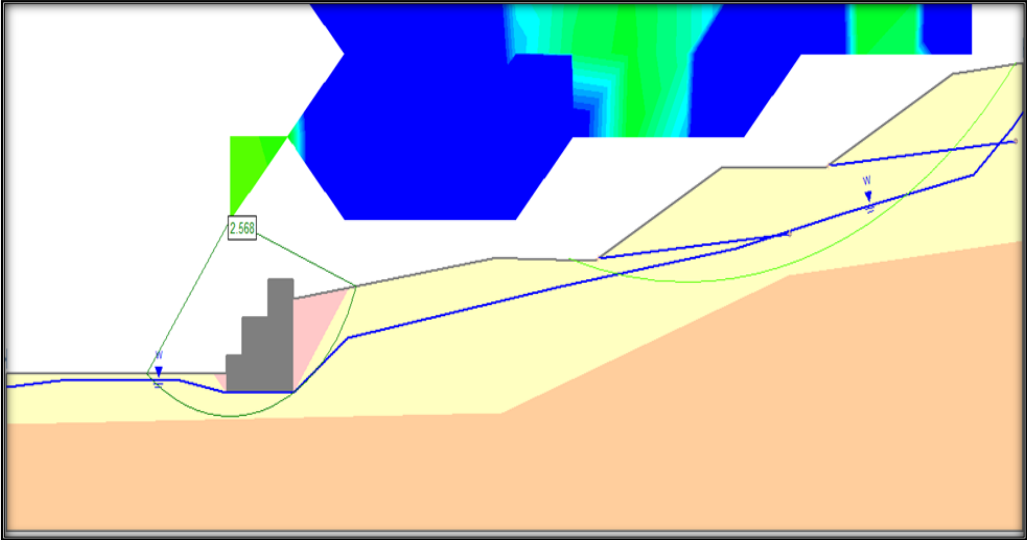
Fuente. Autor

Ilustración 77. Perfil 2 modelado según Jambu



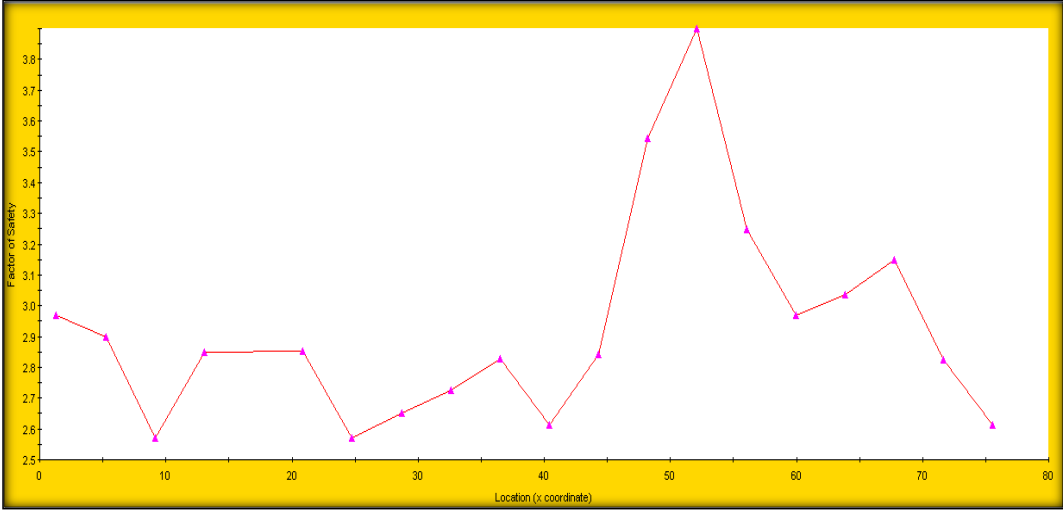
Fuente. Autor

Ilustración 78. Perfil 2 modelado según Spencer



Fuente. Autor

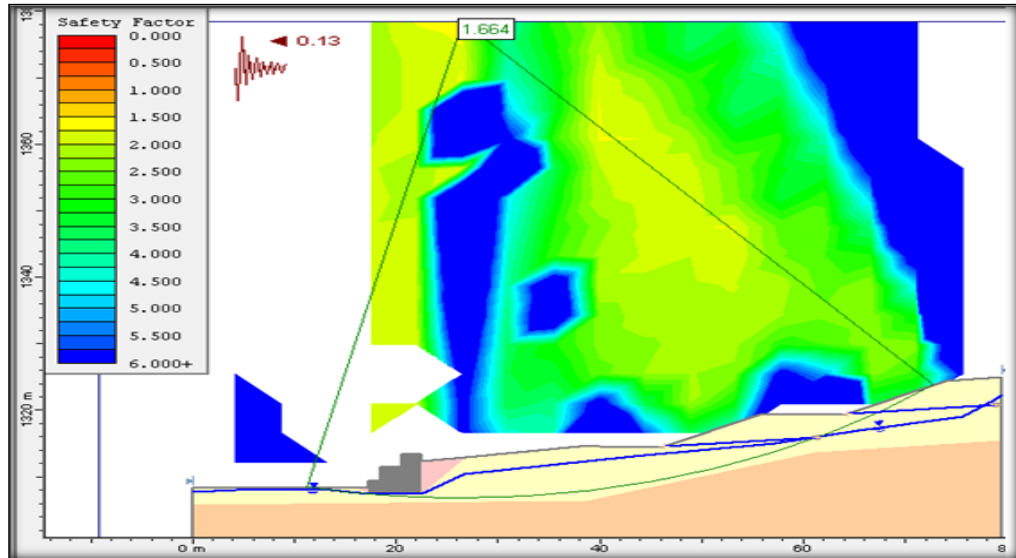
Ilustración 79. Relación entre factor de seguridad y probabilidad de falla



Fuente. Autor

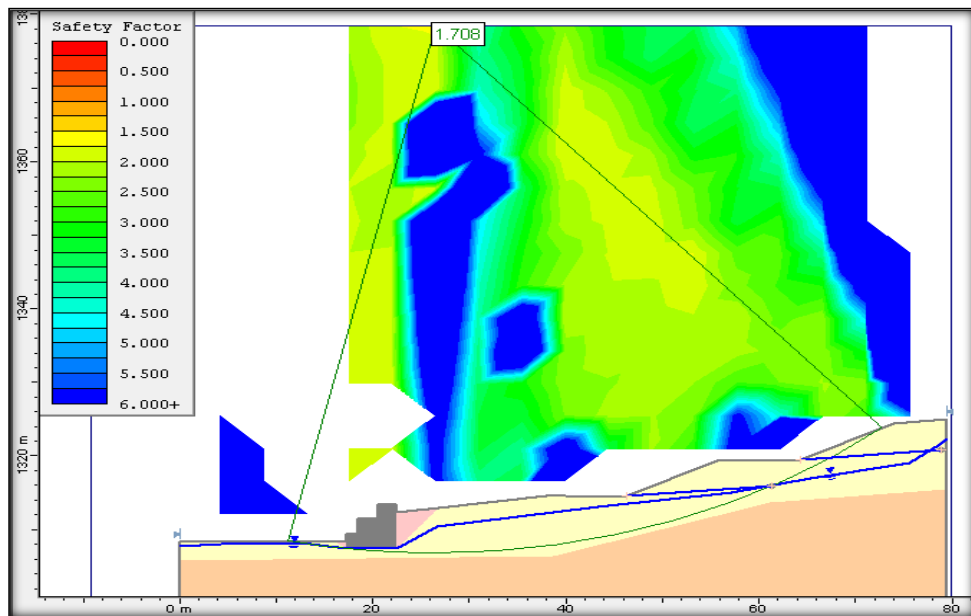
6.6.7 Perfil 2 – Modelamiento Pseudo Estático

Ilustración 80. Perfil 2 modelado según Bishop



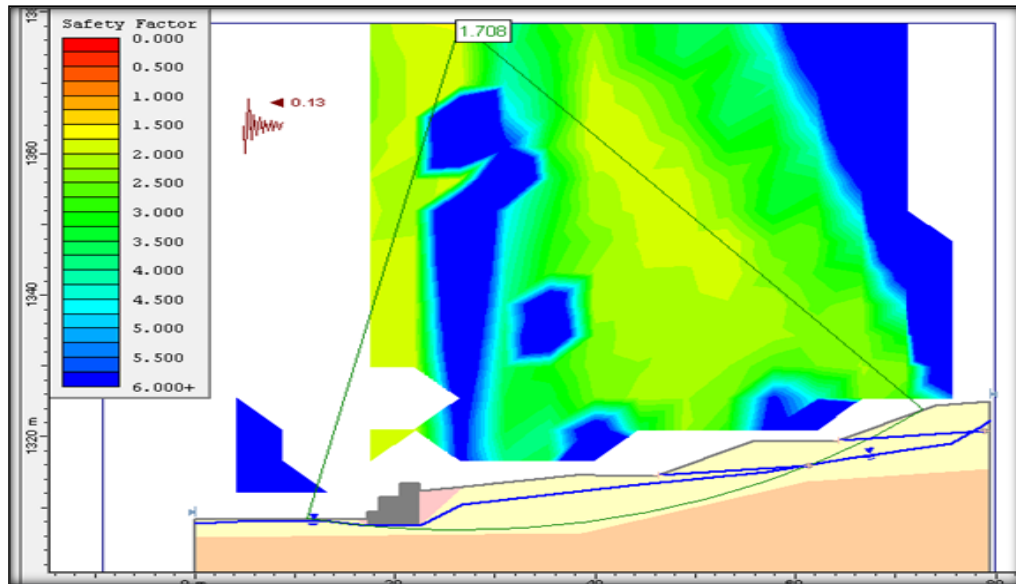
Fuente. Autor

Ilustración 81. Perfil 2 modelado según Jambu



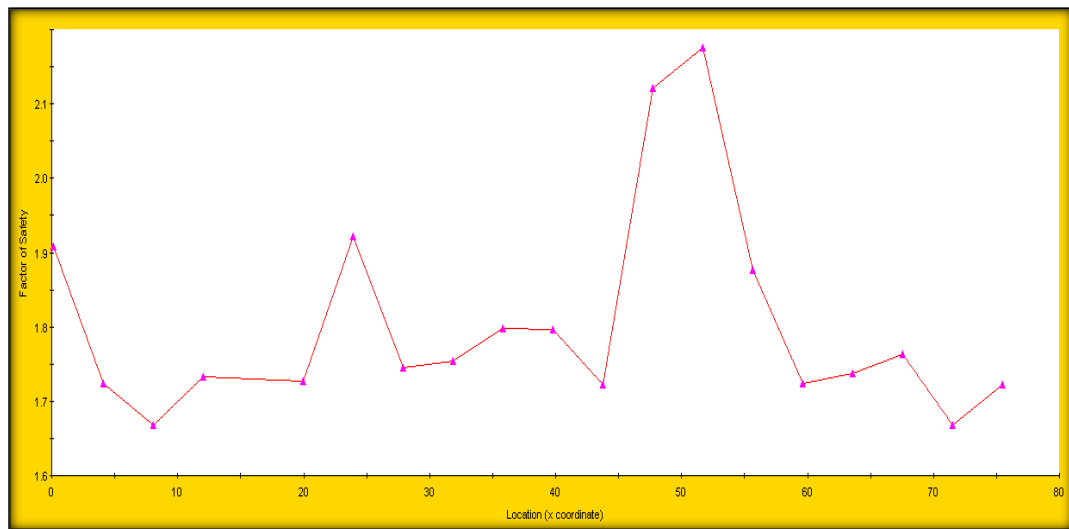
Fuente. Autor

Ilustración 82. Perfil 2 modelado según Spencer



Fuente. Autor

Ilustración 83. Relación entre factor de seguridad y probabilidad de falla



Fuente. Autor

6.6.7 Medidas de Mitigación Propuestas

A continuación se presenta las actividades principales a desarrollar para la estabilización de la ladera:

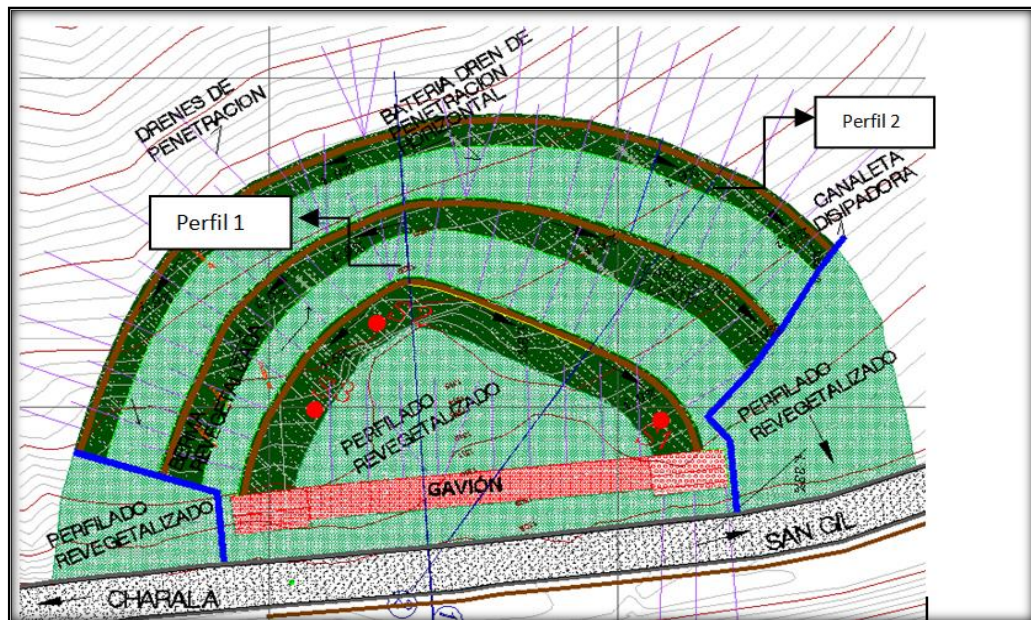
- Drenes de penetración
- Cunetas flexibles.
- Cunetas Rígidas.
- Cunetas revestidas en concreto.
- Filtros para Gaviones.
- Muro en gaviones.
- Revegetalización.

Para la estabilización de la ladera se realizarán 3 cortes sobre la misma, con el fin de disminuir la masa de suelo sobre el talud. Sobre la cada una de las terrazas se ubicarán las canaletas flexibles de geometría trapezoidal, con un ancho superior de 0.5 m, ancho inferior de 0.3 m. y una altura de 0.4 m, y sobre la corona del talud se ubicarán canaletas disipadoras con geometría trapezoidal y saltos graduales de acuerdo a la topografía, con un ancho superior de 0.8 m, ancho inferior de 0.5 m. y una altura de 0.6 m, que tienen la función de recolectar las aguas de escorrentía y las recolectadas por los drenes de penetración que posteriormente son arrojadas a las cunetas revestidas en concreto que se encontrarán en el borde de la vía. Para la conducción de las aguas superficiales desde los cortes de la ladera hacia las canaletas flexibles, se debe dejar un ángulo mínimo de 2° con respecto a la horizontal, con dirección hacia las canaletas flexibles ubicadas aproximadamente un metro desde el pie del corte vertical de la ladera (si es posible), con el fin que no se depositen materiales sólidos productos de la erosión de los cortes semi-verticales. Sobre los cortes semi-verticales se ubicará la revegetalización que se realizará por medio de Pasto Vetiver, Maní Forrajero ó de acuerdo a las especies encontradas en el sector.

También se plantea una línea de drenes de penetración horizontal con una longitud de 24 metros y un ángulo de inclinación entre 5° y 10° en forma ascendente para el control de aguas de infiltración y de nivel freático, estos drenes se encuentran ubicados sobre cada una de las terrazas y en la parte posterior de los muros en Gavión, al igual que los filtros que tienen la función de recolectar el agua proveniente de estos drenes que posteriormente la entregaran a las canaletas flexibles.

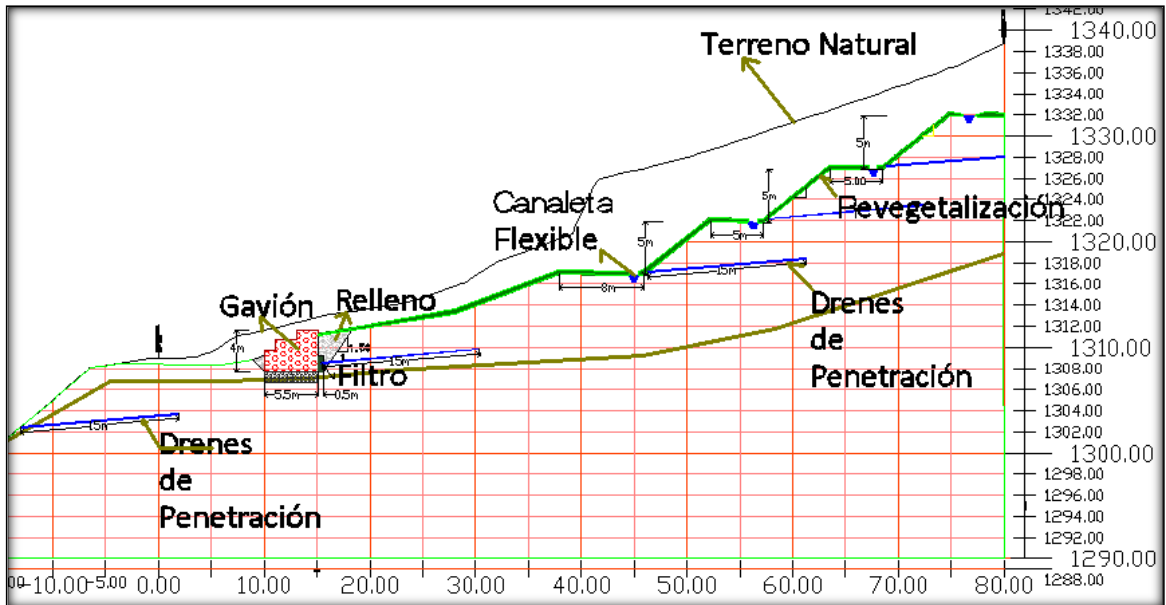
Se plantea un sistema de muros en gavión, que sirven para la estabilización del talud y control del movimiento de este, de la siguiente forma: dos muros exteriores de 6 metros de ancho, altura 6 metros y longitud 11 metros y un gavión central de 5 metros de ancho, altura 4 metros longitud de 49.4 metros. Sobre los bordes de la calzada se plantea la construcción de cunetas revestidas en concreto con las dimensiones al igual que un sistema de filtros que se ubican debajo de estas, con el fin de recolectar y dirigir las aguas que se infiltran hacia un sistema de alcantarillas.

Ilustración 84. Detalle planta obras propuesta



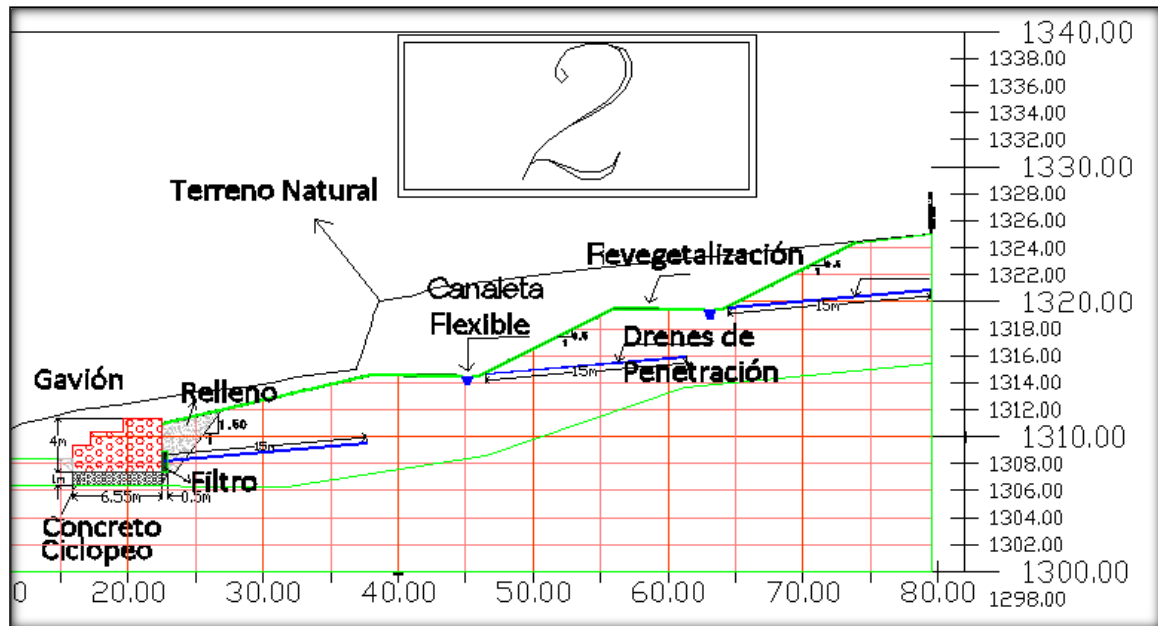
Fuente. Autor

Ilustración 85. Perfil uno



Fuente. Autor

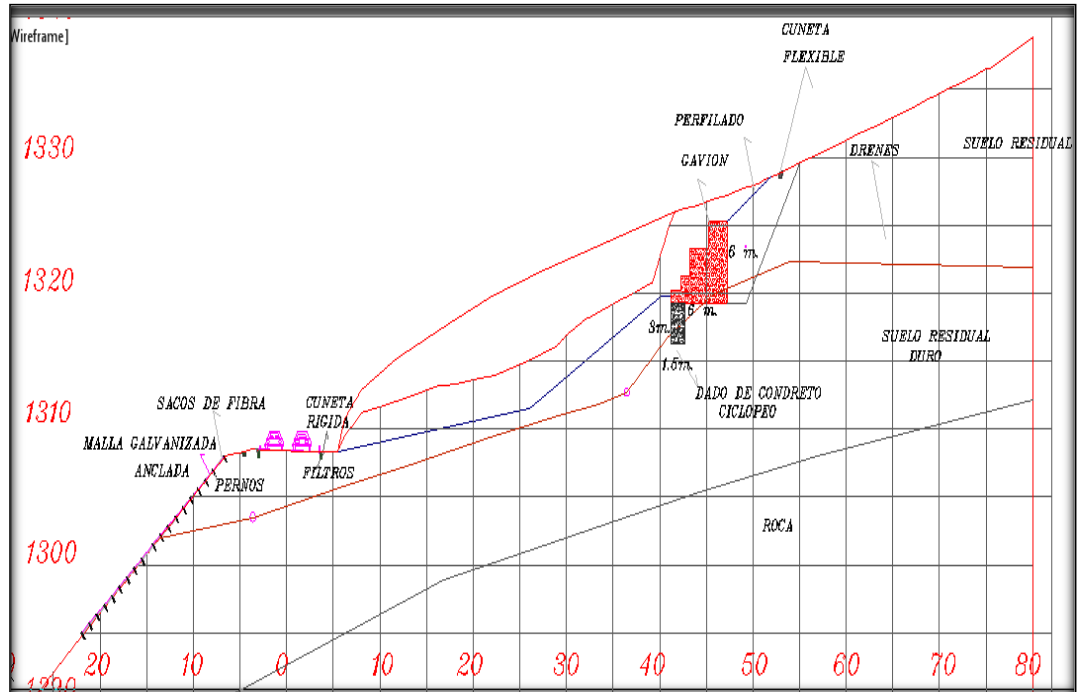
Ilustración 86. Perfil dos



Fuente. Autor

6.6.8 Comparación de etapas exploración de campo

Ilustración 87. Perfil primera exploracion



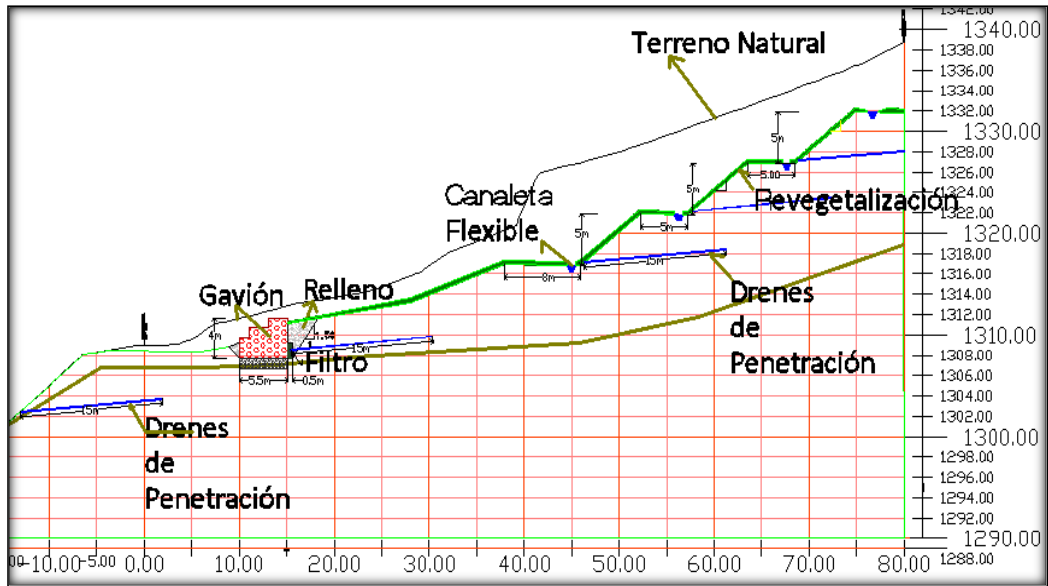
Fuente. Autor

Como se describió en el numeral 6 de primera exploración de campo donde se realizó los sondeos, apiques y límites, se clasificó el siguiente perfil estratigráfico:

- Suelo residual: espesor aproximado de 10 metros.
- Suelo residual duro: espesor aproximado 15 metros
- Roca : espesor aproximado 40 metros

En la segunda fase de exploración se definió el siguiente perfil estratigráfico:

Ilustración 88. Perfil segunda fase de exploración

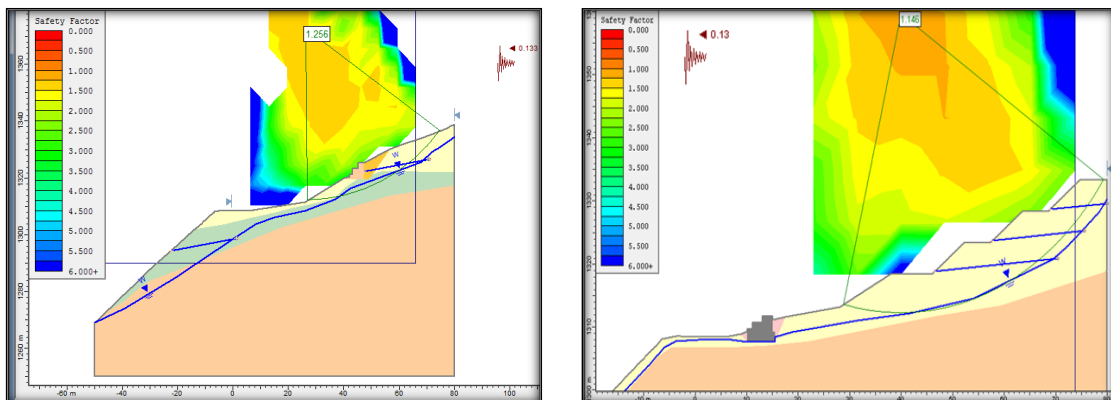


Fuente. Autor

- Suelo coluvial: espesor aproximado 20 metros
- Roca: 30 metros

Se revisaron los dos modelamientos para cada perfil y se realizó la siguiente comparación.

Ilustración 89. Diferencia entre los modelamientos por cada perfil estudiado



Fuente. Autor

Tabla 10. Comparación entre la primera y segunda fase de exploración

Primera fase de exploración	Segunda fase de exploración
Al considerar un menor estrato de materia residual en condiciones críticas el factor de seguridad fue $F_s=1.256$	Al considerar un mayor estrato de materia residual en condiciones críticas el factor de seguridad fue $F_s=1.146$
La longitud de la curva de falla es menor, por lo cual el área de falla es menor.	La longitud de la curva es mayor, por lo cual el área de falla es mayor.
La profundada de la falla es menor	La profundidad de la falla es mayor
El volumen de masa comprometida es menor.	El volumen de masa comprometida es mayor
La superficie de falla se ubica en la parte inferior de la estructura de contención.	La superficie de falla se aleja de la estructura de contención.

Fuente. Autor

7. CONCLUSIONES

- Las unidades de roca caracterizadas en la zona de estudio corresponden con cuarzo areniscas bien cementadas que presentan moscovita como mineral secundario.
- En la zona se identifican tres tipos de suelos: suelos residuales, conforman la zona del talud superior de la vía y se ven comprometidos en fenómeno de remoción en masa, suelos coluviales corresponden con el material del talud inferior de la vía y se presentan clasto soportado y removilizados y suelos aluviales que conforman el dominio de la ronda actual del Río Fonce y no presentan ningún problema geotécnico evidente.
- Los procesos de remoción en masa son de tipo ascendente y se clasifican como Deslizamientos Rotacional Múltiple.
- Se identificó un suelo limoso principalmente de baja compresibilidad (ML) y valores de ángulo de fricción y de cohesión promedios de 15,73 grados y 0,2840 Kg/cm² valores medios son :

	WN %	LIMITES DE ATTERBERG			GRADACION		
		LL %	LP %	IP %	G %	A %	F %
Valores Promedios	27.52	42.91	33.78	9.07	1.21	21.68	77.11

PARAMETROS	MEDIA
Angulo de fricción interna [°]	15.73
Cohesión [Kg./Cm.2]	0.2840

PARAMETROS	MEDIA
Angulo de fricción interna [°]	18
Cohesión [Kg./Cm2]	0.21

- Los modelos preliminares de estabilidad para este tramo se encuentran sujetos a modificaciones, de acuerdo a las características encontradas a la hora de la intervención real del terreno. Si estas condiciones encontradas durante la

intervención del terreno varían considerablemente a las modeladas en los programas numéricos, es necesario realizar las modificaciones pertinentes en los modelos de estabilidad.

- Los sondeos de refracción sísmica se deben usar como complemento de la exploración directa del suelo debido a que proporcionan mayor exactitud de las condiciones de los suelos.
- De acuerdo al ensayo geo físico de refracción sísmica realizada sobre la corona del deslizamiento se corroboraron y se identificaron los estratos de suelo, de acuerdo a las velocidades de onda halladas. De este análisis geofísico se encontró que el perfil geológico geotécnico, consta de dos estratos de suelo: el suelo superficial que pertenece a un suelo residual que aumenta sus propiedades geotécnicas a medida que se profundiza en el terreno, este cuenta con características limosas. Bajo este suelo se encuentra la roca no meteorizada a una profundidad de aproximadamente metros.
- Para ejecutar la obra de estabilización propuesta se debe considerar que los trabajos involucran al menos, una intervención de aproximadamente 80m medidos desde el borde de gavión hacia el predio privado.
- En el modelamiento pseudo estático de la ladera para la segunda fase de exploración, se encontraron factores de seguridad del orden de 1.146 que acuerdo a la normatividad nacional regida por la norma Sismo Resistente Colombiana NSR 10.
- La medida de estabilización planteada en el modelamiento, evitaría que el proceso involucre movimiento global de la ladera y disminuya la posible amenaza por fenómenos de remoción en masa que colapsaría la infraestructura de la vía.

BIBLIOGRAFÍA

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

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. Bogota, 2010. Título H

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

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

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

MORA CHINCHILLA Rolando, Fundamentos Sobre Deslizamientos. Citado 14/08/2012 19:30 Disponible en Internet <http://www.bvsde.paho.org/bvsade/e/fulltext/uni/conf15.pdf>

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

SUAREZ, Jaime Análisis de Estabilidad, capitulo cuatro , Volumen 1 Análisis geotécnico, primera edición, febrero de 2009, División de Publicaciones UIS Pág 127, 128,129, 130,135,136,138

SUAREZ DÍAZ, Jaime. Mecanismos de activación de deslizamientos. Citado (H-15:18 F- 18/05/12).disponible en internet: http://ocw.uis.edu.co:8080/ingenieria-civil/estabilidad-detalludes/clase2/Mecanismos_de_activacion_de_deslizamientos.pdf.

SUAREZ DÍAZ, Jaime. Deslizamientos inducidos por lluvias y erosión y obras de estabilización en Bucaramanga- Colombia.

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.

ANEXOS

Anexo A. Ensayos de Laboratorio

PRIMERA FASE DE EXPLORACION

Sondeos SPT

SONDEO 1						
En la cabeza del talud						
MUESTRA	PROF (m)	6"	12"	18"	N	DESCRIPCION
1	0.5	2	5	5	10	Limos color amarillo
	1	8	13	16	29	
2	1.5	14	15	17	32	Limos arcillosos color amarillo
	2	16	17	16	33	
3	2.5	9	8	9	17	Limos arcillosos color amarillo
	3	12	12	13	25	
4	3.5	13	13	12	25	Limos arcillosos color amarillo
	4	13	12	14	26	
5	4.5	12	13	12	25	Limos arcillosos color amarillo con betas rojas
	5	17	22	26	48	

SONDEO 2						
En la cabeza del talud						
MUESTRA	PROF (m)	6"	12"	18"	N	DESCRIPCION
1	0.5	1	1	2	3	Limo arcilloso color amarillo
	1	4	4	7	11	
2	1.5	8	8	9	17	Limo arcilloso color amarillo
	2	10	11	11	22	
3	2.5	8	8	12	20	Limos arcillosos color rojo con amarillo
	3	12	14	17	31	
4	3.5	19	20	20	40	Limos arcillosos color rojo con amarillo
	4	21	22	21	43	

SONDEO 3						
En la cabeza del talud						
MUESTRA	PROF (m)	6"	12"	18"	N	DESCRIPCION
1	0.5	2	5	5	10	Limos arcillosos color café
	1	5	5	6	11	
2	1.5	5	3	5	8	Limos arcillosos color amarillo
	2	5	3	5	8	
3	2.5	6	7	10	17	Limos arcillosos color amarillo
	3	8	10	10	20	
4	3.5	9	9	12	21	Limos arcillosos color amarillo
	4	13	16	16	32	
5	4.5	14	15	16	31	Limos arcillosos color amarillo
	5	17	16	17	33	
6	5.5	19	19	20	39	Limos arcillosos color amarillo
	6	20	21	21	42	

SONDEO 4						
En la pata del deslizamiento						
MUESTRA	PROF (m)	6"	12"	18"	N	DESCRIPCION
1	0.5	1	1	2	3	Limos arcillosos color amarillo
	1	2	2	2	4	
2	1.5	3	3	3	6	Limos arcillosos color amarillo
	2	2	3	3	6	
3	2.5	5	6	5	11	Limos arcillosos color amarillo con café
	3	7	8	10	18	
4	3.5	11	12	14	26	Limos arcillosos color amarillo con café
	4	14	15	15	30	
5	4.5	17	19	20	39	Limos arcillosos color amarillo con café

SONDEO 5							
En la pata del deslizamiento							
MUESTRA	PROF (m)	6"	12"	18"	N	DESCRIPCION	
1	0.5	1	1	1	2	Limos arcillosos color amarillo	
	1	1	1	1	2		
2	1.5	2	2	3	5	Limos arcillosos color amarillo	
	2	3	3	3	6		
3	2.5	2	3	2	5	Limos arcillosos color amarillo	
	3	3	3	3	6		
4	3.5	3	2	3	5	Limos arcillosos color amarillo (Nivel Freático)	
	4	7	8	10	18		
5	4.5	9	7	8	15	Limos arcillosos color café con amarillo	
	5	7	8	9	17		
6	5.5	6	5	7	12	Limos arcillosos color amarillo	
	6	8	9	10	19		
7	6.5	14	20	19	39	Limos arcillosos color amarillo con gris	

SONDEO 6							
En la pata del deslizamiento							
MUESTRA	PROF (m)	6"	12"	18"	N	DESCRIPCION	
1	0.5	1	1	2	3	Limos arcillosos color amarillo	
	1	2	1	2	3		
2	1.5	2	3	2	5	Limos arcillosos color amarillo	
	2	4	3	4	7		
3	2.5	5	6	6	12	Limos arcillosos color amarillo	
	3	6	6	7	13		
4	3.5	8	7	7	14	Limos arcillosos color amarillo con betas café	
	4	7	7	8	15		
5	4.5	11	12	14	26	Limos arcillosos color café con amarillo con café	
	5	16	19	22	41		
6	5.5	19	18	19	37	Limos arcillosos color amarillo	

SONDEO 7						
Borde de la vía y el abismo						
MUESTRA	PROF (m)	6"	12"	18"	N	DESCRIPCION
1	0.5	2	2	3	5	Limos arcillosos color amarillo
	1	2	3	2	5	
2	1.5	3	2	3	5	Limos arcillosos color amarillo
	2	4	6	8	14	
3	2.5	14	18	21	39	Rechazo

SONDEO 8						
En el borde de la vía						
MUESTRA	PROF (m)	6"	12"	18"	N	DESCRIPCION
1	0.5	3	4	4	8	Limos arcillosos color amarillo
	1	4	5	6	11	
2	1.5	5	6	5	11	Limos arcillosos color café
	2	6	5	6	11	
3	2.5	3	3	4	7	Limos arcillosos color amarillo
	3	4	8	9	17	
4	3.5	9	9	8	17	Limos arcillosos color amarillo
	4	9	9	10	19	
5	4.5	24	33	39	72	Limos color rojo con amarillo

A continuación se presentan las tablas indicativas que permiten la interpretación general de los resultados de los ensayos realizados:

Tabla 11 Tabla para correlacionar la interpretación de los ensayos SPT

Para suelos arcillosos
(Ref.: Braja Das. "Principios de ingeniería de cimentaciones", Thomson Editores, México, 1999).

Numero de penetración estándar N	Consistencia	Resistencia a compresión kPa
0 a 2	Muy blanda	0 a 25
2 a 5	Blanda	25 a 50
5 a 10	Medio firme	50 a 100
10 a 20	Firme	100 a 200
20 a 30	Muy firme	200 a 400
> 30	Dura	> 400

Fuente: (Braja Das, 1999)

En el método para la corrección del valor de N se utilizaron los siguientes parámetros:

$$N_{60} = \frac{N * nh * nb * ns * nr}{60}$$

Dónde:

Corrección por eficiencia del martillo	45	nh
Corrección diámetro perforación	1	hb
Corrección muestreador	1	ns
Corrección longitud barra	0,75	nr
Numero de penetración (N)		

A continuación se muestra en la Tabla XXX, donde se clasifica el suelo de acuerdo la consistencia determinada para cada uno de los sondeos realizados.

Tabla 12. Correlación N sondeo 1

Prof	N	N60	CONSISTENCIA
0.5	10	5.63	Medio Firme
1	29	16.31	Firme
1.5	32	18.00	Firme
2	33	18.56	Firme
2.5	17	9.56	Medio Firme
3	25	14.06	Firme
3.5	25	14.06	Firme
4	26	14.63	Firme
4.5	25	14.06	Firme
5	48	27.00	Muy Firme

Tabla 13. Correlación N sondeo 2

Prof	N	N60	CONSISTENCIA
0.5	3	1.69	Muy Blanda
1	11	6.19	Medio Firme
1.5	17	9.56	Medio Firme
2	22	12.38	Firme
2.5	20	11.25	Firme
3	31	17.44	Firme
3.5	40	22.50	Muy Firme
4	43	24.19	Muy Firme

Tabla 14. Correlación N sondeo 3

Prof	N	N60	CONSISTENCIA
0.5	10	5.63	Medio Firme
1	11	6.19	Medio Firme
1.5	8	4.50	Blanda
2	8	4.50	Blanda
2.5	17	9.56	Medio Firme
3	20	11.25	Firme
3.5	21	11.81	Firme
4	32	18.00	Firme
4.5	31	17.44	Firme
5	33	18.56	Firme
5.5	39	21.94	Muy Firme
6	42	23.63	Muy Firme

Tabla 15. Correlación N sondeo 4

Prof	N	N60	CONSISTENCIA
0.5	3	1.69	Muy Blanda
1	4	2.25	Blanda
1.5	6	3.38	Blanda
2	6	3.38	Blanda
2.5	11	6.19	Medio Firme
3	18	10.13	Firme
3.5	26	14.63	Firme
4	30	16.88	Firme
4.5	39	21.94	Muy Firme
5	42	23.63	Muy Firme

Tabla 16. Correlación N sondeo 5

Prof	N	N60	CONSISTENCIA
0.5	2	1.13	Muy Blanda
1	2	1.13	Muy Blanda
1.5	5	2.81	Blanda
2	6	3.38	Blanda
2.5	5	2.81	Blanda
3	6	3.38	Blanda
3.5	5	2.81	Blanda
4	18	10.13	Firme
4.5	15	8.44	Medio Firme
5	17	9.56	Medio Firme
5.5	12	6.75	Medio Firme
6	19	10.69	Firme
6.5	39	21.94	Muy Firme
7	43	24.19	Muy Firme

Tabla 17. Correlación N sondeo 6

Prof	N	N60	CONSISTENCIA
0.5	3	1.69	Muy Blanda
1	3	1.69	Muy Blanda
1.5	5	2.81	Blanda
2	7	3.94	Blanda
2.5	12	6.75	Medio Firme
3	13	7.31	Medio Firme
3.5	14	7.88	Medio Firme
4	15	8.44	Medio Firme
4.5	26	14.63	Firme
5	41	23.06	Muy Firme
5.5	37	20.81	Muy Firme
6	40	22.50	Muy Firme

Tabla 18. Correlación N sondeo 7

Prof	N	N60	CONSISTENCIA
0.5	5	2.81	Blanda
1	5	2.81	Blanda
1.5	5	2.81	Blanda
2	14	7.88	Medio Firme
2.5	39	21.94	Muy Firme
3	107	60.19	Dura

Tabla 19. Correlación N sondeo 8

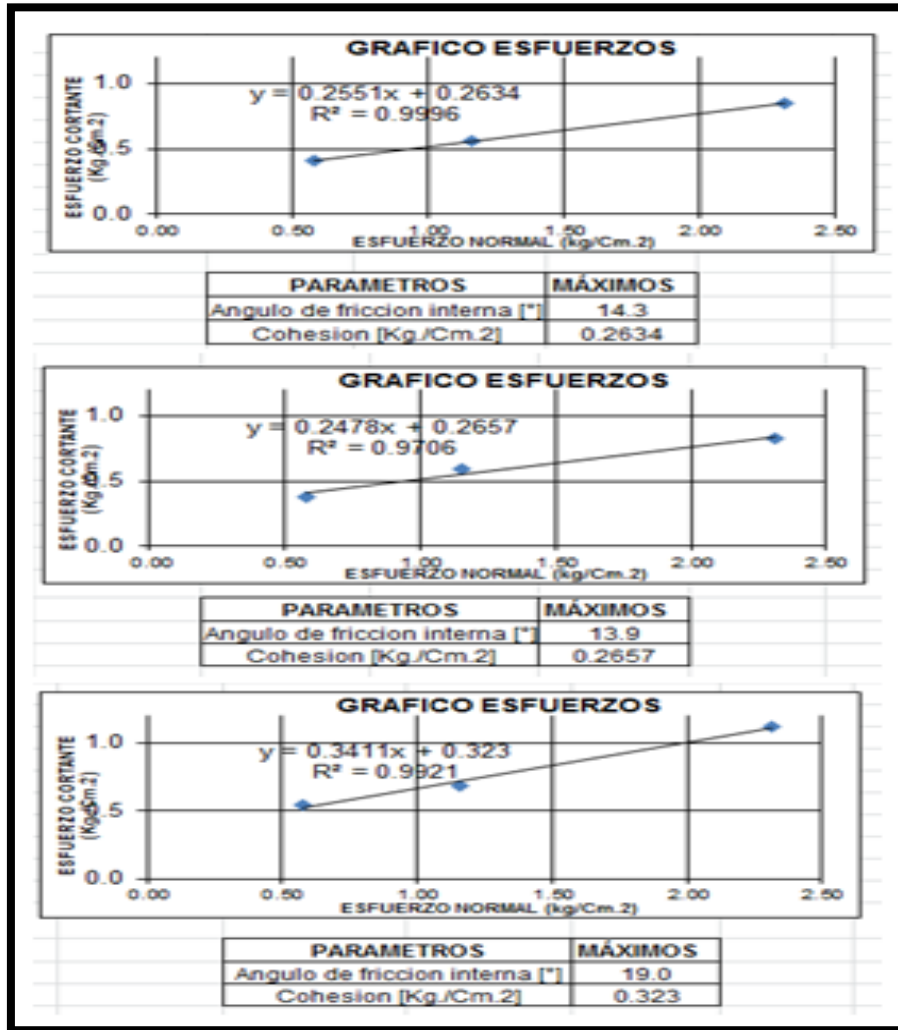
Prof	N	N60	CONSISTENCIA
0.5	8	4.50	Blanda
1	11	6.19	Medio Firme
1.5	11	6.19	Medio Firme
2	11	6.19	Medio Firme
2.5	7	3.94	Blanda
3	17	9.56	Medio Firme
3.5	17	9.56	Medio Firme
4	19	10.69	Firme
4.5	72	40.50	Dura
5	85	47.81	Dura

LABROTATORIOS

Ensayo de Corte Directo

Se ejecutaron ensayos de resistencia al corte en condiciones drenadas en muestras ligeramente alteradas, obtenidas en trincheras excavadas bajo el corte vertical de la falla a aproximadamente 5 m desde la corona de la ladera, para determinar los parámetros de resistencia utilizados en el análisis de equilibrio límite. En la ilustración 25 se presentan los resultados experimentales, resultado de tres pruebas . Cabe decir que estos parámetros tienen una dispersión asociada y por tanto los análisis numéricos se realizan utilizando un intervalo de valores para cada uno de los parámetros de resistencia.

Ilustración 90. Resultados de los cortes directos

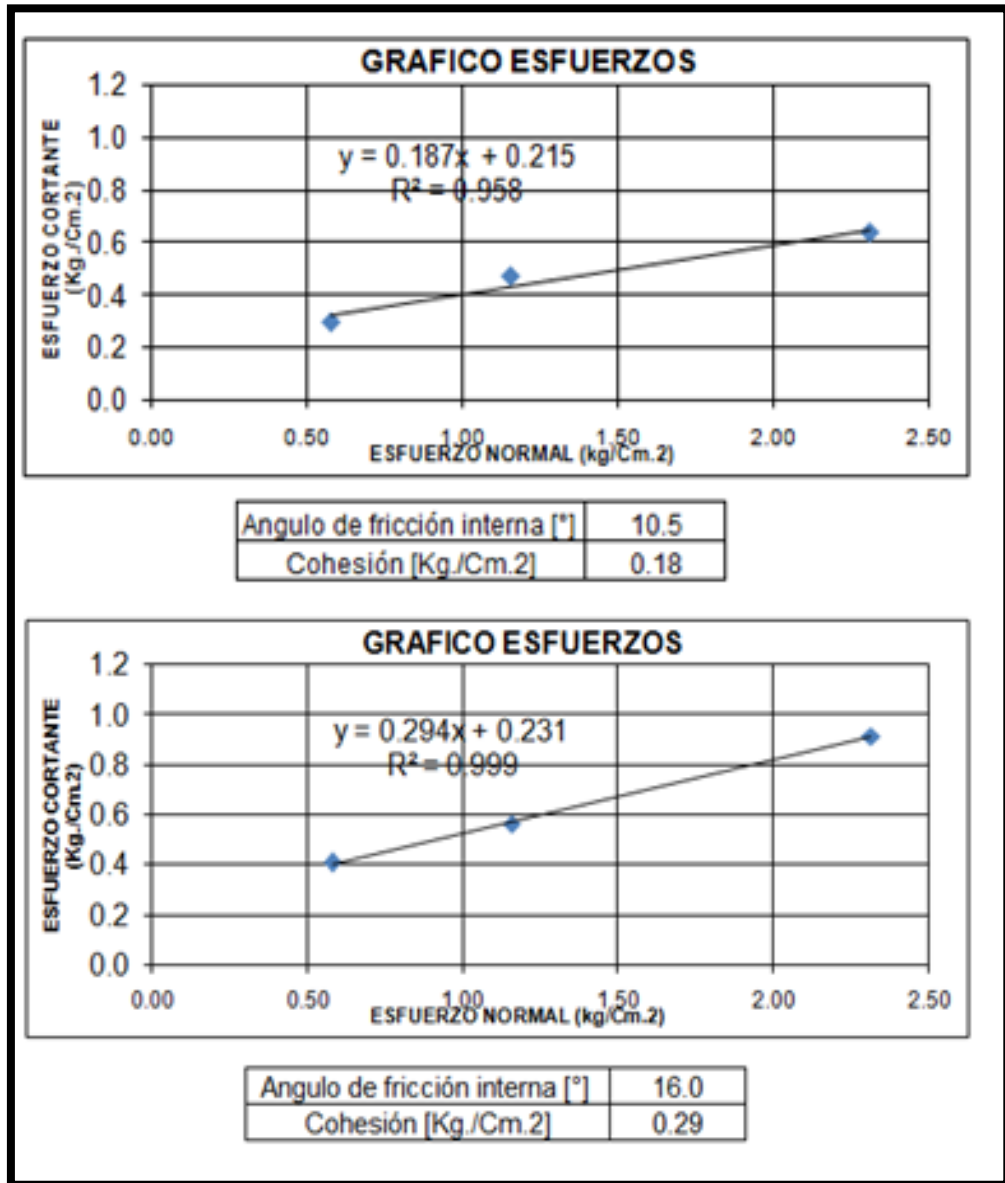


De acuerdo a los resultados de los ensayos de corte directo para los tres apiques realizados, se hizo una media aritmética de la cohesión y del ángulo de fricción, ya que las muestras pertenecen al mismo suelo con características geotécnicas similares, cuyo resultado se muestra a continuación:

Tabla 20. Media aritmética de las propiedades geotécnicas

PARÁMETROS	MÁXIMOS
Angulo de fricción interna [°]	15.73
Cohesion [Kg./Cm.2]	0.2840

Ilustración 91. Resultados de los cortes directos



De acuerdo a los resultados de los cortes directos de los dos apiques realizados, se hizo una media aritmética de la cohesión y del ángulo de fricción ya que las muestras pertenecen al mismo suelo con características geotécnicas similares, cuyo resultado se muestra a continuación:

Tabla 18. Media aritmética de las propiedades geotécnicas

PARÁMETROS	MÁXIMOS
Angulo de fricción interna [°]	13.25
Cohesión [Kg./Cm.2]	0.235

Ensayo de Clasificación de suelos, humedades y límites de consistencia.

Tomadas las muestras mediante el ensayo de penetración estándar (SPT) se realizaron los laboratorios de granulometría para cada metro de profundidad extraída y se determinó el tipo de suelo mediante la clasificación unificada de suelos (SUCS) . Estas muestras extraídas corresponden al primer estrato de suelo encontrado en la ladera y a partir de estos resultados del laboratorio se encuentra que el suelo tomado en campo tiene un contenido de limo arcilloso, los cuales se clasifican principalmente como ML, debido a la presencia de materiales finos, se realizó ensayos de límites de Atterberg, con el fin de determinar las propiedades de los materiales finos encontrados y finalmente se realizaron ensayos de humedad natural del terreno. A continuación se muestra la Tabla XX, resumen de las características encontradas.

PROYECTO	CHARALA	FECHA	13/03/2012
SITIO	CABEZA DEL TALUD		
MUESTRA	SONDEO #1 M1	Sondeo No.	1
PROFUNDIDAD	0,00 - 1,00		

HUMEDAD (I.N.V. E-122-07)	
Muestra	M1
W Tara + S. Hum	669,40
W Tara + S. Sec	533,80
W Tara	66,00
W S. Seco	467,80
W Agua	135,60
Humedad %	28,99

LIMITES DE CONSISTENCIA (ATTERBERG)

LIMITE LIQUIDO (I.N.V. E-125)

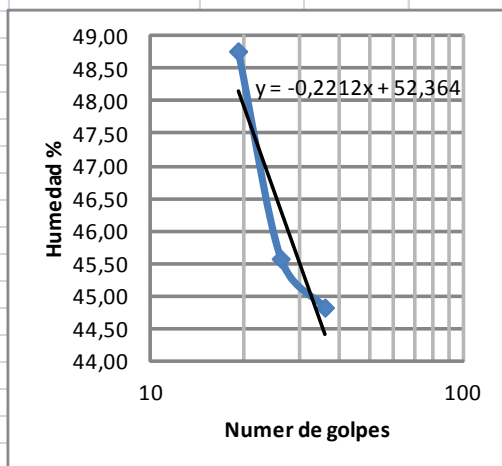
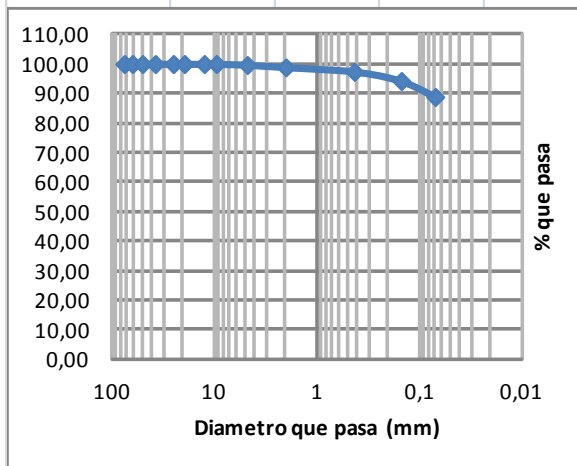
Tara No.	1	2	3
W Tara + S. Hum	32,15	33,05	34,10
W Tara + S. Sec	24,83	25,32	25,78
W Tara	8,50	8,36	8,72
W S. Seco	16,33	16,96	17,06
W Agua	7,32	7,73	8,32
Humedad %	44,83	45,58	48,77
No. De Golpes	36	26	19

ENSAYO DE GRANULOMETRIA (GRADACION) (I.N.V. E-123)

Tamiz		Peso Ret.	%	%
No.	mm	grs	Retenido	Que pasa
3.0	75	0,00	0,00	100,00
21/2	62,5	0,00	0,00	100,00
2.0	50	0,00	0,00	100,00
11/2	37,5	0,00	0,00	100,00
1"	25	0,00	0,00	100,00
3/4	19,5	0,00	0,00	100,00
1/2	12,5	0,00	0,00	100,00
3/8	9,5	0,00	0,00	100,00
4.0	4,76	1,60	0,32	99,68
10.0	2	4,00	0,81	98,86
40.0	0,43	7,40	1,50	97,36
100.0	0,15	15,40	3,12	94,24
200.0	0,07	26,60	5,39	88,85
Pasa 200		438,20	88,85	0,00
P1		493,20		grs

LIMITE PLASTICO (I.N.V. E-126)

Tara No.	4	5
W Tara + S. Hum	27,97	26,03
W Tara + S. Sec	22,72	21,27
W Tara	8,82	8,68
W S. Seco	13,90	12,59
W Agua	5,25	4,76
Humedad %	37,77	37,81



GRAVA	0,32	D10	
ARENA	10,83	D30	
FINOS	88,85	D60	
Cc	#DIV/0!	Cu	#DIV/0!

LIMITE LIQUIDO	46,83
LIMITE PLASTICO	37,79
INDICE PLASTICO	9,05

CLASIFICACION	S.U.C.S.	ML
---------------	----------	-----------

PROYECTO	CHARALA	FECHA	13/03/2012
SITIO	CABEZA DEL TALUD		
MUESTRA	SONDEO #1 M2	Sondeo No.	1
PROFUNDIDAD	1,00 - 2,00		

HUMEDAD (I.N.V. E-122-07)	
Muestra	M2
W Tara + S. Hum	1071,00
W Tara + S. Sec	864,80
W Tara	67,80
W S. Seco	797,00
W Agua	206,20
Humedad %	25,87

LIMITES DE CONSISTENCIA (ATTERBERG)

LIMITE LIQUIDO (I.N.V. E-125)

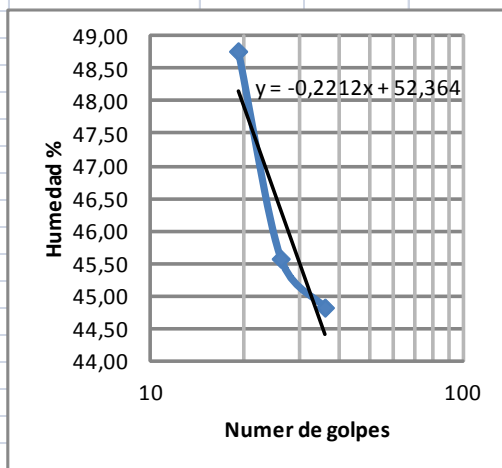
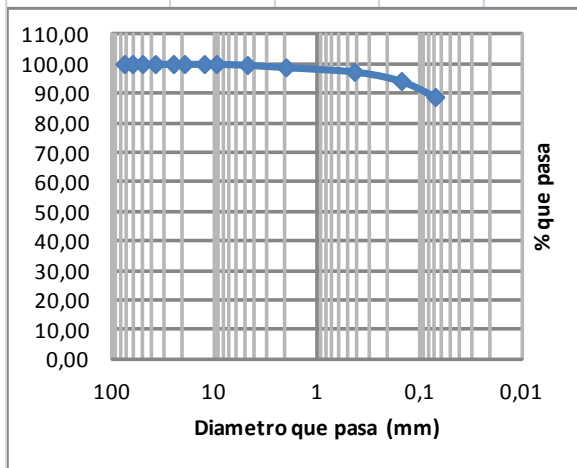
Tara No.	1	2	3
W Tara + S. Hum	32,15	33,05	34,10
W Tara + S. Sec	24,83	25,32	25,78
W Tara	8,50	8,36	8,72
W S. Seco	16,33	16,96	17,06
W Agua	7,32	7,73	8,32
Humedad %	44,83	45,58	48,77
No. De Golpes	36	26	19

ENSAYO DE GRANULOMETRIA (GRADACION) (I.N.V. E-123)

Tamiz		Peso Ret.	%	%
No.	mm	grs	Retenido	Que pasa
3.0	75	0,00	0,00	100,00
21/2	62,5	0,00	0,00	100,00
2.0	50	0,00	0,00	100,00
11/2	37,5	0,00	0,00	100,00
1"	25	0,00	0,00	100,00
3/4	19,5	0,00	0,00	100,00
1/2	12,5	0,00	0,00	100,00
3/8	9,5	0,00	0,00	100,00
4.0	4,76	1,60	0,32	99,68
10.0	2	4,00	0,81	98,86
40.0	0,43	7,40	1,50	97,36
100.0	0,15	15,40	3,12	94,24
200.0	0,07	26,60	5,39	88,85
Pasa 200		438,20	88,85	0,00
P1		493,20		grs

LIMITE PLASTICO (I.N.V. E-126)

Tara No.	4	5
W Tara + S. Hum	27,97	26,03
W Tara + S. Sec	22,72	21,27
W Tara	8,82	8,68
W S. Seco	13,90	12,59
W Agua	5,25	4,76
Humedad %	37,77	37,81



GRAVA	0,32	D10	
ARENA	10,83	D30	
FINOS	88,85	D60	
Cc	#DIV/0!	Cu	#DIV/0!

LIMITE LIQUIDO	46,83
LIMITE PLASTICO	37,79
INDICE PLASTICO	9,05

CLASIFICACION	S.U.C.S.	SM	AASHTO	A-3
---------------	----------	----	--------	-----

PROYECTO	CHARALA	FECHA	13/03/2012
SITIO	CABEZA DEL TALUD		
MUESTRA	SONDEO #1 M3	Sondeo No.	1
PROFUNDIDAD	2,00 - 3,00		

HUMEDAD (I.N.V. E-122-07)	
Muestra	M3
W Tara + S. Hum	815,20
W Tara + S. Sec	650,20
W Tara	68,60
W S. Seco	581,60
W Agua	165,00
Humedad %	28,37

LIMITES DE CONSISTENCIA (ATTERBERG)

LIMITE LIQUIDO (I.N.V. E-125)

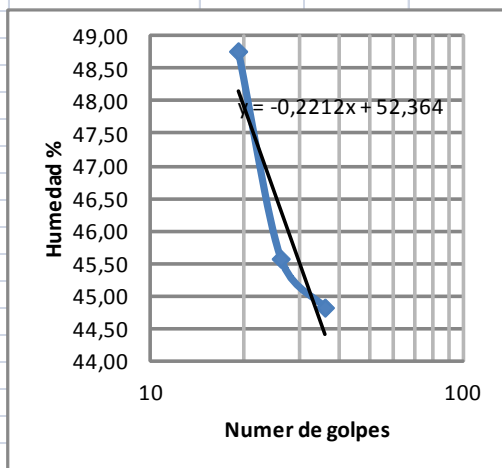
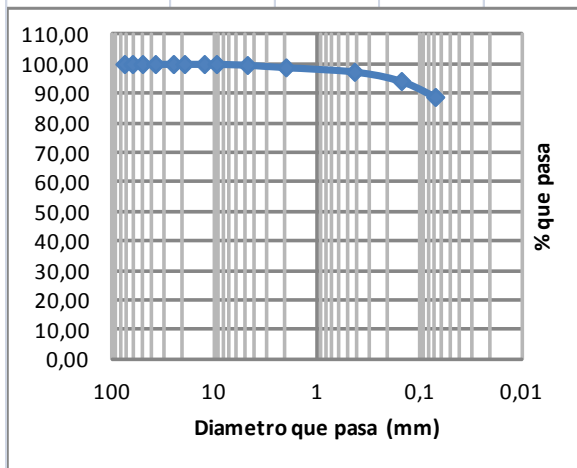
Tara No.	1	2	3
W Tara + S. Hum	32,15	33,05	34,10
W Tara + S. Sec	24,83	25,32	25,78
W Tara	8,50	8,36	8,72
W S. Seco	16,33	16,96	17,06
W Agua	7,32	7,73	8,32
Humedad %	44,83	45,58	48,77
No. De Golpes	36	26	19

ENSAYO DE GRANULOMETRIA (GRADACION) (I.N.V. E-123)

Tamiz		Peso Ret.	%	%
No.	mm	grs	Retenido	Que pasa
3.0	75	0,00	0,00	100,00
21/2	62,5	0,00	0,00	100,00
2.0	50	0,00	0,00	100,00
11/2	37,5	0,00	0,00	100,00
1"	25	0,00	0,00	100,00
3/4	19,5	0,00	0,00	100,00
1/2	12,5	0,00	0,00	100,00
3/8	9,5	0,00	0,00	100,00
4.0	4,76	1,60	0,32	99,68
10.0	2	4,00	0,81	98,86
40.0	0,43	7,40	1,50	97,36
100.0	0,15	15,40	3,12	94,24
200.0	0,07	26,60	5,39	88,85
Pasa 200		438,20	88,85	0,00
P1		493,20		grs

LIMITE PLASTICO (I.N.V. E-126)

Tara No.	4	5
W Tara + S. Hum	27,97	26,03
W Tara + S. Sec	22,72	21,27
W Tara	8,82	8,68
W S. Seco	13,90	12,59
W Agua	5,25	4,76
Humedad %	37,77	37,81



GRAVA	0,32	D10	
ARENA	10,83	D30	
FINOS	88,85	D60	
Cc	#DIV/0!	Cu	#DIV/0!

LIMITE LIQUIDO	46,83
LIMITE PLASTICO	37,79
INDICE PLASTICO	9,05

CLASIFICACION	S.U.C.S.	SM	AASHTO	A-3
---------------	----------	----	--------	-----

PROYECTO	CHARALA	FECHA	13/03/2012
SITIO	CABEZA DE TALUD		
MUESTRA	SONDEO #1 M4	Sondeo No.	1
PROFUNDIDAD	3,00 - 4,00		

HUMEDAD (I.N.V. E-122-07)	
Muestra	M4
W Tara + S. Hum	619,60
W Tara + S. Sec	498,60
W Tara	60,60
W S. Seco	438,00
W Agua	121,00
Humedad %	27,63

LIMITES DE CONSISTENCIA (ATTERBERG)

LIMITE LIQUIDO (I.N.V. E-125)

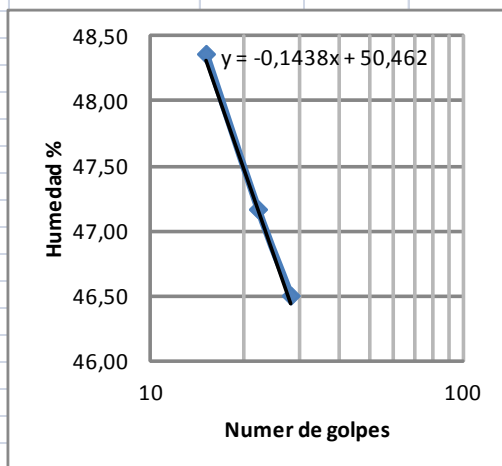
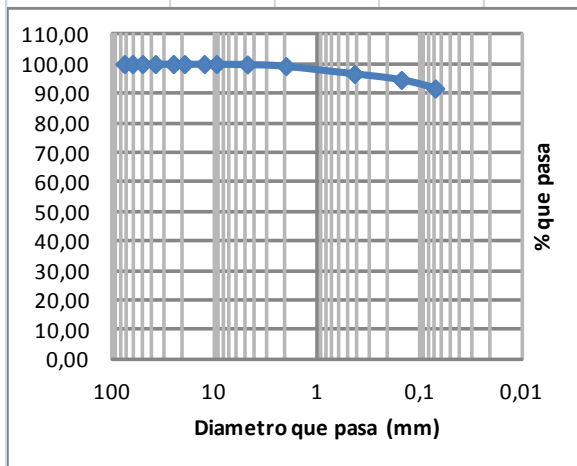
Tara No.	7	9	10
W Tara + S. Hum	31,84	29,65	31,99
W Tara + S. Sec	24,52	22,90	24,30
W Tara	8,78	8,59	8,40
W S. Seco	15,74	14,31	15,90
W Agua	7,32	6,75	7,69
Humedad %	46,51	47,17	48,36
No. De Golpes	28	22	15

ENSAYO DE GRANULOMETRIA (GRADACION) (I.N.V. E-123)

Tamiz		Peso Ret.	%	%
No.	mm	grs	Retenido	Que pasa
3.0	75	0,00	0,00	100,00
21/2	62,5	0,00	0,00	100,00
2.0	50	0,00	0,00	100,00
11/2	37,5	0,00	0,00	100,00
1"	25	0,00	0,00	100,00
3/4	19,5	0,00	0,00	100,00
1/2	12,5	0,00	0,00	100,00
3/8	9,5	0,00	0,00	100,00
4.0	4,76	0,60	0,14	99,86
10.0	2	2,40	0,56	99,30
40.0	0,43	11,40	2,66	96,64
100.0	0,15	8,60	2,01	94,63
200.0	0,07	12,40	2,90	91,73
Pasa 200		392,80	91,73	0,00
P1		428,20		grs

LIMITE PLASTICO (I.N.V. E-126)

Tara No.	11	12
W Tara + S. Hum	30,30	30,87
W Tara + S. Sec	24,60	25,01
W Tara	8,44	8,39
W S. Seco	16,16	16,62
W Agua	5,70	5,86
Humedad %	35,27	35,26



GRAVA	0,14	D10	
ARENA	8,13	D30	
FINOS	91,73	D60	
Cc	#DIV/0!	Cu	#DIV/0!
CLASIFICACION	S.U.C.S.		ML

LIMITE LIQUIDO	46,87
LIMITE PLASTICO	35,27
INDICE PLASTICO	11,60

PROYECTO	CHARALA	FECHA	13/03/2012
SITIO	CABEZA DE TALUD		
MUESTRA	SONDEO #1 M5	Sondeo No.	1
PROFUNDIDAD	3,00 - 4,00		

HUMEDAD (I.N.V. E-122-07)	
Muestra	M5
W Tara + S. Hum	1069,00
W Tara + S. Sec	848,20
W Tara	63,20
W S. Seco	785,00
W Agua	220,80
Humedad %	28,13

LIMITES DE CONSISTENCIA (ATTERBERG)

LIMITE LIQUIDO (I.N.V. E-125)

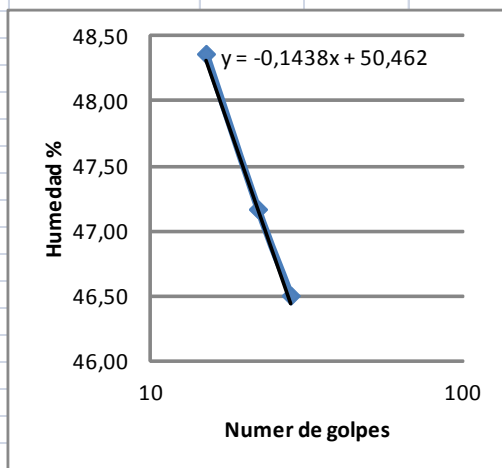
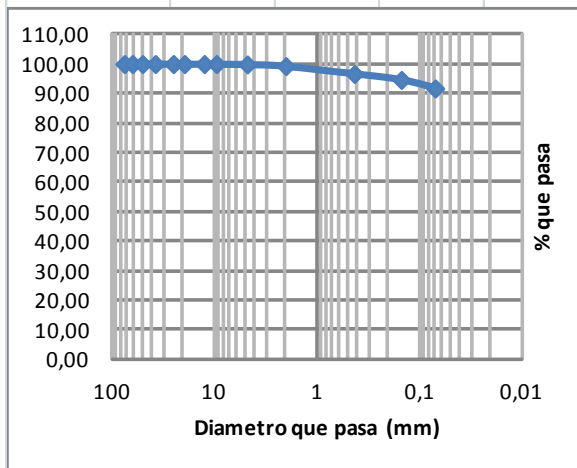
Tara No.	7	9	10
W Tara + S. Hum	31,84	29,65	31,99
W Tara + S. Sec	24,52	22,90	24,30
W Tara	8,78	8,59	8,40
W S. Seco	15,74	14,31	15,90
W Agua	7,32	6,75	7,69
Humedad %	46,51	47,17	48,36
No. De Golpes	28	22	15

ENSAYO DE GRANULOMETRIA (GRADACION) (I.N.V. E-123)

Tamiz		Peso Ret.	%	%
No.	mm	grs	Retenido	Que pasa
3.0	75	0,00	0,00	100,00
21/2	62,5	0,00	0,00	100,00
2.0	50	0,00	0,00	100,00
11/2	37,5	0,00	0,00	100,00
1"	25	0,00	0,00	100,00
3/4	19,5	0,00	0,00	100,00
1/2	12,5	0,00	0,00	100,00
3/8	9,5	0,00	0,00	100,00
4.0	4,76	0,60	0,14	99,86
10.0	2	2,40	0,56	99,30
40.0	0,43	11,40	2,66	96,64
100.0	0,15	8,60	2,01	94,63
200.0	0,07	12,40	2,90	91,73
Pasa 200		392,80	91,73	0,00
P1		428,20		grs

LIMITE PLASTICO (I.N.V. E-126)

Tara No.	11	12
W Tara + S. Hum	30,30	30,87
W Tara + S. Sec	24,60	25,01
W Tara	8,44	8,39
W S. Seco	16,16	16,62
W Agua	5,70	5,86
Humedad %	35,27	35,26



GRAVA	0,14	D10	
ARENA	8,13	D30	
FINOS	91,73	D60	
Cc	#DIV/0!	Cu	#DIV/0!
CLASIFICACION	S.U.C.S.		ML

LIMITE LIQUIDO	46,87
LIMITE PLASTICO	35,27
INDICE PLASTICO	11,60

PROYECTO	CHARALA	FECHA	13/03/2012
SITIO	CABEZA DE TALUD		
MUESTRA	SONDEO #2 M1	Sondeo No.	2
PROFUNDIDAD	0,00 - 1,00		

HUMEDAD (I.N.V. E-122-07)	
Muestra	M1
W Tara + S. Hum	718,20
W Tara + S. Sec	589,00
W Tara	67,00
W S. Seco	522,00
W Agua	129,20
Humedad %	24,75

LIMITES DE CONSISTENCIA (ATTERBERG)

LIMITE LIQUIDO (I.N.V. E-125)

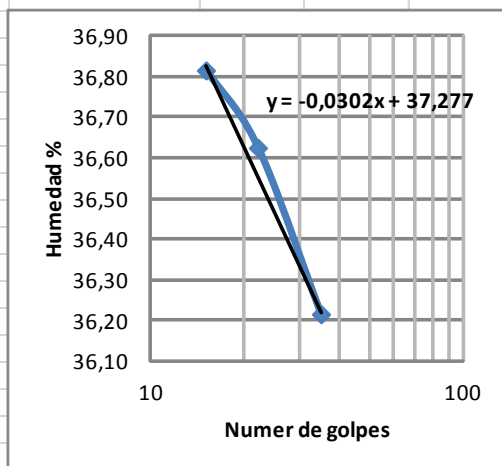
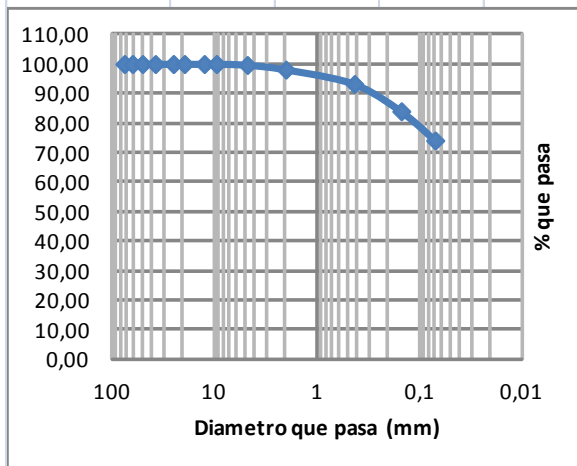
Tara No.	6	13	14
W Tara + S. Hum	32,22	32,69	30,47
W Tara + S. Sec	25,98	26,20	24,55
W Tara	8,75	8,48	8,47
W S. Seco	17,23	17,72	16,08
W Agua	6,24	6,49	5,92
Humedad %	36,22	36,63	36,82
No. De Golpes	35	22	15

ENSAYO DE GRANULOMETRIA (GRADACION) (I.N.V. E-123)

Tamiz		Peso Ret.	%	%
No.	mm	grs	Retenido	Que pasa
3.0	75	0,00	0,00	100,00
21/2	62,5	0,00	0,00	100,00
2.0	50	0,00	0,00	100,00
11/2	37,5	0,00	0,00	100,00
1"	25	0,00	0,00	100,00
3/4	19,5	0,00	0,00	100,00
1/2	12,5	0,00	0,00	100,00
3/8	9,5	0,00	0,00	100,00
4.0	4,76	0,80	0,33	99,67
10.0	2	3,80	1,55	98,12
40.0	0,43	12,00	4,90	93,22
100.0	0,15	22,60	9,22	84,00
200.0	0,07	24,20	9,88	74,12
Pasa 200		181,60	74,12	0,00
P1		245,00		grs

LIMITE PLASTICO (I.N.V. E-126)

Tara No.	15	16
W Tara + S. Hum	34,48	31,08
W Tara + S. Sec	28,26	25,75
W Tara	8,25	8,44
W S. Seco	20,01	17,31
W Agua	6,22	5,33
Humedad %	31,08	30,79



GRAVA	0,33	D10	
ARENA	25,55	D30	
FINOS	74,12	D60	
Cc	#DIV/0!	Cu	#DIV/0!
CLASIFICACION	S.U.C.S.		ML

LIMITE LIQUIDO	36,52
LIMITE PLASTICO	30,94
INDICE PLASTICO	5,58

PROYECTO	CHARALA	FECHA	13/03/2012
SITIO	CABEZA DE TALUD		
MUESTRA	SONDEO #2 M2	Sondeo No.	2
PROFUNDIDAD	1,00 - 2,00		

HUMEDAD (I.N.V. E-122-07)	
Muestra	M2
W Tara + S. Hum	598,60
W Tara + S. Sec	496,40
W Tara	67,00
W S. Seco	429,40
W Agua	102,20
Humedad %	23,80

LIMITES DE CONSISTENCIA (ATTERBERG)

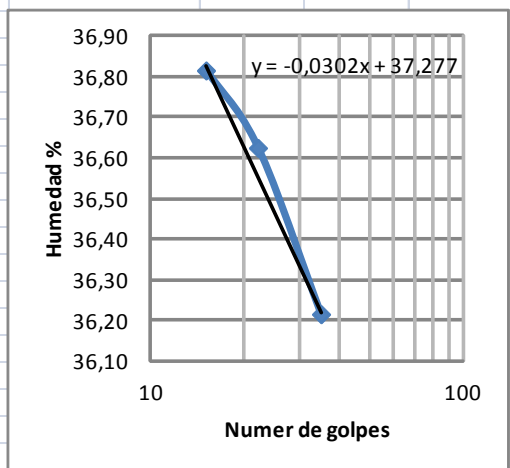
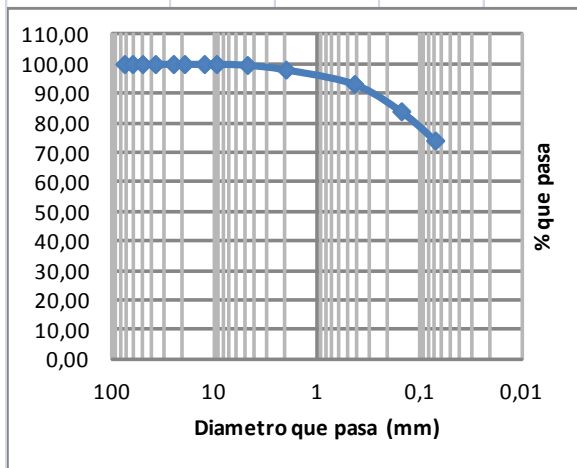
ENSAYO DE GRANULOMETRIA (GRADACION) (I.N.V. E-123)

Tamiz		Peso Ret.	%	%
No.	mm	grs	Retenido	Que pasa
3.0	75	0,00	0,00	100,00
21/2	62,5	0,00	0,00	100,00
2.0	50	0,00	0,00	100,00
11/2	37,5	0,00	0,00	100,00
1"	25	0,00	0,00	100,00
3/4	19,5	0,00	0,00	100,00
1/2	12,5	0,00	0,00	100,00
3/8	9,5	0,00	0,00	100,00
4.0	4,76	0,80	0,33	99,67
10.0	2	3,80	1,55	98,12
40.0	0,43	12,00	4,90	93,22
100.0	0,15	22,60	9,22	84,00
200.0	0,07	24,20	9,88	74,12
Pasa 200		181,60	74,12	0,00
P1		245,00		grs

Tara No.	6	13	14
W Tara + S. Hum	32,22	32,69	30,47
W Tara + S. Sec	25,98	26,20	24,55
W Tara	8,75	8,48	8,47
W S. Seco	17,23	17,72	16,08
W Agua	6,24	6,49	5,92
Humedad %	36,22	36,63	36,82
No. De Golpes	35	22	15

LIMITE PLASTICO (I.N.V. E-126)

Tara No.	15	16
W Tara + S. Hum	34,48	31,08
W Tara + S. Sec	28,26	25,75
W Tara	8,25	8,44
W S. Seco	20,01	17,31
W Agua	6,22	5,33
Humedad %	31,08	30,79



GRAVA	0,33	D10	
ARENA	25,55	D30	
FINOS	74,12	D60	
Cc	#DIV/0!	Cu	#DIV/0!
CLASIFICACION	S.U.C.S.		ML

LIMITE LIQUIDO	36,52
LIMITE PLASTICO	30,94
INDICE PLASTICO	5,58

PROYECTO	CHARALA	FECHA	13/03/2012
SITIO	CABEZA DE TALUD		
MUESTRA	SONDEO #2 M3	Sondeo No.	2
PROFUNDIDAD	2,00 - 3,00		

HUMEDAD (I.N.V. E-122-07)	
Muestra	M3
W Tara + S. Hum	794,80
W Tara + S. Sec	639,60
W Tara	63,80
W S. Seco	575,80
W Agua	155,20
Humedad %	26,95

LIMITES DE CONSISTENCIA (ATTERBERG)

LIMITE LIQUIDO (I.N.V. E-125)

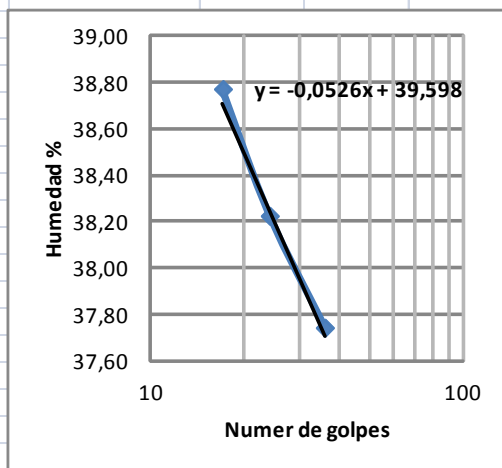
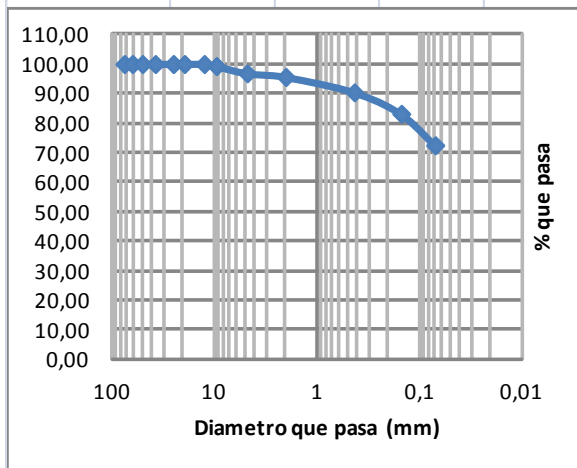
Tara No.	17	18	19
W Tara + S. Hum	31,78	31,54	31,76
W Tara + S. Sec	25,42	25,16	25,25
W Tara	8,57	8,47	8,46
W S. Seco	16,85	16,69	16,79
W Agua	6,36	6,38	6,51
Humedad %	37,74	38,23	38,77
No. De Golpes	36	24	17

ENSAYO DE GRANULOMETRIA (GRADACION) (I.N.V. E-123)

Tamiz		Peso Ret.	%	%
No.	mm	grs	Retenido	Que pasa
3.0	75	0,00	0,00	100,00
21/2	62,5	0,00	0,00	100,00
2.0	50	0,00	0,00	100,00
11/2	37,5	0,00	0,00	100,00
1"	25	0,00	0,00	100,00
3/4	19,5	0,00	0,00	100,00
1/2	12,5	0,00	0,00	100,00
3/8	9,5	3,00	0,68	99,32
4.0	4,76	10,80	2,46	96,85
10.0	2	5,40	1,23	95,62
40.0	0,43	22,80	5,20	90,42
100.0	0,15	31,80	7,26	83,16
200.0	0,07	46,70	10,66	72,50
Pasa 200		317,70	72,50	0,00
P1		438,20		grs

LIMITE PLASTICO (I.N.V. E-126)

Tara No.	20	21
W Tara + S. Hum	35,36	33,85
W Tara + S. Sec	28,65	27,58
W Tara	8,32	8,65
W S. Seco	20,33	18,93
W Agua	6,71	6,27
Humedad %	33,01	33,12



GRAVA	3,15	D10	
ARENA	24,35	D30	
FINOS	72,50	D60	
Cc	#DIV/0!	Cu	#DIV/0!
CLASIFICACION	S.U.C.S.		ML

LIMITE LIQUIDO	38,28
LIMITE PLASTICO	33,06
INDICE PLASTICO	5,22

PROYECTO	CHARALA	FECHA	13/03/2012
SITIO	CABEZA DE TALUD		
MUESTRA	SONDEO #2 M4	Sondeo No.	2
PROFUNDIDAD	3,00 - 4,00		

HUMEDAD (I.N.V. E-122-07)	
Muestra	M4
W Tara + S. Hum	656,40
W Tara + S. Sec	545,40
W Tara	71,20
W S. Seco	474,20
W Agua	111,00
Humedad %	23,41

LIMITES DE CONSISTENCIA (ATTERBERG)

LIMITE LIQUIDO (I.N.V. E-125)

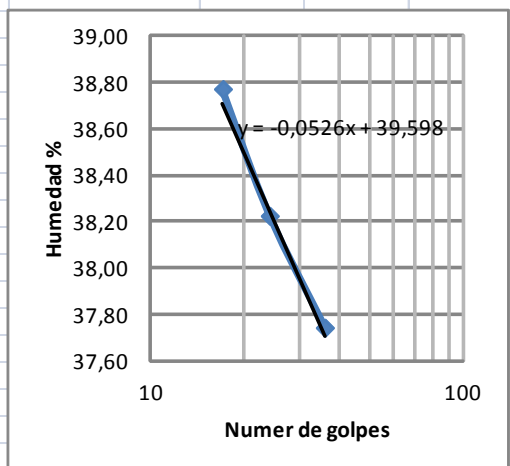
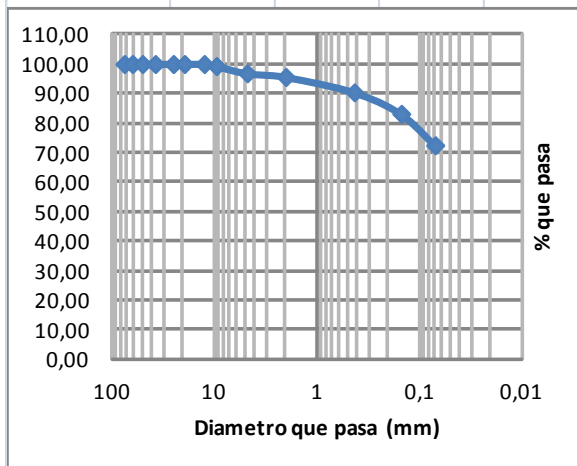
Tara No.	17	18	19
W Tara + S. Hum	31,78	31,54	31,76
W Tara + S. Sec	25,42	25,16	25,25
W Tara	8,57	8,47	8,46
W S. Seco	16,85	16,69	16,79
W Agua	6,36	6,38	6,51
Humedad %	37,74	38,23	38,77
No. De Golpes	36	24	17

ENSAYO DE GRANULOMETRIA (GRADACION) (I.N.V. E-123)

Tamiz		Peso Ret.	%	%
No.	mm	grs	Retenido	Que pasa
3.0	75	0,00	0,00	100,00
21/2	62,5	0,00	0,00	100,00
2.0	50	0,00	0,00	100,00
11/2	37,5	0,00	0,00	100,00
1"	25	0,00	0,00	100,00
3/4	19,5	0,00	0,00	100,00
1/2	12,5	0,00	0,00	100,00
3/8	9,5	3,00	0,68	99,32
4.0	4,76	10,80	2,46	96,85
10.0	2	5,40	1,23	95,62
40.0	0,43	22,80	5,20	90,42
100.0	0,15	31,80	7,26	83,16
200.0	0,07	46,70	10,66	72,50
Pasa 200		317,70	72,50	0,00
P1		438,20		grs

LIMITE PLASTICO (I.N.V. E-126)

Tara No.	20	21
W Tara + S. Hum	35,36	33,85
W Tara + S. Sec	28,65	27,58
W Tara	8,32	8,65
W S. Seco	20,33	18,93
W Agua	6,71	6,27
Humedad %	33,01	33,12



GRAVA	3,15	D10	
ARENA	24,35	D30	
FINOS	72,50	D60	
Cc	#DIV/0!	Cu	#DIV/0!

LIMITE LIQUIDO	38,29
LIMITE PLASTICO	33,06
INDICE PLASTICO	5,23

CLASIFICACION S.U.C.S. ML

PROYECTO	CHARALA	FECHA	13/03/2012
SITIO	CABEZA DE TALUD		
MUESTRA	SONDEO #3 M4	Sondeo No.	3
PROFUNDIDAD	3,00 - 4,00		

HUMEDAD (I.N.V. E-122-07)	
Muestra	M4
W Tara + S. Hum	941,80
W Tara + S. Sec	772,40
W Tara	67,80
W S. Seco	704,60
W Agua	169,40
Humedad %	24,04

LIMITES DE CONSISTENCIA (ATTERBERG)

LIMITE LIQUIDO (I.N.V. E-125)

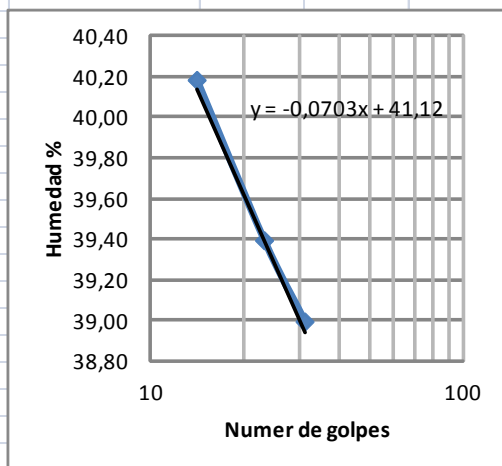
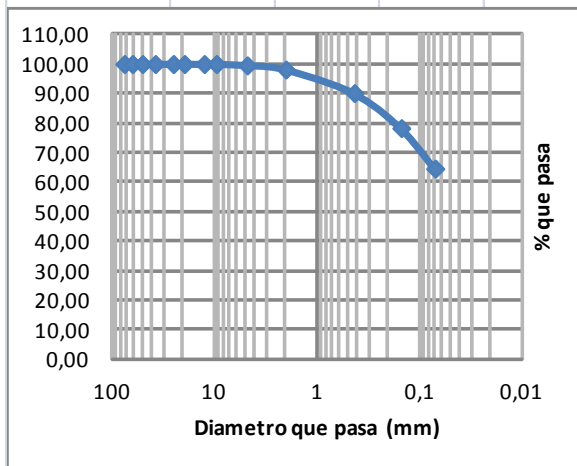
Tara No.	22	23	24
W Tara + S. Hum	32,26	31,30	31,11
W Tara + S. Sec	25,58	24,78	24,60
W Tara	8,45	8,23	8,40
W S. Seco	17,13	16,55	16,20
W Agua	6,68	6,52	6,51
Humedad %	39,00	39,40	40,19
No. De Golpes	31	23	14

ENSAYO DE GRANULOMETRIA (GRADACION) (I.N.V. E-123)

Tamiz		Peso Ret.	%	%
No.	mm	grs	Retenido	Que pasa
3.0	75	0,00	0,00	100,00
21/2	62,5	0,00	0,00	100,00
2.0	50	0,00	0,00	100,00
11/2	37,5	0,00	0,00	100,00
1"	25	0,00	0,00	100,00
3/4	19,5	0,00	0,00	100,00
1/2	12,5	0,00	0,00	100,00
3/8	9,5	0,00	0,00	100,00
4.0	4,76	2,00	0,46	99,54
10.0	2	6,00	1,39	98,15
40.0	0,43	34,60	8,01	90,14
100.0	0,15	51,20	11,85	78,30
200.0	0,07	59,20	13,70	64,60
Pasa 200		279,20	64,60	0,00
P1		432,20		grs

LIMITE PLASTICO (I.N.V. E-126)

Tara No.	25	26
W Tara + S. Hum	33,86	32,66
W Tara + S. Sec	27,36	26,53
W Tara	8,49	8,61
W S. Seco	18,87	17,92
W Agua	6,50	6,13
Humedad %	34,45	34,21



GRAVA	0,46	D10	
ARENA	34,94	D30	
FINOS	64,60	D60	
Cc	#DIV/0!	Cu	#DIV/0!

LIMITE LIQUIDO	39,37
LIMITE PLASTICO	34,33
INDICE PLASTICO	5,04

CLASIFICACION S.U.C.S. ML

PROYECTO	CHARALA	FECHA	13/03/2012
SITIO	CABEZA DE TALUD		
MUESTRA	SONDEO #3 M5	Sondeo No.	3
PROFUNDIDAD	4,00 - 5,00		

HUMEDAD (I.N.V. E-122-07)	
Muestra	M5
W Tara + S. Hum	542,40
W Tara + S. Sec	440,00
W Tara	68,00
W S. Seco	372,00
W Agua	102,40
Humedad %	27,53

LIMITES DE CONSISTENCIA (ATTERBERG)

LIMITE LIQUIDO (I.N.V. E-125)

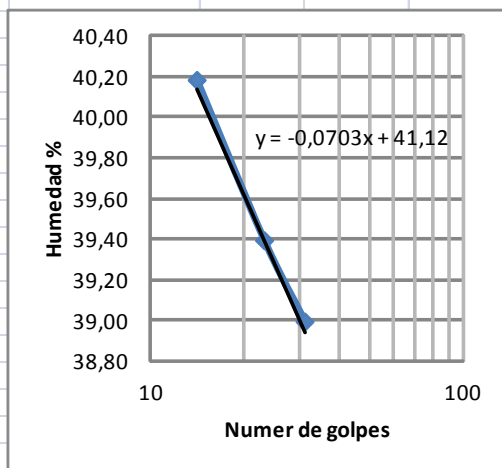
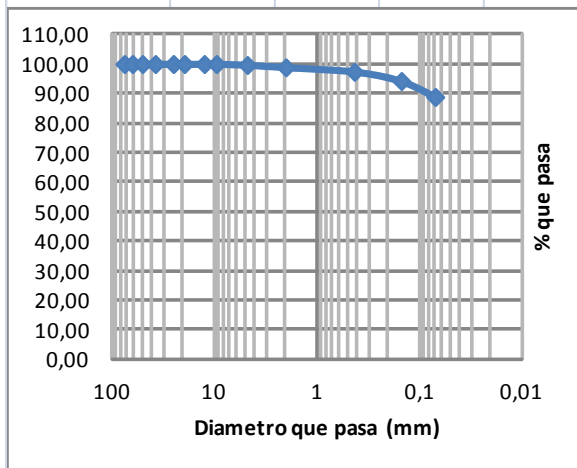
Tara No.	22	23	24
W Tara + S. Hum	32,26	31,30	31,11
W Tara + S. Sec	25,58	24,78	24,60
W Tara	8,45	8,23	8,40
W S. Seco	17,13	16,55	16,20
W Agua	6,68	6,52	6,51
Humedad %	39,00	39,40	40,19
No. De Golpes	31	23	14

ENSAYO DE GRANULOMETRIA (GRADACION) (I.N.V. E-123)

Tamiz		Peso Ret.	%	%
No.	mm	grs	Retenido	Que pasa
3.0	75	0,00	0,00	100,00
21/2	62,5	0,00	0,00	100,00
2.0	50	0,00	0,00	100,00
11/2	37,5	0,00	0,00	100,00
1"	25	0,00	0,00	100,00
3/4	19,5	0,00	0,00	100,00
1/2	12,5	0,00	0,00	100,00
3/8	9,5	0,00	0,00	100,00
4.0	4,76	2,00	0,46	99,54
10.0	2	6,00	1,39	98,15
40.0	0,43	34,60	8,01	90,14
100.0	0,15	51,20	11,85	78,30
200.0	0,07	59,20	13,70	64,60
Pasa 200		279,20	64,60	0,00
P1		432,20		grs

LIMITE PLASTICO (I.N.V. E-126)

Tara No.	25	26
W Tara + S. Hum	33,86	32,66
W Tara + S. Sec	27,36	26,53
W Tara	8,49	8,61
W S. Seco	18,87	17,92
W Agua	6,50	6,13
Humedad %	34,45	34,21



GRAVA	0,46	D10	
ARENA	34,94	D30	
FINOS	64,60	D60	
Cc	#DIV/0!	Cu	#DIV/0!
CLASIFICACION	S.U.C.S.		ML

LIMITE LIQUIDO	39,37
LIMITE PLASTICO	34,33
INDICE PLASTICO	5,04

PROYECTO	CHARALA	FECHA	13/03/2012
SITIO	CABEZA DE TALUD		
MUESTRA	SONDEO #3 M6	Sondeo No.	3
PROFUNDIDAD	5,00 - 6,00		

HUMEDAD (I.N.V. E-122-07)	
Muestra	M6
W Tara + S. Hum	638,00
W Tara + S. Sec	529,00
W Tara	63,20
W S. Seco	465,80
W Agua	109,00
Humedad %	23,40

LIMITES DE CONSISTENCIA (ATTERBERG)

LIMITE LIQUIDO (I.N.V. E-125)

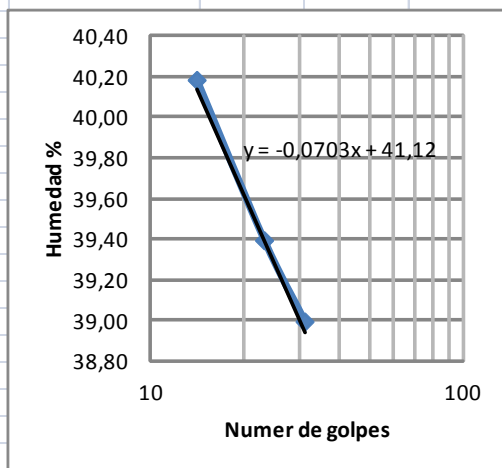
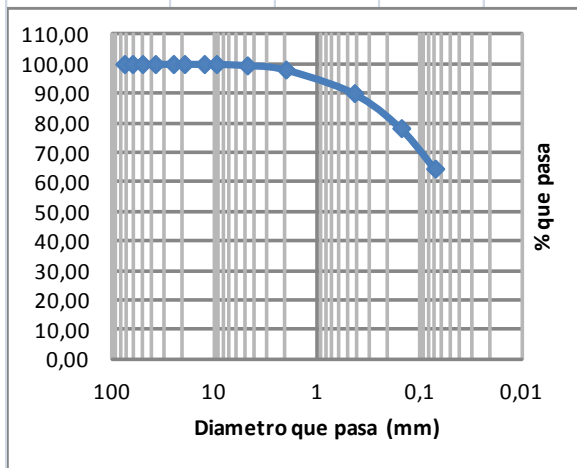
Tara No.	22	23	24
W Tara + S. Hum	32,26	31,30	31,11
W Tara + S. Sec	25,58	24,78	24,60
W Tara	8,45	8,23	8,40
W S. Seco	17,13	16,55	16,20
W Agua	6,68	6,52	6,51
Humedad %	39,00	39,40	40,19
No. De Golpes	31	23	14

ENSAYO DE GRANULOMETRIA (GRADACION) (I.N.V. E-123)

Tamiz		Peso Ret.	%	%
No.	mm	grs	Retenido	Que pasa
3.0	75	0,00	0,00	100,00
21/2	62,5	0,00	0,00	100,00
2.0	50	0,00	0,00	100,00
11/2	37,5	0,00	0,00	100,00
1"	25	0,00	0,00	100,00
3/4	19,5	0,00	0,00	100,00
1/2	12,5	0,00	0,00	100,00
3/8	9,5	0,00	0,00	100,00
4.0	4,76	2,00	0,46	99,54
10.0	2	6,00	1,39	98,15
40.0	0,43	34,60	8,01	90,14
100.0	0,15	51,20	11,85	78,30
200.0	0,07	59,20	13,70	64,60
Pasa 200		279,20	64,60	0,00
P1		432,20		grs

LIMITE PLASTICO (I.N.V. E-126)

Tara No.	25	26
W Tara + S. Hum	33,86	32,66
W Tara + S. Sec	27,36	26,53
W Tara	8,49	8,61
W S. Seco	18,87	17,92
W Agua	6,50	6,13
Humedad %	34,45	34,21



GRAVA	0,46	D10		LIMITE LIQUIDO	39,37
ARENA	34,94	D30		LIMITE PLASTICO	34,33
FINOS	64,60	D60		INDICE PLASTICO	5,04
Cc	#DIV/0!	Cu	#DIV/0!		
CLASIFICACION		S.U.C.S.	ML		

PROYECTO	CHARALA	FECHA	13/03/2012
SITIO	PATA DEL TALUD		
MUESTRA	SONDEO #4 M1	Sondeo No.	4
PROFUNDIDAD	0,00 - 1,00		

HUMEDAD (I.N.V. E-122-07)	
Muestra	M1
W Tara + S. Hum	715,40
W Tara + S. Sec	580,00
W Tara	57,80
W S. Seco	522,20
W Agua	135,40
Humedad %	25,93

LIMITES DE CONSISTENCIA (ATTERBERG)

LIMITE LIQUIDO (I.N.V. E-125)

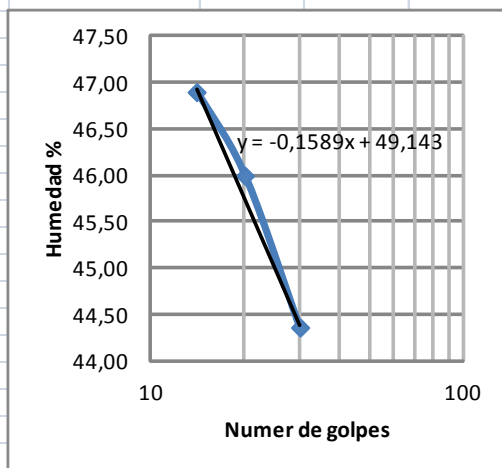
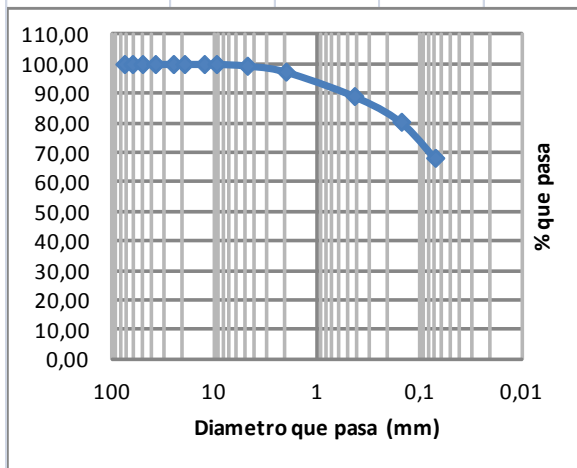
Tara No.	27	28	29
W Tara + S. Hum	30,53	31,56	30,06
W Tara + S. Sec	23,80	24,32	23,18
W Tara	8,63	8,58	8,51
W S. Seco	15,17	15,74	14,67
W Agua	6,73	7,24	6,88
Humedad %	44,36	46,00	46,90
No. De Golpes	30	20	14

ENSAYO DE GRANULOMETRIA (GRADACION) (I.N.V. E-123)

Tamiz		Peso Ret.	%	%
No.	mm	grs	Retenido	Que pasa
3.0	75	0,00	0,00	100,00
21/2	62,5	0,00	0,00	100,00
2.0	50	0,00	0,00	100,00
11/2	37,5	0,00	0,00	100,00
1"	25	0,00	0,00	100,00
3/4	19,5	0,00	0,00	100,00
1/2	12,5	0,00	0,00	100,00
3/8	9,5	0,00	0,00	100,00
4.0	4,76	2,40	0,57	99,43
10.0	2	8,40	2,00	97,43
40.0	0,43	34,80	8,27	89,16
100.0	0,15	36,60	8,70	80,47
200.0	0,07	51,40	12,21	68,25
Pasa 200		287,20	68,25	0,00
P1		420,80		grs

LIMITE PLASTICO (I.N.V. E-126)

Tara No.	30	31
W Tara + S. Hum	29,28	28,74
W Tara + S. Sec	23,81	23,45
W Tara	8,37	8,36
W S. Seco	15,44	15,09
W Agua	5,47	5,29
Humedad %	35,43	35,06



GRAVA	0,57	D10	
ARENA	31,18	D30	
FINOS	68,25	D60	
Cc	#DIV/0!	Cu	#DIV/0!

LIMITE LIQUIDO	45,19
LIMITE PLASTICO	35,24
INDICE PLASTICO	9,95

CLASIFICACION S.U.C.S. ML

PROYECTO	CHARALA	FECHA	13/03/2012
SITIO	PATA DEL TALUD		
MUESTRA	SONDEO #4 M2	Sondeo No.	4
PROFUNDIDAD	1,00 - 2,00		

HUMEDAD (I.N.V. E-122-07)	
Muestra	M2
W Tara + S. Hum	615,40
W Tara + S. Sec	488,00
W Tara	63,40
W S. Seco	424,60
W Agua	127,40
Humedad %	30,00

LIMITES DE CONSISTENCIA (ATTEBERG)

LIMITE LIQUIDO (I.N.V. E-125)

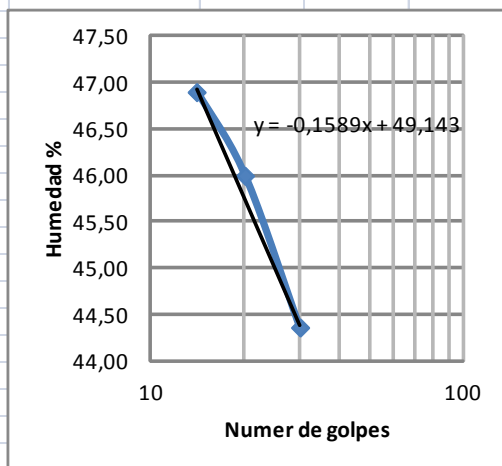
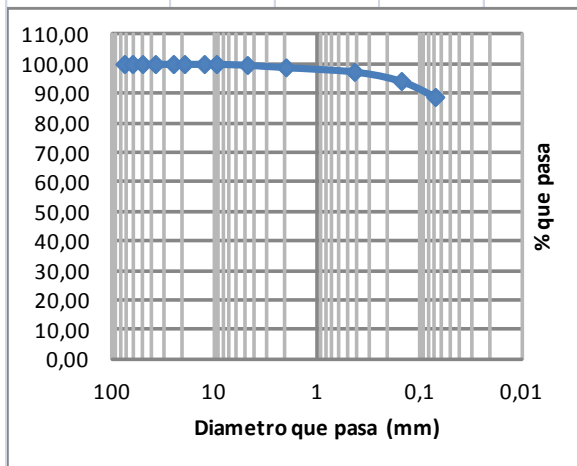
Tara No.	27	28	29
W Tara + S. Hum	30,53	31,56	30,06
W Tara + S. Sec	23,80	24,32	23,18
W Tara	8,63	8,58	8,51
W S. Seco	15,17	15,74	14,67
W Agua	6,73	7,24	6,88
Humedad %	44,36	46,00	46,90
No. De Golpes	30	20	14

ENSAYO DE GRANULOMETRIA (GRADACION) (I.N.V. E-123)

Tamiz		Peso Ret.	%	%
No.	mm	grs	Retenido	Que pasa
3.0	75	0,00	0,00	100,00
21/2	62,5	0,00	0,00	100,00
2.0	50	0,00	0,00	100,00
11/2	37,5	0,00	0,00	100,00
1"	25	0,00	0,00	100,00
3/4	19,5	0,00	0,00	100,00
1/2	12,5	0,00	0,00	100,00
3/8	9,5	0,00	0,00	100,00
4.0	4,76	2,40	0,57	99,43
10.0	2	8,40	2,00	97,43
40.0	0,43	34,80	8,27	89,16
100.0	0,15	36,60	8,70	80,47
200.0	0,07	51,40	12,21	68,25
Pasa 200		287,20	68,25	0,00
P1		420,80		grs

LIMITE PLASTICO (I.N.V. E-126)

Tara No.	30	31
W Tara + S. Hum	29,28	28,74
W Tara + S. Sec	23,81	23,45
W Tara	8,37	8,36
W S. Seco	15,44	15,09
W Agua	5,47	5,29
Humedad %	35,43	35,06



GRAVA	0,57	D10	
ARENA	31,18	D30	
FINOS	68,25	D60	
Cc	#DIV/0!	Cu	#DIV/0!

LIMITE LIQUIDO	45,19
LIMITE PLASTICO	35,24
INDICE PLASTICO	9,95

CLASIFICACION S.U.C.S. ML

PROYECTO	CHARALA	FECHA	13/03/2012
SITIO	PATA DEL TALUD		
MUESTRA	SONDEO #4 M3	Sondeo No.	4
PROFUNDIDAD	2,00 - 3,00		

HUMEDAD (I.N.V. E-122-07)	
Muestra	M3
W Tara + S. Hum	680,80
W Tara + S. Sec	489,60
W Tara	67,80
W S. Seco	421,80
W Agua	191,20
Humedad %	45,33

LIMITES DE CONSISTENCIA (ATTERBERG)

LIMITE LIQUIDO (I.N.V. E-125)

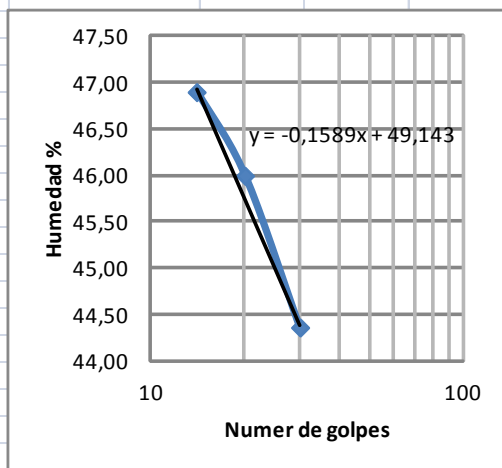
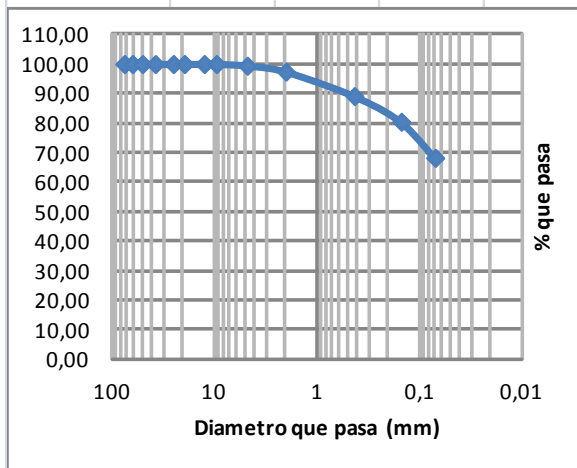
ENSAYO DE GRANULOMETRIA (GRADACION) (I.N.V. E-123)

Tamiz		Peso Ret.	%	%
No.	mm	grs	Retenido	Que pasa
3.0	75	0,00	0,00	100,00
21/2	62,5	0,00	0,00	100,00
2.0	50	0,00	0,00	100,00
11/2	37,5	0,00	0,00	100,00
1"	25	0,00	0,00	100,00
3/4	19,5	0,00	0,00	100,00
1/2	12,5	0,00	0,00	100,00
3/8	9,5	0,00	0,00	100,00
4.0	4,76	2,40	0,57	99,43
10.0	2	8,40	2,00	97,43
40.0	0,43	34,80	8,27	89,16
100.0	0,15	36,60	8,70	80,47
200.0	0,07	51,40	12,21	68,25
Pasa 200		287,20	68,25	0,00
P1		420,80		grs

Tara No.	27	28	29
W Tara + S. Hum	30,53	31,56	30,06
W Tara + S. Sec	23,80	24,32	23,18
W Tara	8,63	8,58	8,51
W S. Seco	15,17	15,74	14,67
W Agua	6,73	7,24	6,88
Humedad %	44,36	46,00	46,90
No. De Golpes	30	20	14

LIMITE PLASTICO (I.N.V. E-126)

Tara No.	30	31
W Tara + S. Hum	29,28	28,74
W Tara + S. Sec	23,81	23,45
W Tara	8,37	8,36
W S. Seco	15,44	15,09
W Agua	5,47	5,29
Humedad %	35,43	35,06



GRAVA	0,57	D10	
ARENA	31,18	D30	
FINOS	68,25	D60	
Cc	#DIV/0!	Cu	#DIV/0!

LIMITE LIQUIDO	45,19
LIMITE PLASTICO	35,24
INDICE PLASTICO	9,95

CLASIFICACION S.U.C.S. ML

PROYECTO	CHARALA	FECHA	13/03/2012
SITIO	PATA DEL TALUD		
MUESTRA	SONDEO #4 M4	Sondeo No.	4
PROFUNDIDAD	3,00 - 4,00		

HUMEDAD (I.N.V. E-122-07)	
Muestra	M4
W Tara + S. Hum	702,40
W Tara + S. Sec	489,20
W Tara	60,40
W S. Seco	428,80
W Agua	213,20
Humedad %	49,72

LIMITES DE CONSISTENCIA (ATTERBERG)

LIMITE LIQUIDO (I.N.V. E-125)

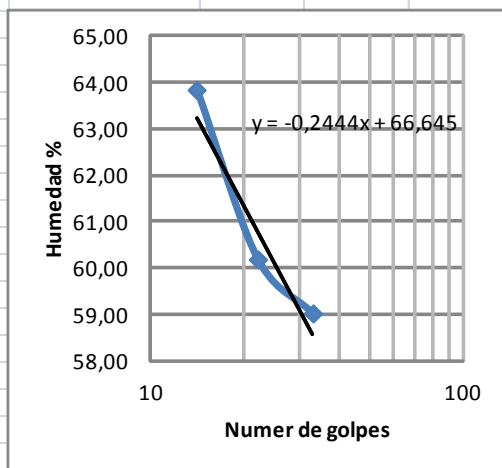
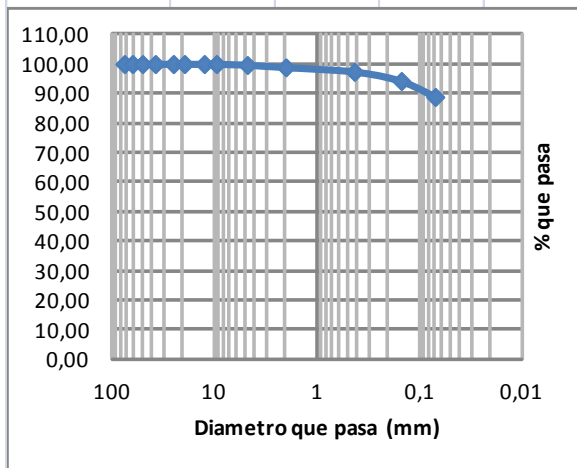
Tara No.	32	33	34
W Tara + S. Hum	31,43	30,22	31,48
W Tara + S. Sec	22,90	22,10	22,58
W Tara	8,45	8,61	8,64
W S. Seco	14,45	13,49	13,94
W Agua	8,53	8,12	8,90
Humedad %	59,03	60,19	63,85
No. De Golpes	33	22	14

ENSAYO DE GRANULOMETRIA (GRADACION) (I.N.V. E-123)

Tamiz		Peso Ret.	%	%
No.	mm	grs	Retenido	Que pasa
3.0	75	0,00	0,00	100,00
21/2	62,5	0,00	0,00	100,00
2.0	50	0,00	0,00	100,00
11/2	37,5	0,00	0,00	100,00
1"	25	0,00	0,00	100,00
3/4	19,5	0,00	0,00	100,00
1/2	12,5	0,00	0,00	100,00
3/8	9,5	0,00	0,00	100,00
4.0	4,76	1,20	0,36	99,64
10.0	2	3,20	0,95	98,70
40.0	0,43	15,40	4,56	94,14
100.0	0,15	29,40	8,70	85,44
200.0	0,07	32,40	9,59	75,84
Pasa 200		256,20	75,84	0,00
P1		337,80		grs

LIMITE PLASTICO (I.N.V. E-126)

Tara No.	35	36
W Tara + S. Hum	26,34	25,30
W Tara + S. Sec	20,76	20,04
W Tara	8,47	8,33
W S. Seco	12,29	11,71
W Agua	5,58	5,26
Humedad %	45,40	44,92



GRAVA	0,36	D10	0,00	LIMITE LIQUIDO	60,54
ARENA	23,80	D30	0,00	LIMITE PLASTICO	45,16
FINOS	75,84	D60	0,32	INDICE PLASTICO	15,38
Cc	#DIV/0!	Cu	#DIV/0!		
CLASIFICACION	S.U.C.S.	MH		AASHTO	A-3

PROYECTO	CHARALA	FECHA	13/03/2012
SITIO	PATA DEL TALUD		
MUESTRA	SONDEO #4 M5	Sondeo No.	4
PROFUNDIDAD	4,00 - 5,00		

HUMEDAD (I.N.V. E-122-07)	
Muestra	M5
W Tara + S. Hum	545,00
W Tara + S. Sec	391,60
W Tara	61,40
W S. Seco	330,20
W Agua	153,40
Humedad %	46,46

LIMITES DE CONSISTENCIA (ATTERBERG)

LIMITE LIQUIDO (I.N.V. E-125)

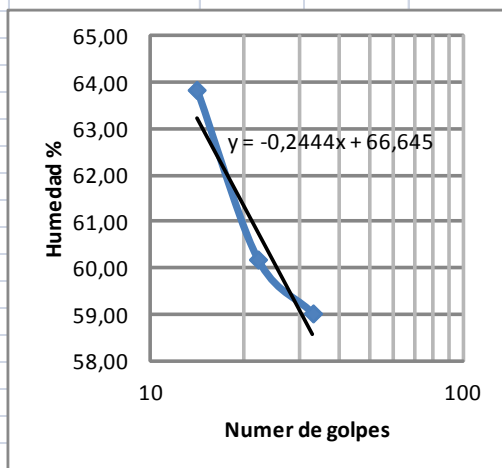
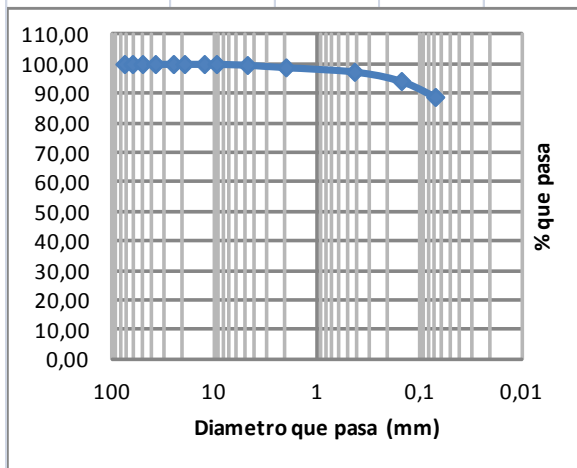
Tara No.	32	33	34
W Tara + S. Hum	31,43	30,22	31,48
W Tara + S. Sec	22,90	22,10	22,58
W Tara	8,45	8,61	8,64
W S. Seco	14,45	13,49	13,94
W Agua	8,53	8,12	8,90
Humedad %	59,03	60,19	63,85
No. De Golpes	33	22	14

ENSAYO DE GRANULOMETRIA (GRADACION) (I.N.V. E-123)

Tamiz		Peso Ret.	%	%
No.	mm	grs	Retenido	Que pasa
3.0	75	0,00	0,00	100,00
21/2	62,5	0,00	0,00	100,00
2.0	50	0,00	0,00	100,00
11/2	37,5	0,00	0,00	100,00
1"	25	0,00	0,00	100,00
3/4	19,5	0,00	0,00	100,00
1/2	12,5	0,00	0,00	100,00
3/8	9,5	0,00	0,00	100,00
4.0	4,76	1,20	0,36	99,64
10.0	2	3,20	0,95	98,70
40.0	0,43	15,40	4,56	94,14
100.0	0,15	29,40	8,70	85,44
200.0	0,07	32,40	9,59	75,84
Pasa 200		256,20	75,84	0,00
P1		337,80		grs

LIMITE PLASTICO (I.N.V. E-126)

Tara No.	35	36
W Tara + S. Hum	26,34	25,30
W Tara + S. Sec	20,76	20,04
W Tara	8,47	8,33
W S. Seco	12,29	11,71
W Agua	5,58	5,26
Humedad %	45,40	44,92



GRAVA	0,36	D10	0,00	LIMITE LIQUIDO	60,54
ARENA	23,80	D30	0,00	LIMITE PLASTICO	45,16
FINOS	75,84	D60	0,32	INDICE PLASTICO	15,38
Cc	#DIV/0!	Cu	#DIV/0!		
CLASIFICACION	S.U.C.S.	MH		AASHTO	A-3

PROYECTO	CHARALA	FECHA	13/03/2012
SITIO	PATA DEL TALUD		
MUESTRA	SONDEO #5 M1	Sondeo No.	5
PROFUNDIDAD	0,00 - 1,00		

HUMEDAD (I.N.V. E-122-07)	
Muestra	M1
W Tara + S. Hum	394,60
W Tara + S. Sec	319,00
W Tara	67,00
W S. Seco	252,00
W Agua	75,60
Humedad %	30,00

LIMITES DE CONSISTENCIA (ATTERBERG)

LIMITE LIQUIDO (I.N.V. E-125)

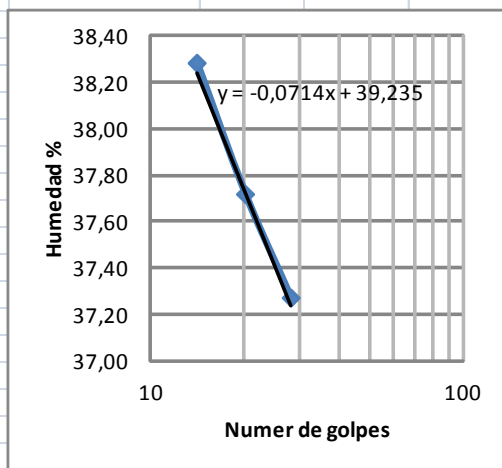
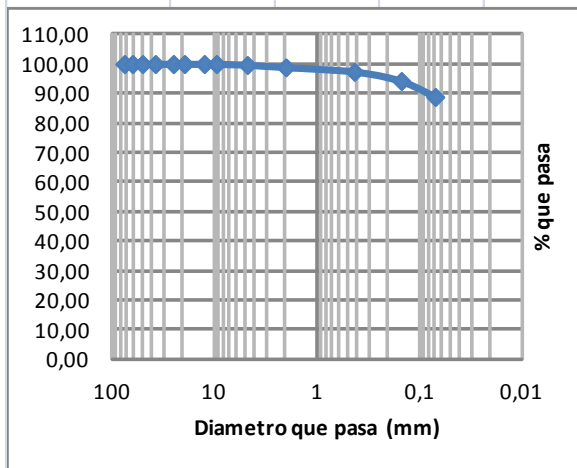
Tara No.	37	38	39
W Tara + S. Hum	31,94	31,27	32,63
W Tara + S. Sec	25,54	25,08	25,93
W Tara	8,37	8,67	8,43
W S. Seco	17,17	16,41	17,50
W Agua	6,40	6,19	6,70
Humedad %	37,27	37,72	38,29
No. De Golpes	28	20	14

ENSAYO DE GRANULOMETRIA (GRADACION) (I.N.V. E-123)

Tamiz		Peso Ret.	%	%
No.	mm	grs	Retenido	Que pasa
3.0	75	0,00	0,00	100,00
21/2	62,5	0,00	0,00	100,00
2.0	50	0,00	0,00	100,00
11/2	37,5	0,00	0,00	100,00
1"	25	0,00	0,00	100,00
3/4	19,5	0,00	0,00	100,00
1/2	12,5	0,00	0,00	100,00
3/8	9,5	0,00	0,00	100,00
4.0	4,76	1,20	0,30	99,70
10.0	2	4,40	1,11	98,59
40.0	0,43	29,80	7,51	91,08
100.0	0,15	18,00	4,53	86,55
200.0	0,07	28,80	7,25	79,29
Pasa 200		314,80	79,29	0,00
P1		397,00		grs

LIMITE PLASTICO (I.N.V. E-126)

Tara No.	40	41
W Tara + S. Hum	32,26	30,06
W Tara + S. Sec	26,63	25,02
W Tara	8,43	8,53
W S. Seco	18,20	16,49
W Agua	5,63	5,04
Humedad %	30,93	30,56



GRAVA	0,30	D10	0,00	LIMITE LIQUIDO	37,46
ARENA	20,40	D30	0,00	LIMITE PLASTICO	30,75
FINOS	79,29	D60	0,32	INDICE PLASTICO	6,71
Cc	#DIV/0!	Cu	#DIV/0!		
CLASIFICACION	S.U.C.S.	ML		AASHTO	A-3

PROYECTO	CHARALA	FECHA	13/03/2012
SITIO	PATA DEL TALUD		
MUESTRA	SONDEO #5 M2	Sondeo No.	5
PROFUNDIDAD	1,00 - 2,00		

HUMEDAD (I.N.V. E-122-07)	
Muestra	M2
W Tara + S. Hum	445,80
W Tara + S. Sec	330,10
W Tara	65,70
W S. Seco	264,40
W Agua	115,70
Humedad %	43,76

LIMITES DE CONSISTENCIA (ATTERBERG)

LIMITE LIQUIDO (I.N.V. E-125)

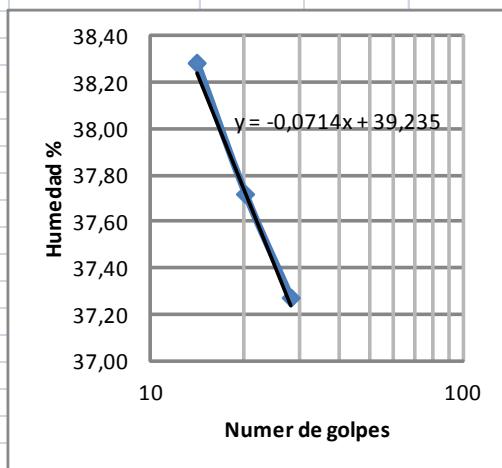
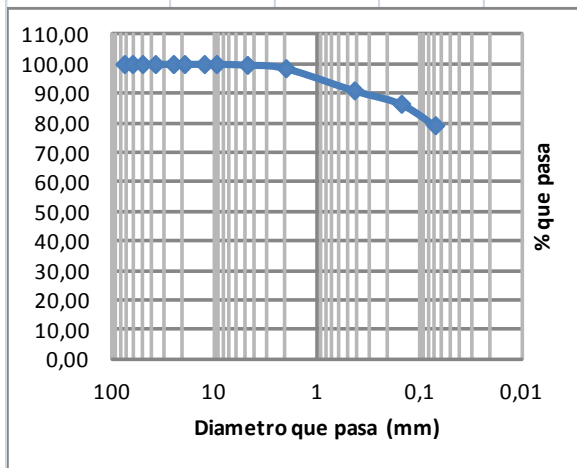
Tara No.	37	38	39
W Tara + S. Hum	31,94	31,27	32,63
W Tara + S. Sec	25,54	25,08	25,93
W Tara	8,37	8,67	8,43
W S. Seco	17,17	16,41	17,50
W Agua	6,40	6,19	6,70
Humedad %	37,27	37,72	38,29
No. De Golpes	28	20	14

ENSAYO DE GRANULOMETRIA (GRADACION) (I.N.V. E-123)

Tamiz		Peso Ret.	%	%
No.	mm	grs	Retenido	Que pasa
3.0	75	0,00	0,00	100,00
21/2	62,5	0,00	0,00	100,00
2.0	50	0,00	0,00	100,00
11/2	37,5	0,00	0,00	100,00
1"	25	0,00	0,00	100,00
3/4	19,5	0,00	0,00	100,00
1/2	12,5	0,00	0,00	100,00
3/8	9,5	0,00	0,00	100,00
4.0	4,76	1,20	0,30	99,70
10.0	2	4,40	1,11	98,59
40.0	0,43	29,80	7,51	91,08
100.0	0,15	18,00	4,53	86,55
200.0	0,07	28,80	7,25	79,29
Pasa 200		314,80	79,29	0,00
P1		397,00		grs

LIMITE PLASTICO (I.N.V. E-126)

Tara No.	40	41
W Tara + S. Hum	32,26	30,06
W Tara + S. Sec	26,63	25,02
W Tara	8,43	8,53
W S. Seco	18,20	16,49
W Agua	5,63	5,04
Humedad %	30,93	30,56



GRAVA	0,30	D10	0,00	LIMITE LIQUIDO	37,46
ARENA	20,40	D30	0,00	LIMITE PLASTICO	30,75
FINOS	79,29	D60	0,32	INDICE PLASTICO	6,71
Cc	#DIV/0!	Cu	#DIV/0!		
CLASIFICACION	S.U.C.S.	ML		AASHTO	A-3

PROYECTO	CHARALA	FECHA	13/03/2012
SITIO	PATA DEL TALUD		
MUESTRA	SONDEO #5 M3	Sondeo No.	5
PROFUNDIDAD	2,00 - 3,00		

HUMEDAD (I.N.V. E-122-07)	
Muestra	M3
W Tara + S. Hum	471,80
W Tara + S. Sec	373,00
W Tara	67,60
W S. Seco	305,40
W Agua	98,80
Humedad %	32,35

LIMITES DE CONSISTENCIA (ATTERBERG)

LIMITE LIQUIDO (I.N.V. E-125)

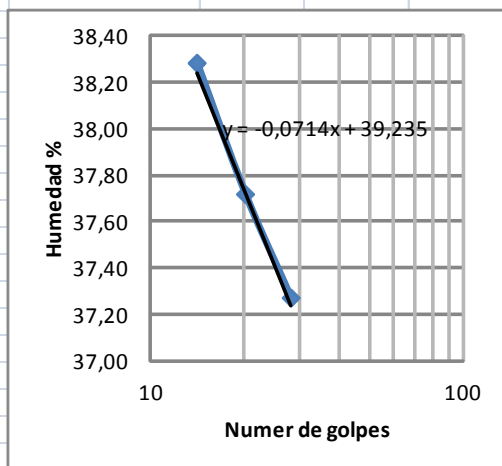
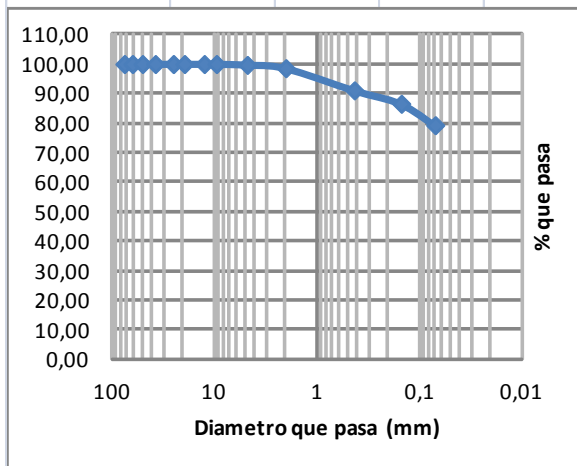
Tara No.	37	38	39
W Tara + S. Hum	31,94	31,27	32,63
W Tara + S. Sec	25,54	25,08	25,93
W Tara	8,37	8,67	8,43
W S. Seco	17,17	16,41	17,50
W Agua	6,40	6,19	6,70
Humedad %	37,27	37,72	38,29
No. De Golpes	28	20	14

ENSAYO DE GRANULOMETRIA (GRADACION) (I.N.V. E-123)

Tamiz		Peso Ret.	%	%
No.	mm	grs	Retenido	Que pasa
3.0	75	0,00	0,00	100,00
21/2	62,5	0,00	0,00	100,00
2.0	50	0,00	0,00	100,00
11/2	37,5	0,00	0,00	100,00
1"	25	0,00	0,00	100,00
3/4	19,5	0,00	0,00	100,00
1/2	12,5	0,00	0,00	100,00
3/8	9,5	0,00	0,00	100,00
4.0	4,76	1,20	0,30	99,70
10.0	2	4,40	1,11	98,59
40.0	0,43	29,80	7,51	91,08
100.0	0,15	18,00	4,53	86,55
200.0	0,07	28,80	7,25	79,29
Pasa 200		314,80	79,29	0,00
P1		397,00		grs

LIMITE PLASTICO (I.N.V. E-126)

Tara No.	40	41
W Tara + S. Hum	32,26	30,06
W Tara + S. Sec	26,63	25,02
W Tara	8,43	8,53
W S. Seco	18,20	16,49
W Agua	5,63	5,04
Humedad %	30,93	30,56



GRAVA	0,30	D10	0,00	LIMITE LIQUIDO	37,46
ARENA	20,40	D30	0,00	LIMITE PLASTICO	30,75
FINOS	79,29	D60	0,32	INDICE PLASTICO	6,71
Cc	#DIV/0!	Cu	#DIV/0!		
CLASIFICACION	S.U.C.S.	ML	AASHTO	A-3	

PROYECTO	CHARALA	FECHA	13/03/2012
SITIO	PATA DEL TALUD		
MUESTRA	SONDEO #5 M4	Sondeo No.	5
PROFUNDIDAD	3,00 - 4,00		

HUMEDAD (I.N.V. E-122-07)	
Muestra	M4
W Tara + S. Hum	569,60
W Tara + S. Sec	431,80
W Tara	64,60
W S. Seco	367,20
W Agua	137,80
Humedad %	37,53

LIMITES DE CONSISTENCIA (ATTERBERG)

LIMITE LIQUIDO (I.N.V. E-125)

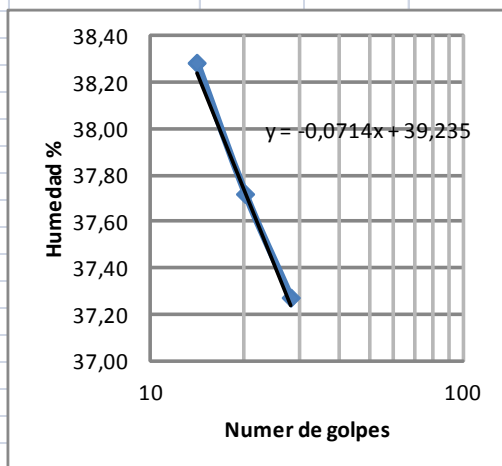
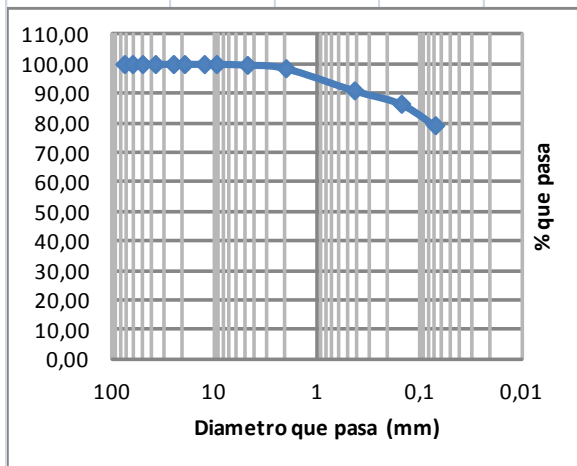
Tara No.	37	38	39
W Tara + S. Hum	31,94	31,27	32,63
W Tara + S. Sec	25,54	25,08	25,93
W Tara	8,37	8,67	8,43
W S. Seco	17,17	16,41	17,50
W Agua	6,40	6,19	6,70
Humedad %	37,27	37,72	38,29
No. De Golpes	28	20	14

ENSAYO DE GRANULOMETRIA (GRADACION) (I.N.V. E-123)

Tamiz		Peso Ret.	%	%
No.	mm	grs	Retenido	Que pasa
3.0	75	0,00	0,00	100,00
21/2	62,5	0,00	0,00	100,00
2.0	50	0,00	0,00	100,00
11/2	37,5	0,00	0,00	100,00
1"	25	0,00	0,00	100,00
3/4	19,5	0,00	0,00	100,00
1/2	12,5	0,00	0,00	100,00
3/8	9,5	0,00	0,00	100,00
4.0	4,76	1,20	0,30	99,70
10.0	2	4,40	1,11	98,59
40.0	0,43	29,80	7,51	91,08
100.0	0,15	18,00	4,53	86,55
200.0	0,07	28,80	7,25	79,29
Pasa 200		314,80	79,29	0,00
P1		397,00		grs

LIMITE PLASTICO (I.N.V. E-126)

Tara No.	40	41
W Tara + S. Hum	32,26	30,06
W Tara + S. Sec	26,63	25,02
W Tara	8,43	8,53
W S. Seco	18,20	16,49
W Agua	5,63	5,04
Humedad %	30,93	30,56



GRAVA	0,30	D10	0,00	LIMITE LIQUIDO	37,46
ARENA	20,40	D30	0,00	LIMITE PLASTICO	30,75
FINOS	79,29	D60	0,32	INDICE PLASTICO	6,71
Cc	#DIV/0!	Cu	#DIV/0!		
CLASIFICACION	S.U.C.S.	ML		AASHTO	A-3

PROYECTO	CHARALA	FECHA	13/03/2012
SITIO	PATA DEL TALUD		
MUESTRA	SONDEO #5 M5	Sondeo No.	5
PROFUNDIDAD	4,00 - 5,00		

HUMEDAD (I.N.V. E-122-07)	
Muestra	M5
W Tara + S. Hum	773,20
W Tara + S. Sec	587,60
W Tara	63,60
W S. Seco	524,00
W Agua	185,60
Humedad %	35,42

LIMITES DE CONSISTENCIA (ATTERBERG)

LIMITE LIQUIDO (I.N.V. E-125)

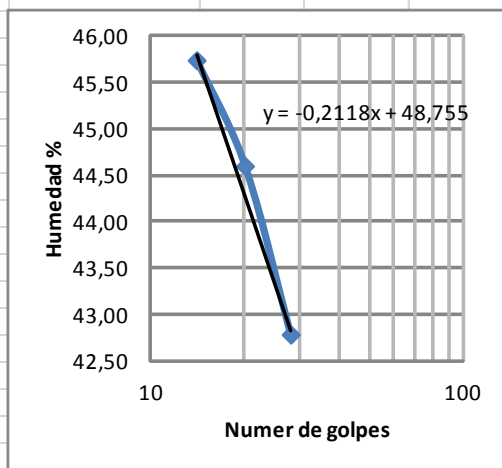
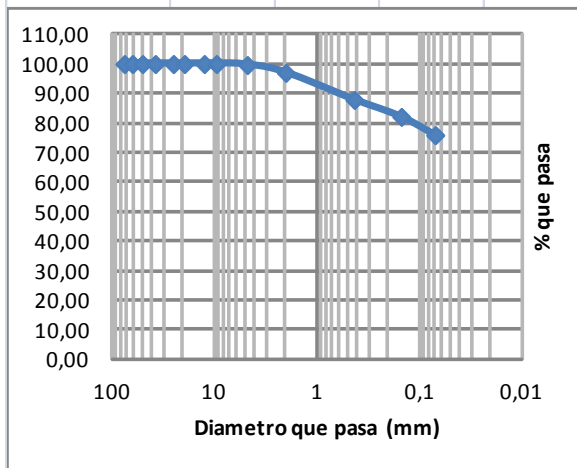
Tara No.	42	43	44
W Tara + S. Hum	32,20	31,64	31,47
W Tara + S. Sec	25,11	24,45	24,22
W Tara	8,54	8,33	8,37
W S. Seco	16,57	16,12	15,85
W Agua	7,09	7,19	7,25
Humedad %	42,79	44,60	45,74
No. De Golpes	28	20	14

ENSAYO DE GRANULOMETRIA (GRADACION) (I.N.V. E-123)

Tamiz		Peso Ret.	%	%
No.	mm	grs	Retenido	Que pasa
3.0	75	0,00	0,00	100,00
21/2	62,5	0,00	0,00	100,00
2.0	50	0,00	0,00	100,00
11/2	37,5	0,00	0,00	100,00
1"	25	0,00	0,00	100,00
3/4	19,5	0,00	0,00	100,00
1/2	12,5	0,00	0,00	100,00
3/8	9,5	0,00	0,00	100,00
4.0	4,76	1,40	0,34	99,66
10.0	2	10,80	2,65	97,01
40.0	0,43	37,40	9,17	87,84
100.0	0,15	23,40	5,74	82,11
200.0	0,07	25,20	6,18	75,93
Pasa 200		309,80	75,93	0,00
P1		408,00		grs

LIMITE PLASTICO (I.N.V. E-126)

Tara No.	45	46
W Tara + S. Hum	36,74	34,43
W Tara + S. Sec	29,64	27,93
W Tara	8,33	8,47
W S. Seco	21,31	19,46
W Agua	7,10	6,50
Humedad %	33,32	33,40



GRAVA	0,34	D10	0,00	LIMITE LIQUIDO	43,48
ARENA	23,73	D30	0,00	LIMITE PLASTICO	33,36
FINOS	75,93	D60	0,32	INDICE PLASTICO	10,12
Cc	#DIV/0!	Cu	#DIV/0!		
CLASIFICACION	S.U.C.S.	ML		AASHTO	A-3

PROYECTO	CHARALA	FECHA	13/03/2012
SITIO	PATA DEL TALUD		
MUESTRA	SONDEO #5 M6	Sondeo No.	5
PROFUNDIDAD	5,00 - 6,00		

HUMEDAD (I.N.V. E-122-07)	
Muestra	M6
W Tara + S. Hum	485,20
W Tara + S. Sec	364,80
W Tara	68,80
W S. Seco	296,00
W Agua	120,40
Humedad %	40,68

LIMITES DE CONSISTENCIA (ATTERBERG)

LIMITE LIQUIDO (I.N.V. E-125)

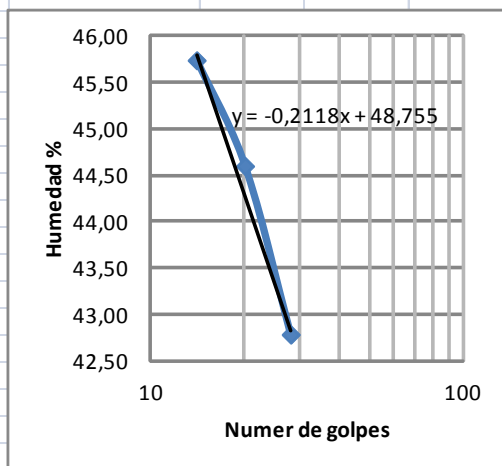
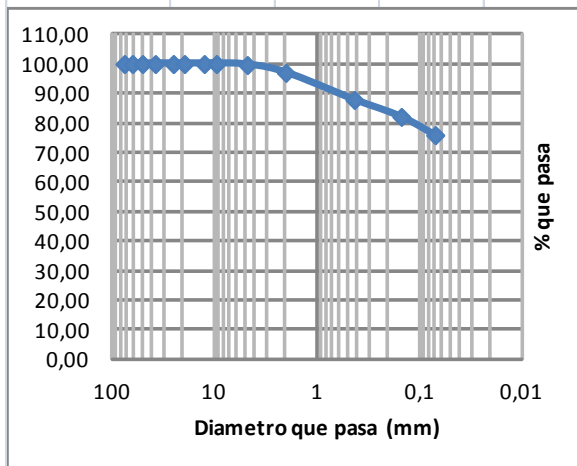
Tara No.	42	43	44
W Tara + S. Hum	32,20	31,64	31,47
W Tara + S. Sec	25,11	24,45	24,22
W Tara	8,54	8,33	8,37
W S. Seco	16,57	16,12	15,85
W Agua	7,09	7,19	7,25
Humedad %	42,79	44,60	45,74
No. De Golpes	28	20	14

ENSAYO DE GRANULOMETRIA (GRADACION) (I.N.V. E-123)

Tamiz		Peso Ret.	%	%
No.	mm	grs	Retenido	Que pasa
3.0	75	0,00	0,00	100,00
21/2	62,5	0,00	0,00	100,00
2.0	50	0,00	0,00	100,00
11/2	37,5	0,00	0,00	100,00
1"	25	0,00	0,00	100,00
3/4	19,5	0,00	0,00	100,00
1/2	12,5	0,00	0,00	100,00
3/8	9,5	0,00	0,00	100,00
4.0	4,76	1,40	0,34	99,66
10.0	2	10,80	2,65	97,01
40.0	0,43	37,40	9,17	87,84
100.0	0,15	23,40	5,74	82,11
200.0	0,07	25,20	6,18	75,93
Pasa 200		309,80	75,93	0,00
P1		408,00		grs

LIMITE PLASTICO (I.N.V. E-126)

Tara No.	45	46
W Tara + S. Hum	36,74	34,43
W Tara + S. Sec	29,64	27,93
W Tara	8,33	8,47
W S. Seco	21,31	19,46
W Agua	7,10	6,50
Humedad %	33,32	33,40



GRAVA	0,34	D10	0,00	LIMITE LIQUIDO	43,48
ARENA	23,73	D30	0,00	LIMITE PLASTICO	33,36
FINOS	75,93	D60	0,32	INDICE PLASTICO	10,12
Cc	#DIV/0!	Cu	#DIV/0!		
CLASIFICACION	S.U.C.S.	ML		AASHTO	A-3

PROYECTO	CHARALA	FECHA	13/03/2012
SITIO	PATA DEL TALUD		
MUESTRA	SONDEO #5 M7	Sondeo No.	5
PROFUNDIDAD	6,00 - 7,00		

HUMEDAD (I.N.V. E-122-07)	
Muestra	M7
W Tara + S. Hum	560,40
W Tara + S. Sec	458,00
W Tara	70,00
W S. Seco	388,00
W Agua	102,40
Humedad %	26,39

LIMITES DE CONSISTENCIA (ATTEBERG)

LIMITE LIQUIDO (I.N.V. E-125)

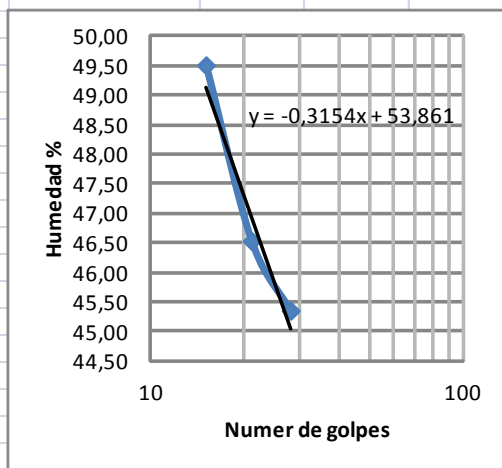
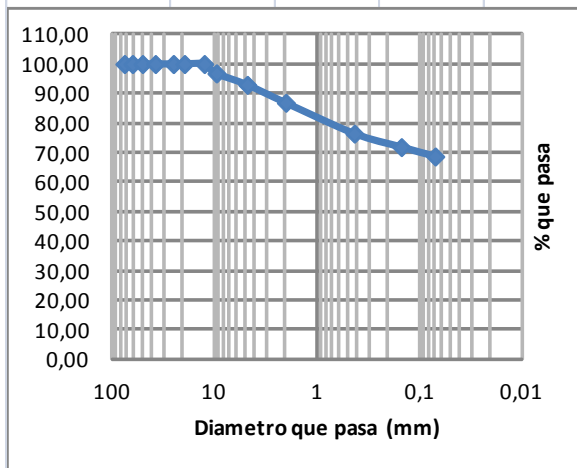
Tara No.	47	48	49
W Tara + S. Hum	31,16	30,39	31,35
W Tara + S. Sec	24,08	23,34	23,78
W Tara	8,47	8,19	8,49
W S. Seco	15,61	15,15	15,29
W Agua	7,08	7,05	7,57
Humedad %	45,36	46,53	49,51
No. De Golpes	28	21	15

ENSAYO DE GRANULOMETRIA (GRADACION) (I.N.V. E-123)

Tamiz		Peso Ret.	%	%
No.	mm	grs	Retenido	Que pasa
3.0	75	0,00	0,00	100,00
21/2	62,5	0,00	0,00	100,00
2.0	50	0,00	0,00	100,00
11/2	37,5	0,00	0,00	100,00
1"	25	0,00	0,00	100,00
3/4	19,5	0,00	0,00	100,00
1/2	12,5	0,00	0,00	100,00
3/8	9,5	5,40	3,17	96,83
4.0	4,76	6,60	3,87	92,97
10.0	2	10,40	6,10	86,87
40.0	0,43	17,80	10,43	76,44
100.0	0,15	7,80	4,57	71,86
200.0	0,07	5,40	3,17	68,70
Pasa 200		117,20	68,70	0,00
P1		170,60		grs

LIMITE PLASTICO (I.N.V. E-126)

Tara No.	50	51
W Tara + S. Hum	27,38	23,63
W Tara + S. Sec	22,76	19,94
W Tara	8,62	8,56
W S. Seco	14,14	11,38
W Agua	4,62	3,69
Humedad %	32,67	32,43



GRAVA	7,03	D10	0,00	LIMITE LIQUIDO	45,99
ARENA	24,27	D30	0,00	LIMITE PLASTICO	32,55
FINOS	68,70	D60	0,32	INDICE PLASTICO	13,44
Cc	#DIV/0!	Cu	#DIV/0!		
CLASIFICACION	S.U.C.S.	ML		AASHTO	A-3

PROYECTO	CHARALA	FECHA	13/03/2012
SITIO	PATA DEL TALUD		
MUESTRA	SONDEO #6 M1	Sondeo No.	6
PROFUNDIDAD	0,00 - 1,00		

HUMEDAD (I.N.V. E-122-07)	
Muestra	M1
W Tara + S. Hum	632,60
W Tara + S. Sec	517,80
W Tara	67,80
W S. Seco	450,00
W Agua	114,80
Humedad %	25,51

LIMITES DE CONSISTENCIA (ATTERBERG)

LIMITE LIQUIDO (I.N.V. E-125)

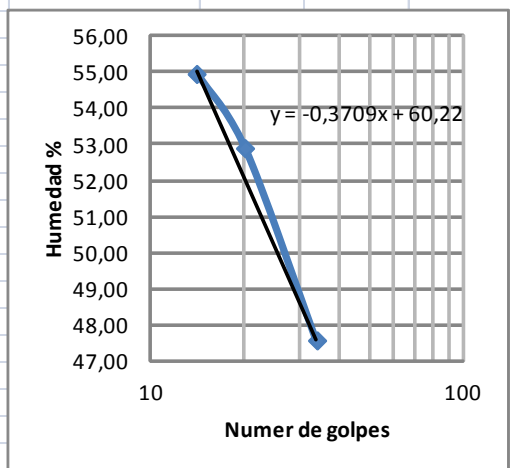
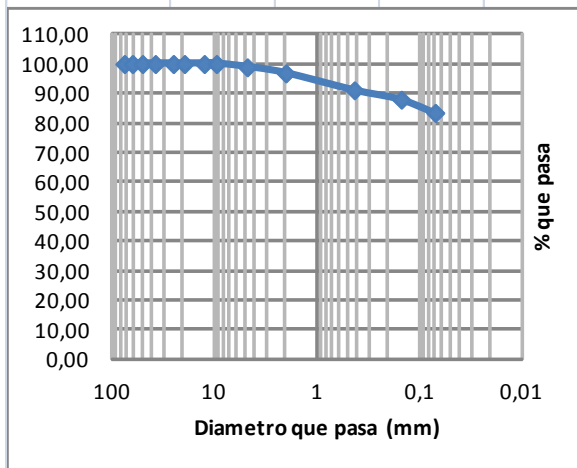
Tara No.	52	53	54
W Tara + S. Hum	31,06	31,01	32,01
W Tara + S. Sec	23,79	23,26	23,64
W Tara	8,51	8,61	8,41
W S. Seco	15,28	14,65	15,23
W Agua	7,27	7,75	8,37
Humedad %	47,58	52,90	54,96
No. De Golpes	34	20	14

ENSAYO DE GRANULOMETRIA (GRADACION) (I.N.V. E-123)

Tamiz		Peso Ret.	%	%
No.	mm	grs	Retenido	Que pasa
3.0	75	0,00	0,00	100,00
21/2	62,5	0,00	0,00	100,00
2.0	50	0,00	0,00	100,00
11/2	37,5	0,00	0,00	100,00
1"	25	0,00	0,00	100,00
3/4	19,5	0,00	0,00	100,00
1/2	12,5	0,00	0,00	100,00
3/8	9,5	0,00	0,00	100,00
4.0	4,76	4,60	1,12	98,88
10.0	2	8,40	2,04	96,84
40.0	0,43	23,60	5,74	91,10
100.0	0,15	13,00	3,16	87,94
200.0	0,07	18,40	4,47	83,47
Pasa 200		343,40	83,47	0,00
P1		411,40		grs

LIMITE PLASTICO (I.N.V. E-126)

Tara No.	55	56
W Tara + S. Hum	26,67	25,86
W Tara + S. Sec	21,66	21,09
W Tara	8,23	8,48
W S. Seco	13,43	12,61
W Agua	5,01	4,77
Humedad %	37,30	37,83



GRAVA	1,12	D10	0,00	LIMITE LIQUIDO	50,97
ARENA	15,41	D30	0,00	LIMITE PLASTICO	37,57
FINOS	83,47	D60	0,32	INDICE PLASTICO	13,40
Cc	#DIV/0!	Cu	#DIV/0!		
CLASIFICACION	S.U.C.S.	MH	AASHTO	A-3	

PROYECTO	CHARALA	FECHA	13/03/2012
SITIO	PATA DEL TALUD		
MUESTRA	SONDEO #6 M2	Sondeo No.	6
PROFUNDIDAD	1,00 - 2,00		

HUMEDAD (I.N.V. E-122-07)	
Muestra	M2
W Tara + S. Hum	631,40
W Tara + S. Sec	517,40
W Tara	63,20
W S. Seco	454,20
W Agua	114,00
Humedad %	25,10

LIMITES DE CONSISTENCIA (ATTERBERG)

LIMITE LIQUIDO (I.N.V. E-125)

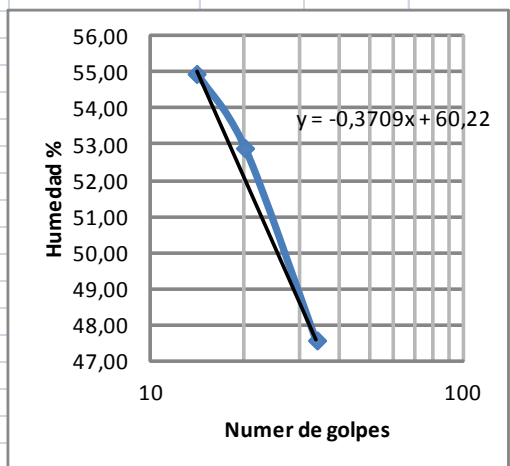
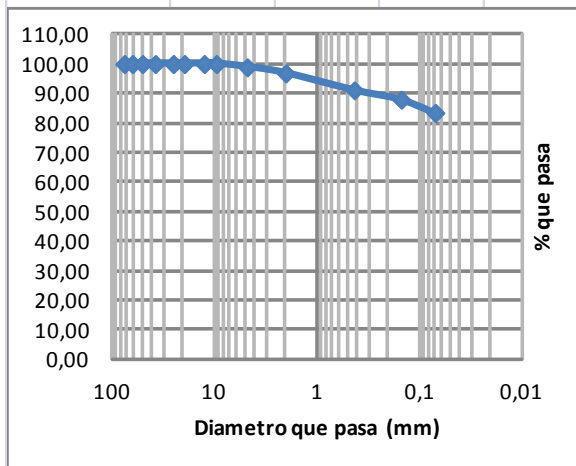
Tara No.	52	53	54
W Tara + S. Hum	31,06	31,01	32,01
W Tara + S. Sec	23,79	23,26	23,64
W Tara	8,51	8,61	8,41
W S. Seco	15,28	14,65	15,23
W Agua	7,27	7,75	8,37
Humedad %	47,58	52,90	54,96
No. De Golpes	34	20	14

ENSAYO DE GRANULOMETRIA (GRADACION) (I.N.V. E-123)

Tamiz		Peso Ret.	%	%
No.	mm	grs	Retenido	Que pasa
3.0	75	0,00	0,00	100,00
21/2	62,5	0,00	0,00	100,00
2.0	50	0,00	0,00	100,00
11/2	37,5	0,00	0,00	100,00
1"	25	0,00	0,00	100,00
3/4	19,5	0,00	0,00	100,00
1/2	12,5	0,00	0,00	100,00
3/8	9,5	0,00	0,00	100,00
4.0	4,76	4,60	1,12	98,88
10.0	2	8,40	2,04	96,84
40.0	0,43	23,60	5,74	91,10
100.0	0,15	13,00	3,16	87,94
200.0	0,07	18,40	4,47	83,47
Pasa 200		343,40	83,47	0,00
P1		411,40		grs

LIMITE PLASTICO (I.N.V. E-126)

Tara No.	55	56
W Tara + S. Hum	26,67	25,86
W Tara + S. Sec	21,66	21,09
W Tara	8,23	8,48
W S. Seco	13,43	12,61
W Agua	5,01	4,77
Humedad %	37,30	37,83



GRAVA	1,12	D10	0,00	LIMITE LIQUIDO	50,97
ARENA	15,41	D30	0,00	LIMITE PLASTICO	37,57
FINOS	83,47	D60	0,32	INDICE PLASTICO	13,40
Cc	#DIV/0!	Cu	#DIV/0!		
CLASIFICACION	S.U.C.S.	MH		AASHTO	A-3

PROYECTO	CHARALA	FECHA	13/03/2012
SITIO	PATA DEL TALUD		
MUESTRA	SONDEO #6 M3	Sondeo No.	6
PROFUNDIDAD	2,00 - 3,00		

HUMEDAD (I.N.V. E-122-07)	
Muestra	M3
W Tara + S. Hum	741,80
W Tara + S. Sec	561,80
W Tara	60,40
W S. Seco	501,40
W Agua	180,00
Humedad %	35,90

LIMITES DE CONSISTENCIA (ATTERBERG)

LIMITE LIQUIDO (I.N.V. E-125)

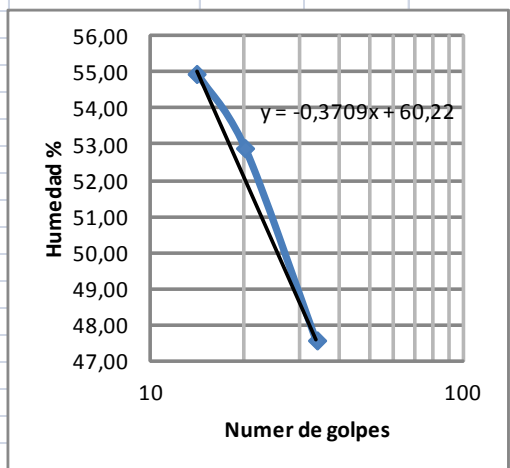
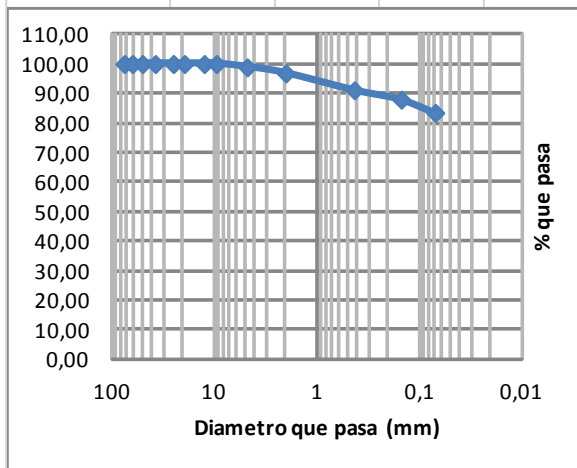
Tara No.	52	53	54
W Tara + S. Hum	31,06	31,01	32,01
W Tara + S. Sec	23,79	23,26	23,64
W Tara	8,51	8,61	8,41
W S. Seco	15,28	14,65	15,23
W Agua	7,27	7,75	8,37
Humedad %	47,58	52,90	54,96
No. De Golpes	34	20	14

ENSAYO DE GRANULOMETRIA (GRADACION) (I.N.V. E-123)

Tamiz		Peso Ret.	%	%
No.	mm	grs	Retenido	Que pasa
3.0	75	0,00	0,00	100,00
21/2	62,5	0,00	0,00	100,00
2.0	50	0,00	0,00	100,00
11/2	37,5	0,00	0,00	100,00
1"	25	0,00	0,00	100,00
3/4	19,5	0,00	0,00	100,00
1/2	12,5	0,00	0,00	100,00
3/8	9,5	0,00	0,00	100,00
4.0	4,76	4,60	1,12	98,88
10.0	2	8,40	2,04	96,84
40.0	0,43	23,60	5,74	91,10
100.0	0,15	13,00	3,16	87,94
200.0	0,07	18,40	4,47	83,47
Pasa 200		343,40	83,47	0,00
P1		411,40		grs

LIMITE PLASTICO (I.N.V. E-126)

Tara No.	55	56
W Tara + S. Hum	26,67	25,86
W Tara + S. Sec	21,66	21,09
W Tara	8,23	8,48
W S. Seco	13,43	12,61
W Agua	5,01	4,77
Humedad %	37,30	37,83



GRAVA	1,12	D10	0,00	LIMITE LIQUIDO	50,97
ARENA	15,41	D30	0,00	LIMITE PLASTICO	37,57
FINOS	83,47	D60	0,32	INDICE PLASTICO	13,40
Cc	#DIV/0!	Cu	#DIV/0!		
CLASIFICACION	S.U.C.S.	MH		AASHTO	A-3

PROYECTO	CHARALA	FECHA	13/03/2012
SITIO	PATA DEL TALUD		
MUESTRA	SONDEO #6 M4	Sondeo No.	6
PROFUNDIDAD	3,00 - 4,00		

HUMEDAD (I.N.V. E-122-07)	
Muestra	M4
W Tara + S. Hum	785,80
W Tara + S. Sec	588,60
W Tara	67,60
W S. Seco	521,00
W Agua	197,20
Humedad %	37,85

LIMITES DE CONSISTENCIA (ATTERBERG)

LIMITE LIQUIDO (I.N.V. E-125)

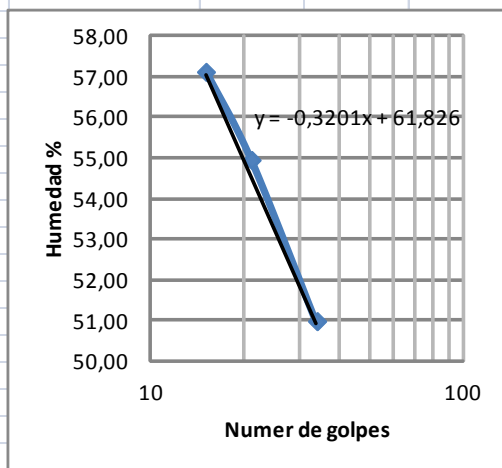
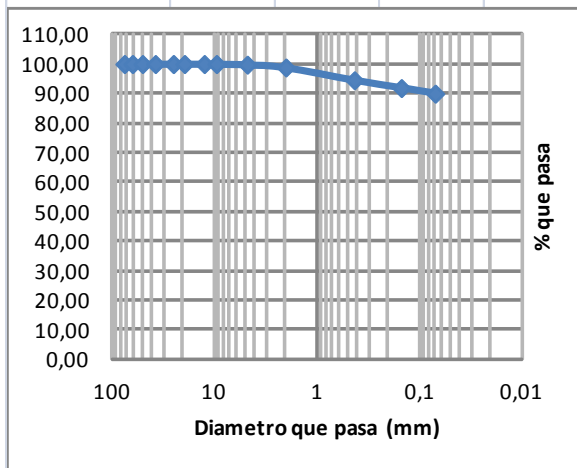
Tara No.	57	58	59
W Tara + S. Hum	31,56	31,45	33,47
W Tara + S. Sec	23,82	23,30	24,41
W Tara	8,64	8,47	8,55
W S. Seco	15,18	14,83	15,86
W Agua	7,74	8,15	9,06
Humedad %	50,99	54,96	57,12
No. De Golpes	34	21	15

ENSAYO DE GRANULOMETRIA (GRADACION) (I.N.V. E-123)

Tamiz		Peso Ret.	%	%
No.	mm	grs	Retenido	Que pasa
3.0	75	0,00	0,00	100,00
21/2	62,5	0,00	0,00	100,00
2.0	50	0,00	0,00	100,00
11/2	37,5	0,00	0,00	100,00
1"	25	0,00	0,00	100,00
3/4	19,5	0,00	0,00	100,00
1/2	12,5	0,00	0,00	100,00
3/8	9,5	0,00	0,00	100,00
4.0	4,76	1,00	0,22	99,78
10.0	2	4,40	0,95	98,84
40.0	0,43	20,20	4,35	94,49
100.0	0,15	12,20	2,63	91,86
200.0	0,07	8,80	1,89	89,97
Pasa 200		417,80	89,97	0,00
P1		464,40		grs

LIMITE PLASTICO (I.N.V. E-126)

Tara No.	60	61
W Tara + S. Hum	27,27	25,94
W Tara + S. Sec	22,06	21,17
W Tara	8,43	8,66
W S. Seco	13,63	12,51
W Agua	5,21	4,77
Humedad %	38,22	38,13



GRAVA	0,22	D10	0,00	LIMITE LIQUIDO	53,82
ARENA	9,82	D30	0,00	LIMITE PLASTICO	38,18
FINOS	89,97	D60	0,32	INDICE PLASTICO	15,64
Cc	#DIV/0!	Cu	#DIV/0!		
CLASIFICACION	S.U.C.S.	MH	AASHTO	A-3	

PROYECTO	CHARALA	FECHA	13/03/2012
SITIO	PATA DEL TALUD		
MUESTRA	SONDEO #6 M5	Sondeo No.	6
PROFUNDIDAD	4,00 - 5,00		

HUMEDAD (I.N.V. E-122-07)	
Muestra	M5
W Tara + S. Hum	820,80
W Tara + S. Sec	606,20
W Tara	69,20
W S. Seco	537,00
W Agua	214,60
Humedad %	39,96

LIMITES DE CONSISTENCIA (ATTEBERG)

LIMITE LIQUIDO (I.N.V. E-125)

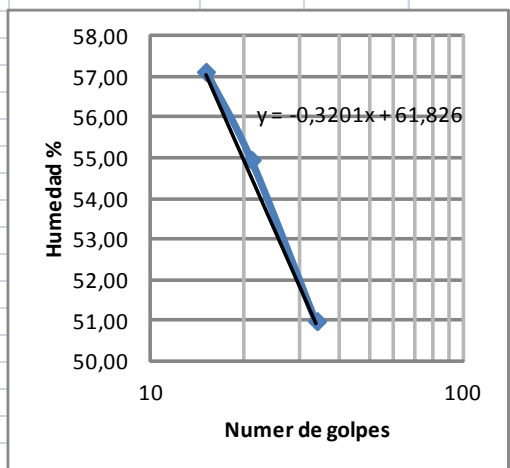
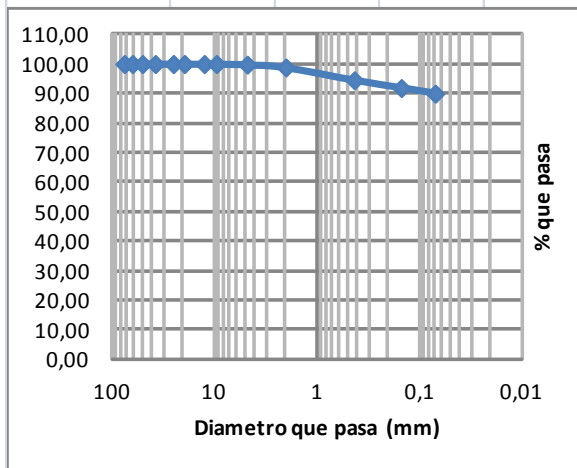
ENSAYO DE GRANULOMETRIA (GRADACION) (I.N.V. E-123)

Tamiz		Peso Ret.	%	%
No.	mm	grs	Retenido	Que pasa
3.0	75	0,00	0,00	100,00
21/2	62,5	0,00	0,00	100,00
2.0	50	0,00	0,00	100,00
11/2	37,5	0,00	0,00	100,00
1"	25	0,00	0,00	100,00
3/4	19,5	0,00	0,00	100,00
1/2	12,5	0,00	0,00	100,00
3/8	9,5	0,00	0,00	100,00
4.0	4,76	1,00	0,22	99,78
10.0	2	4,40	0,95	98,84
40.0	0,43	20,20	4,35	94,49
100.0	0,15	12,20	2,63	91,86
200.0	0,07	8,80	1,89	89,97
Pasa 200		417,80	89,97	0,00
P1		464,40		grs

Tara No.	57	58	59
W Tara + S. Hum	31,56	31,45	33,47
W Tara + S. Sec	23,82	23,30	24,41
W Tara	8,64	8,47	8,55
W S. Seco	15,18	14,83	15,86
W Agua	7,74	8,15	9,06
Humedad %	50,99	54,96	57,12
No. De Golpes	34	21	15

LIMITE PLASTICO (I.N.V. E-126)

Tara No.	60	61
W Tara + S. Hum	27,27	25,94
W Tara + S. Sec	22,06	21,17
W Tara	8,43	8,66
W S. Seco	13,63	12,51
W Agua	5,21	4,77
Humedad %	38,22	38,13



GRAVA	0,22	D10	0,00	LIMITE LIQUIDO	53,82
ARENA	9,82	D30	0,00	LIMITE PLASTICO	38,18
FINOS	89,97	D60	0,32	INDICE PLASTICO	15,64
Cc	#DIV/0!	Cu	#DIV/0!		
CLASIFICACION	S.U.C.S.	MH		AASHTO	A-3

PROYECTO	CHARALA	FECHA	13/03/2012
SITIO	PATA DEL TALUD		
MUESTRA	SONDEO #6 M6	Sondeo No.	6
PROFUNDIDAD	5,00 - 6,00		

HUMEDAD (I.N.V. E-122-07)	
Muestra	M6
W Tara + S. Hum	525,00
W Tara + S. Sec	401,40
W Tara	67,20
W S. Seco	334,20
W Agua	123,60
Humedad %	36,98

LIMITES DE CONSISTENCIA (ATTERBERG)

LIMITE LIQUIDO (I.N.V. E-125)

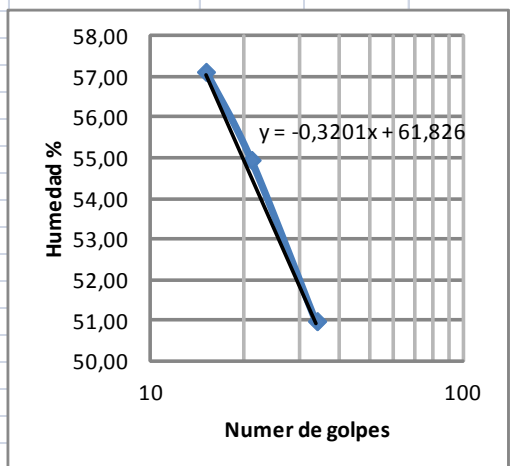
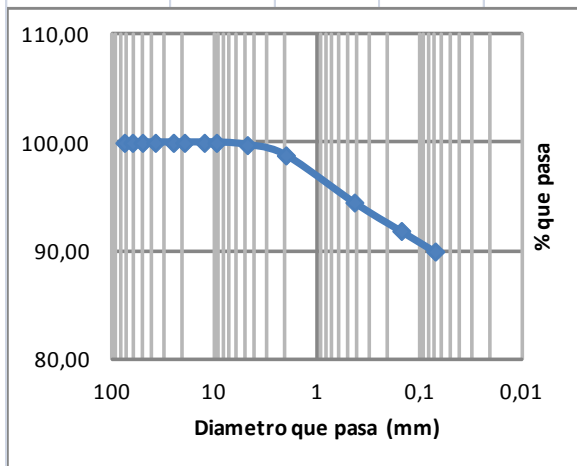
Tara No.	57	58	59
W Tara + S. Hum	31,56	31,45	33,47
W Tara + S. Sec	23,82	23,30	24,41
W Tara	8,64	8,47	8,55
W S. Seco	15,18	14,83	15,86
W Agua	7,74	8,15	9,06
Humedad %	50,99	54,96	57,12
No. De Golpes	34	21	15

ENSAYO DE GRANULOMETRIA (GRADACION) (I.N.V. E-123)

Tamiz		Peso Ret.	%	%
No.	mm	grs	Retenido	Que pasa
3.0	75	0,00	0,00	100,00
21/2	62,5	0,00	0,00	100,00
2.0	50	0,00	0,00	100,00
11/2	37,5	0,00	0,00	100,00
1"	25	0,00	0,00	100,00
3/4	19,5	0,00	0,00	100,00
1/2	12,5	0,00	0,00	100,00
3/8	9,5	0,00	0,00	100,00
4.0	4,76	1,00	0,22	99,78
10.0	2	4,40	0,95	98,84
40.0	0,43	20,20	4,35	94,49
100.0	0,15	12,20	2,63	91,86
200.0	0,07	8,80	1,89	89,97
Pasa 200		417,80	89,97	0,00
P1		464,40		grs

LIMITE PLASTICO (I.N.V. E-126)

Tara No.	60	61
W Tara + S. Hum	27,27	25,94
W Tara + S. Sec	22,06	21,17
W Tara	8,43	8,66
W S. Seco	13,63	12,51
W Agua	5,21	4,77
Humedad %	38,22	38,13



GRAVA	0,22	D10	0,00	LIMITE LIQUIDO	53,82
ARENA	9,82	D30	0,00	LIMITE PLASTICO	38,18
FINOS	89,97	D60	0,32	INDICE PLASTICO	15,64
Cc	#DIV/0!	Cu	#DIV/0!		
CLASIFICACION	S.U.C.S.	MH		AASHTO	A-3

PROYECTO	CHARALA	FECHA	13/03/2012
SITIO	BORDE DEL ABISMO		
MUESTRA	SONDEO #7 M1	Sondeo No.	7
PROFUNDIDAD	0,00 - 1,00		

HUMEDAD (I.N.V. E-122-07)	
Muestra	M1
W Tara + S. Hum	407,60
W Tara + S. Sec	339,20
W Tara	68,00
W S. Seco	271,20
W Agua	68,40
Humedad %	25,22

LIMITES DE CONSISTENCIA (ATTERBERG)

LIMITE LIQUIDO (I.N.V. E-125)

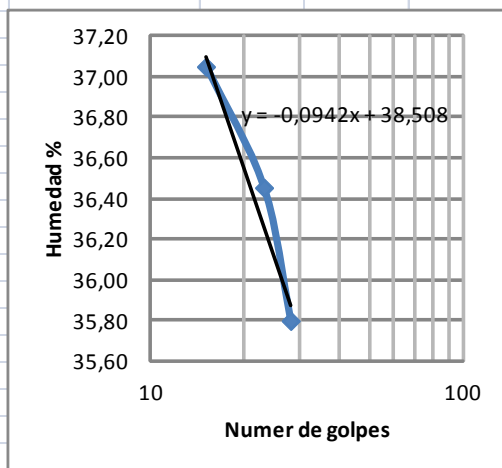
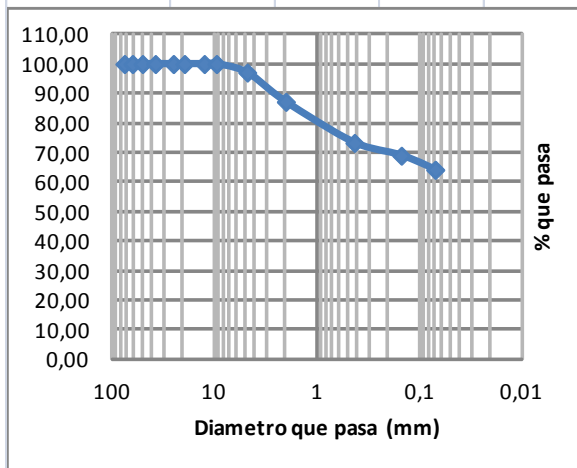
Tara No.	62	63	64
W Tara + S. Hum	31,51	30,27	31,24
W Tara + S. Sec	25,46	24,43	25,06
W Tara	8,56	8,41	8,38
W S. Seco	16,90	16,02	16,68
W Agua	6,05	5,84	6,18
Humedad %	35,80	36,45	37,05
No. De Golpes	28	23	15

ENSAYO DE GRANULOMETRIA (GRADACION) (I.N.V. E-123)

Tamiz		Peso Ret.	%	%
No.	mm	grs	Retenido	Que pasa
3.0	75	0,00	0,00	100,00
21/2	62,5	0,00	0,00	100,00
2.0	50	0,00	0,00	100,00
11/2	37,5	0,00	0,00	100,00
1"	25	0,00	0,00	100,00
3/4	19,5	0,00	0,00	100,00
1/2	12,5	0,00	0,00	100,00
3/8	9,5	0,00	0,00	100,00
4.0	4,76	11,60	2,89	97,11
10.0	2	39,80	9,91	87,20
40.0	0,43	55,80	13,89	73,31
100.0	0,15	17,40	4,33	68,97
200.0	0,07	19,20	4,78	64,19
Pasa 200		257,80	64,19	0,00
P1		401,60		grs

LIMITE PLASTICO (I.N.V. E-126)

Tara No.	65	66
W Tara + S. Hum	32,95	31,54
W Tara + S. Sec	27,61	26,54
W Tara	8,48	8,46
W S. Seco	19,13	18,08
W Agua	5,34	5,00
Humedad %	27,91	27,65



GRAVA	2,89	D10	0,00	LIMITE LIQUIDO	36,15
ARENA	32,92	D30	0,00	LIMITE PLASTICO	27,78
FINOS	64,19	D60	0,32	INDICE PLASTICO	8,37
Cc	#DIV/0!	Cu	#DIV/0!		
CLASIFICACION	S.U.C.S.	ML		AASHTO	A-3

PROYECTO	CHARALA	FECHA	13/03/2012
SITIO	BORDE DEL ABISMO		
MUESTRA	SONDEO #7 M2	Sondeo No.	7
PROFUNDIDAD	PRO- 1,00 - 2,00		

HUMEDAD (I.N.V. E-122-07)	
Muestra	M2
W Tara + S. Hum	478,60
W Tara + S. Sec	387,60
W Tara	67,80
W S. Seco	319,80
W Agua	91,00
Humedad %	28,46

LIMITES DE CONSISTENCIA (ATTERBERG)

LIMITE LIQUIDO (I.N.V. E-125)

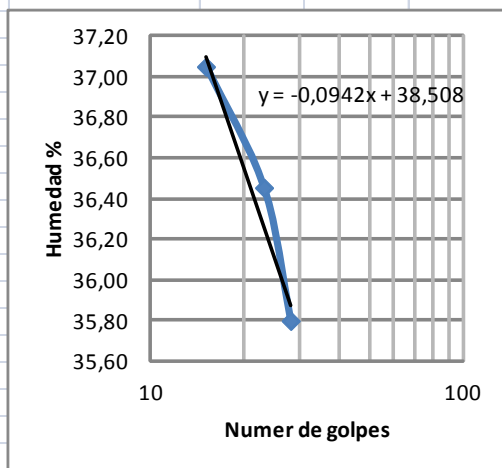
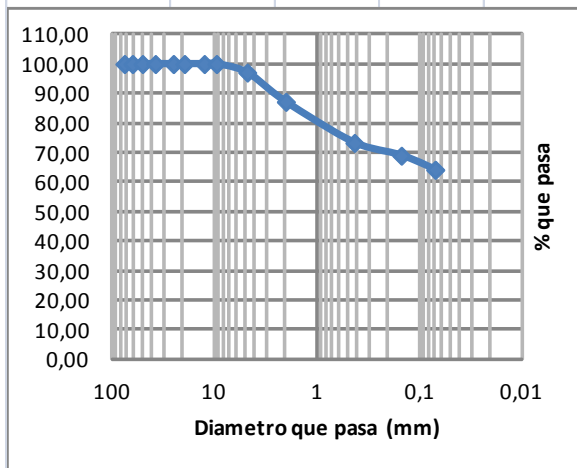
Tara No.	62	63	64
W Tara + S. Hum	31,51	30,27	31,24
W Tara + S. Sec	25,46	24,43	25,06
W Tara	8,56	8,41	8,38
W S. Seco	16,90	16,02	16,68
W Agua	6,05	5,84	6,18
Humedad %	35,80	36,45	37,05
No. De Golpes	28	23	15

ENSAYO DE GRANULOMETRIA (GRADACION) (I.N.V. E-123)

Tamiz		Peso Ret.	%	%
No.	mm	grs	Retenido	Que pasa
3.0	75	0,00	0,00	100,00
21/2	62,5	0,00	0,00	100,00
2.0	50	0,00	0,00	100,00
11/2	37,5	0,00	0,00	100,00
1"	25	0,00	0,00	100,00
3/4	19,5	0,00	0,00	100,00
1/2	12,5	0,00	0,00	100,00
3/8	9,5	0,00	0,00	100,00
4.0	4,76	11,60	2,89	97,11
10.0	2	39,80	9,91	87,20
40.0	0,43	55,80	13,89	73,31
100.0	0,15	17,40	4,33	68,97
200.0	0,07	19,20	4,78	64,19
Pasa 200		257,80	64,19	0,00
P1		401,60		grs

LIMITE PLASTICO (I.N.V. E-126)

Tara No.	65	66
W Tara + S. Hum	32,95	31,54
W Tara + S. Sec	27,61	26,54
W Tara	8,48	8,46
W S. Seco	19,13	18,08
W Agua	5,34	5,00
Humedad %	27,91	27,65



GRAVA	2,89	D10	0,00	LIMITE LIQUIDO	36,15
ARENA	32,92	D30	0,00	LIMITE PLASTICO	27,78
FINOS	64,19	D60	0,32	INDICE PLASTICO	8,37
Cc	#DIV/0!	Cu	#DIV/0!		
CLASIFICACION	S.U.C.S.	ML		AASHTO	A-3

PROYECTO	CHARALA	FECHA	13/03/2012
SITIO	BORDE DEL ABISMO		
MUESTRA	SONDEO #7 M3	Sondeo No.	7
PROFUNDIDAD	PRO - 2,00 - 3,00		

HUMEDAD (I.N.V. E-122-07)	
Muestra	M3
W Tara + S. Hum	1139,20
W Tara + S. Sec	1011,20
W Tara	61,60
W S. Seco	949,60
W Agua	128,00
Humedad %	13,48

LIMITES DE CONSISTENCIA (ATTERBERG)

LIMITE LIQUIDO (I.N.V. E-125)

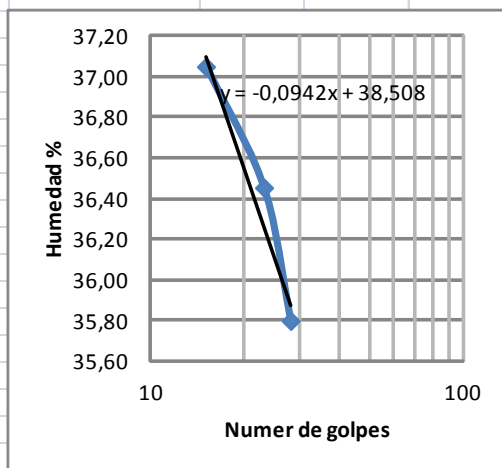
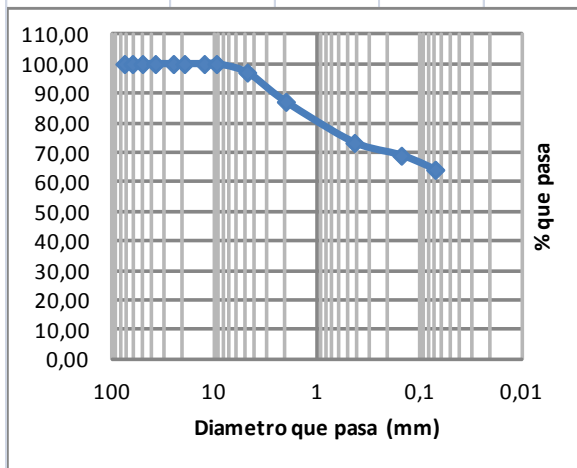
Tara No.	62	63	64
W Tara + S. Hum	31,51	30,27	31,24
W Tara + S. Sec	25,46	24,43	25,06
W Tara	8,56	8,41	8,38
W S. Seco	16,90	16,02	16,68
W Agua	6,05	5,84	6,18
Humedad %	35,80	36,45	37,05
No. De Golpes	28	23	15

ENSAYO DE GRANULOMETRIA (GRADACION) (I.N.V. E-123)

Tamiz		Peso Ret.	%	%
No.	mm	grs	Retenido	Que pasa
3.0	75	0,00	0,00	100,00
21/2	62,5	0,00	0,00	100,00
2.0	50	0,00	0,00	100,00
11/2	37,5	0,00	0,00	100,00
1"	25	0,00	0,00	100,00
3/4	19,5	0,00	0,00	100,00
1/2	12,5	0,00	0,00	100,00
3/8	9,5	0,00	0,00	100,00
4.0	4,76	11,60	2,89	97,11
10.0	2	39,80	9,91	87,20
40.0	0,43	55,80	13,89	73,31
100.0	0,15	17,40	4,33	68,97
200.0	0,07	19,20	4,78	64,19
Pasa 200		257,80	64,19	0,00
P1		401,60		grs

LIMITE PLASTICO (I.N.V. E-126)

Tara No.	65	66
W Tara + S. Hum	32,95	31,54
W Tara + S. Sec	27,61	26,54
W Tara	8,48	8,46
W S. Seco	19,13	18,08
W Agua	5,34	5,00
Humedad %	27,91	27,65



GRAVA	2,89	D10	0,00	LIMITE LIQUIDO	36,15
ARENA	32,92	D30	0,00	LIMITE PLASTICO	27,78
FINOS	64,19	D60	0,32	INDICE PLASTICO	8,37
Cc	#DIV/0!	Cu	#DIV/0!		
CLASIFICACION	S.U.C.S.	ML		AASHTO	A-3

PROYECTO	CHARALA	FECHA	13/03/2012
SITIO	BORDE DEL ABISMO		
MUESTRA	SONDEO #8 M1	Sondeo No.	8
PROFUNDIDAD	0,00 - 1,00		

HUMEDAD (I.N.V. E-122-07)	
Muestra	M1
W Tara + S. Hum	623,40
W Tara + S. Sec	526,40
W Tara	67,80
W S. Seco	458,60
W Agua	97,00
Humedad %	21,15

LIMITES DE CONSISTENCIA (ATTERBERG)

LIMITE LIQUIDO (I.N.V. E-125)

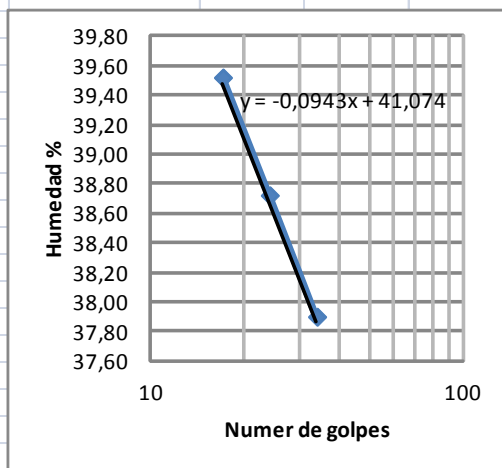
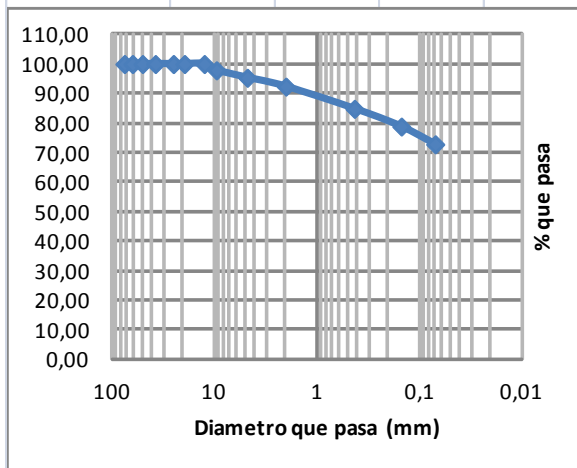
Tara No.	67	68	69
W Tara + S. Hum	32,66	30,91	32,03
W Tara + S. Sec	25,94	24,66	25,43
W Tara	8,21	8,52	8,73
W S. Seco	17,73	16,14	16,70
W Agua	6,72	6,25	6,60
Humedad %	37,90	38,72	39,52
No. De Golpes	34	24	17

ENSAYO DE GRANULOMETRIA (GRADACION) (I.N.V. E-123)

Tamiz		Peso Ret.	%	%
No.	mm	grs	Retenido	Que pasa
3.0	75	0,00	0,00	100,00
21/2	62,5	0,00	0,00	100,00
2.0	50	0,00	0,00	100,00
11/2	37,5	0,00	0,00	100,00
1"	25	0,00	0,00	100,00
3/4	19,5	0,00	0,00	100,00
1/2	12,5	0,00	0,00	100,00
3/8	9,5	8,80	2,13	97,87
4.0	4,76	10,40	2,52	95,35
10.0	2	12,40	3,00	92,35
40.0	0,43	31,00	7,51	84,84
100.0	0,15	24,80	6,00	78,84
200.0	0,07	24,80	6,00	72,83
Pasa 200		300,80	72,83	0,00
P1		413,00		grs

LIMITE PLASTICO (I.N.V. E-126)

Tara No.	70	71
W Tara + S. Hum	31,26	28,79
W Tara + S. Sec	26,09	24,14
W Tara	8,68	8,54
W S. Seco	17,41	15,60
W Agua	5,17	4,65
Humedad %	29,70	29,81



GRAVA	4,65	D10	0,00	LIMITE LIQUIDO	38,72
ARENA	22,52	D30	0,00	LIMITE PLASTICO	29,75
FINOS	72,83	D60	0,32	INDICE PLASTICO	8,97
Cc	#DIV/0!	Cu	#DIV/0!		
CLASIFICACION	S.U.C.S.	ML		AASHTO	A-3

PROYECTO	CHARALA	FECHA	13/03/2012
SITIO	BORDE DEL ABISMO		
MUESTRA	SONDEO #8 M2	Sondeo No.	8
PROFUNDIDAD	1,00 - 2,00		

HUMEDAD (I.N.V. E-122-07)	
Muestra	M2
W Tara + S. Hum	693,00
W Tara + S. Sec	584,80
W Tara	69,40
W S. Seco	515,40
W Agua	108,20
Humedad %	20,99

LIMITES DE CONSISTENCIA (ATTERBERG)

LIMITE LIQUIDO (I.N.V. E-125)

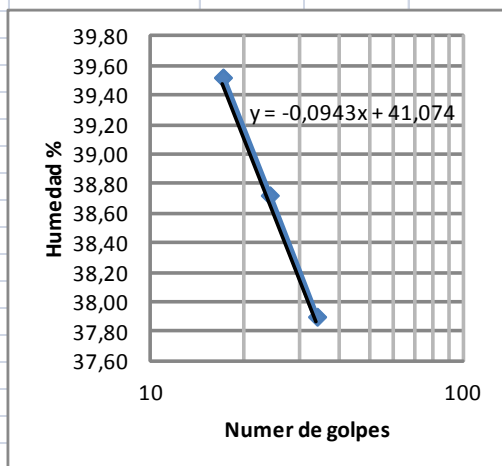
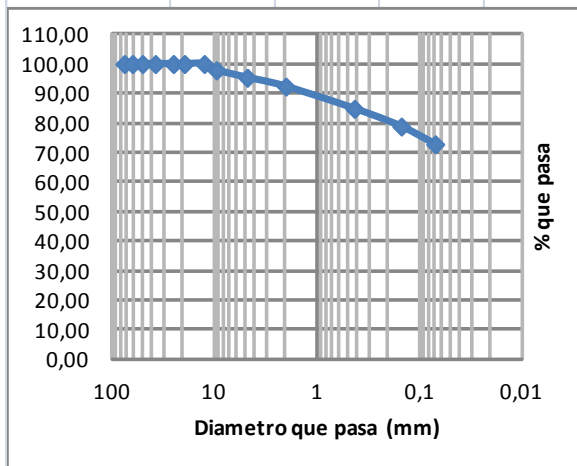
Tara No.	67	68	69
W Tara + S. Hum	32,66	30,91	32,03
W Tara + S. Sec	25,94	24,66	25,43
W Tara	8,21	8,52	8,73
W S. Seco	17,73	16,14	16,70
W Agua	6,72	6,25	6,60
Humedad %	37,90	38,72	39,52
No. De Golpes	34	24	17

ENSAYO DE GRANULOMETRIA (GRADACION) (I.N.V. E-123)

Tamiz		Peso Ret.	%	%
No.	mm	grs	Retenido	Que pasa
3.0	75	0,00	0,00	100,00
21/2	62,5	0,00	0,00	100,00
2.0	50	0,00	0,00	100,00
11/2	37,5	0,00	0,00	100,00
1"	25	0,00	0,00	100,00
3/4	19,5	0,00	0,00	100,00
1/2	12,5	0,00	0,00	100,00
3/8	9,5	8,80	2,13	97,87
4.0	4,76	10,40	2,52	95,35
10.0	2	12,40	3,00	92,35
40.0	0,43	31,00	7,51	84,84
100.0	0,15	24,80	6,00	78,84
200.0	0,07	24,80	6,00	72,83
Pasa 200		300,80	72,83	0,00
P1		413,00		grs

LIMITE PLASTICO (I.N.V. E-126)

Tara No.	70	71
W Tara + S. Hum	31,26	28,79
W Tara + S. Sec	26,09	24,14
W Tara	8,68	8,54
W S. Seco	17,41	15,60
W Agua	5,17	4,65
Humedad %	29,70	29,81



GRAVA	4,65	D10	0,00	LIMITE LIQUIDO	38,72
ARENA	22,52	D30	0,00	LIMITE PLASTICO	29,75
FINOS	72,83	D60	0,32	INDICE PLASTICO	8,97
Cc	#DIV/0!	Cu	#DIV/0!		
CLASIFICACION	S.U.C.S.	ML		AASHTO	A-3

PROYECTO	CHARALA	FECHA	13/03/2012
SITIO	BORDE DEL ABISMO		
MUESTRA	SONDEO #8 M3	Sondeo No.	8
PROFUNDIDAD	2,00 - 3,00		

HUMEDAD (I.N.V. E-122-07)	
Muestra	M3
W Tara + S. Hum	767,20
W Tara + S. Sec	612,80
W Tara	71,40
W S. Seco	541,40
W Agua	154,40
Humedad %	28,52

LIMITES DE CONSISTENCIA (ATTERBERG)

LIMITE LIQUIDO (I.N.V. E-125)

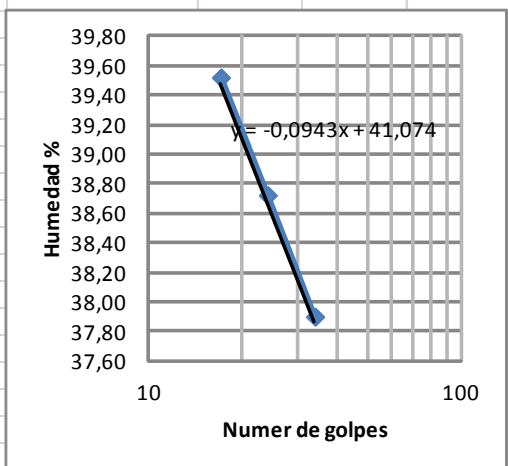
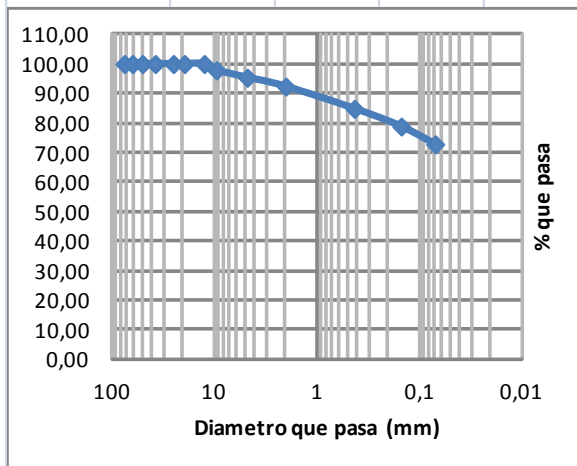
Tara No.	67	68	69
W Tara + S. Hum	32,66	30,91	32,03
W Tara + S. Sec	25,94	24,66	25,43
W Tara	8,21	8,52	8,73
W S. Seco	17,73	16,14	16,70
W Agua	6,72	6,25	6,60
Humedad %	37,90	38,72	39,52
No. De Golpes	34	24	17

ENSAYO DE GRANULOMETRIA (GRADACION) (I.N.V. E-123)

Tamiz		Peso Ret.	%	%
No.	mm	grs	Retenido	Que pasa
3.0	75	0,00	0,00	100,00
21/2	62,5	0,00	0,00	100,00
2.0	50	0,00	0,00	100,00
11/2	37,5	0,00	0,00	100,00
1"	25	0,00	0,00	100,00
3/4	19,5	0,00	0,00	100,00
1/2	12,5	0,00	0,00	100,00
3/8	9,5	8,80	2,13	97,87
4.0	4,76	10,40	2,52	95,35
10.0	2	12,40	3,00	92,35
40.0	0,43	31,00	7,51	84,84
100.0	0,15	24,80	6,00	78,84
200.0	0,07	24,80	6,00	72,83
Pasa 200		300,80	72,83	0,00
P1		413,00		grs

LIMITE PLASTICO (I.N.V. E-126)

Tara No.	70	71
W Tara + S. Hum	31,26	28,79
W Tara + S. Sec	26,09	24,14
W Tara	8,68	8,54
W S. Seco	17,41	15,60
W Agua	5,17	4,65
Humedad %	29,70	29,81



GRAVA	4,65	D10	0,00	LIMITE LIQUIDO	38,72
ARENA	22,52	D30	0,00	LIMITE PLASTICO	29,75
FINOS	72,83	D60	0,32	INDICE PLASTICO	8,97
Cc	#DIV/0!	Cu	#DIV/0!		
CLASIFICACION	S.U.C.S.	ML	AASHTO	A-3	

PROYECTO	CHARALA	FECHA	13/03/2012
SITIO	BORDE DEL ABISMO		
MUESTRA	SONDEO #8 M4	Sondeo No.	8
PROFUNDIDAD	3,00 - 4,00		

HUMEDAD (I.N.V. E-122-07)	
Muestra	M4
W Tara + S. Hum	658,80
W Tara + S. Sec	545,60
W Tara	60,60
W S. Seco	485,00
W Agua	113,20
Humedad %	23,34

LIMITES DE CONSISTENCIA (ATTEBERG)

LIMITE LIQUIDO (I.N.V. E-125)

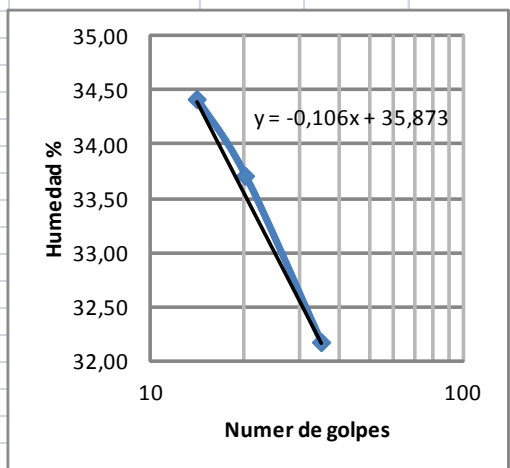
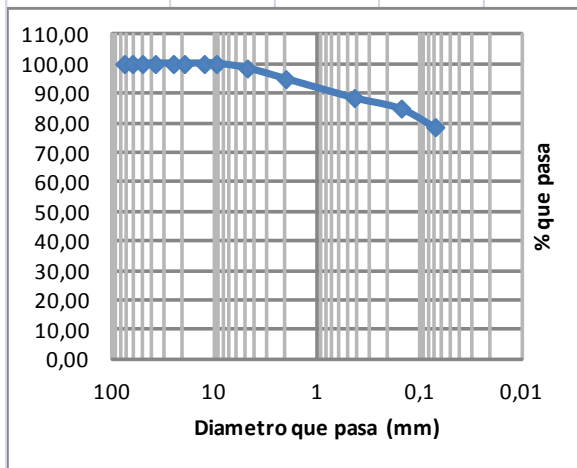
ENSAYO DE GRANULOMETRIA (GRADACION) (I.N.V. E-123)

Tamiz		Peso Ret.	%	%
No.	mm	grs	Retenido	Que pasa
3.0	75	0,00	0,00	100,00
21/2	62,5	0,00	0,00	100,00
2.0	50	0,00	0,00	100,00
11/2	37,5	0,00	0,00	100,00
1"	25	0,00	0,00	100,00
3/4	19,5	0,00	0,00	100,00
1/2	12,5	0,00	0,00	100,00
3/8	9,5	0,00	0,00	100,00
4.0	4,76	7,40	1,52	98,48
10.0	2	17,60	3,62	94,86
40.0	0,43	31,00	6,37	88,50
100.0	0,15	17,40	3,57	84,92
200.0	0,07	30,60	6,29	78,64
Pasa 200		382,80	78,64	0,00
P1		486,80		grs

Tara No.	67	68	69
W Tara + S. Hum	30,68	30,88	32,22
W Tara + S. Sec	25,21	25,24	26,20
W Tara	8,21	8,51	8,71
W S. Seco	17,00	16,73	17,49
W Agua	5,47	5,64	6,02
Humedad %	32,18	33,71	34,42
No. De Golpes	35	20	14

LIMITE PLASTICO (I.N.V. E-126)

Tara No.	70	71
W Tara + S. Hum	32,11	35,09
W Tara + S. Sec	27,34	29,61
W Tara	8,66	8,52
W S. Seco	18,68	21,09
W Agua	4,77	5,48
Humedad %	25,54	25,98



GRAVA	1,52	D10	0,00	LIMITE LIQUIDO	33,22
ARENA	19,84	D30	0,00	LIMITE PLASTICO	25,76
FINOS	78,64	D60	0,32	INDICE PLASTICO	7,46
Cc	#DIV/0!	Cu	#DIV/0!		
CLASIFICACION	S.U.C.S.	ML		AASHTO	A-3

PROYECTO	CHARALA	FECHA	13/03/2012
SITIO	BORDE DEL ABISMO		
MUESTRA	SONDEO #8 M5	Sondeo No.	8
PROFUNDIDAD	4,00 - 5,00		

HUMEDAD (I.N.V. E-122-07)	
Muestra	M5
W Tara + S. Hum	747,40
W Tara + S. Sec	678,60
W Tara	67,00
W S. Seco	611,60
W Agua	68,80
Humedad %	11,25

LIMITES DE CONSISTENCIA (ATTERBERG)

LIMITE LIQUIDO (I.N.V. E-125)

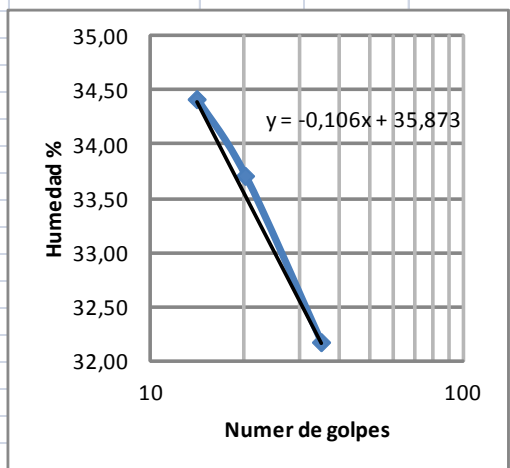
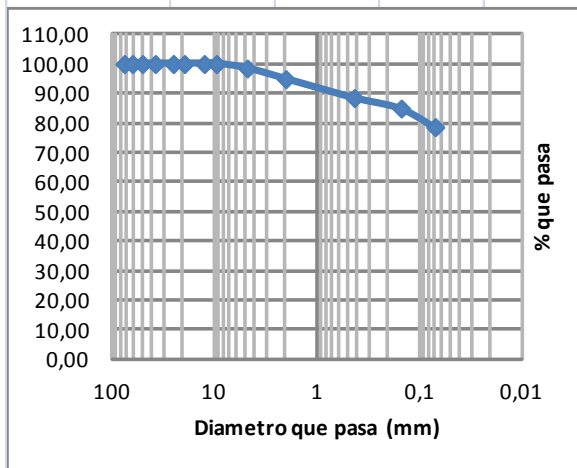
ENSAYO DE GRANULOMETRIA (GRADACION) (I.N.V. E-123)

Tamiz		Peso Ret.	%	%
No.	mm	grs	Retenido	Que pasa
3.0	75	0,00	0,00	100,00
21/2	62,5	0,00	0,00	100,00
2.0	50	0,00	0,00	100,00
11/2	37,5	0,00	0,00	100,00
1"	25	0,00	0,00	100,00
3/4	19,5	0,00	0,00	100,00
1/2	12,5	0,00	0,00	100,00
3/8	9,5	0,00	0,00	100,00
4.0	4,76	7,40	1,52	98,48
10.0	2	17,60	3,62	94,86
40.0	0,43	31,00	6,37	88,50
100.0	0,15	17,40	3,57	84,92
200.0	0,07	30,60	6,29	78,64
Pasa 200		382,80	78,64	0,00
P1		486,80		grs

Tara No.	67	68	69
W Tara + S. Hum	30,68	30,88	32,22
W Tara + S. Sec	25,21	25,24	26,20
W Tara	8,21	8,51	8,71
W S. Seco	17,00	16,73	17,49
W Agua	5,47	5,64	6,02
Humedad %	32,18	33,71	34,42
No. De Golpes	35	20	14

LIMITE PLASTICO (I.N.V. E-126)

Tara No.	70	71
W Tara + S. Hum	32,11	35,09
W Tara + S. Sec	27,34	29,61
W Tara	8,66	8,52
W S. Seco	18,68	21,09
W Agua	4,77	5,48
Humedad %	25,54	25,98



GRAVA	1,52	D10	0,00	LIMITE LIQUIDO	33,22
ARENA	19,84	D30	0,00	LIMITE PLASTICO	25,76
FINOS	78,64	D60	0,32	INDICE PLASTICO	7,46
Cc	#DIV/0!	Cu	#DIV/0!		
CLASIFICACION	S.U.C.S.	ML		AASHTO	A-3

Anexo B. Ensayo de Refracción Sísmica

SONDEOS DE REFRACCIÓN SÍSMICA



SOBRE LA VÍA SAN GIL - CHARALÁ



CONTRATO DE CONSULTORÍA
No. 003 ALICON SAS
AGOSTO DE 2012

BUCARAMANGA

ORIGINAL

	SONDEOS DE REFRACCIÓN SÍSMICA EN DOS SECTORES DE LA VÍA CHARALÁ - SAN GIL	
---	--	---

APROBACIÓN DE ESTUDIOS

Proyecto	: 2 SONDEOS DE REFRACCION SÍSMICO VIA SAN GIL-CHARALÁ	
Título documento	: INFORME REFRACCION SISMICA DOS SECTORES VIA SAN GIL-CHARALÁ	
Documento No.	: D/@CAMILO/ @PROYECTOS ACTUALES/	
Versión No.	: 0	
Fecha Versión	: 09 de Agosto de 2012	
APROBACIÓN		
Director de Obra	Nombre	
	Firma	
	Fecha	
Director de Interventoría	Nombre	
	Firma	
	Fecha	

**CONTROL DE ELABORACIÓN, REVISIÓN
Y APROBACIÓN DE DOCUMENTOS EXTERNOS**

Proyecto : ESTUDIO SÍSMICO CHARALÁ		
Título documento : INFORME REFRACCION SISMICA DOS SECTORES VIA SAN GIL-CHARALÁ		
Documento No. : D/@CAMILO/ @PROYECTOS ACTUALES/		
Versión No. : 0		
Fecha Versión : 09 de Agosto de 2012		
APROBACIÓN		
Responsable por Elaboración	Nombre	Ing. Camilo A. Flórez A.
	Firma	
	Fecha	24/05/2012
Responsable por la Revisión	Nombre	Ing. Julio C. Torres C.
	Firma	
	Fecha	
Responsable por Aprobación	Nombre	Ing. José Rubén Torres C.
	Firma	
	Fecha	

TABLA DE CONTENIDO

1	OBJETIVOS	7
1.1	OBJETIVO GENERAL	7
1.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	7
2	LOCALIZACIÓN	8
3	REFRACCIÓN SÍSMICA	9
3.1	METODOLOGÍA	10
3.2	PRINCIPIO FÍSICO DE REFRACCIÓN SÍSMICA	11
3.3	PROCESAMIENTO DE DATOS	12
3.4	SELECCIÓN DE LAS PRIMERAS LLEGAS	14
3.5	CURVAS CAMINO-TIEMPO	14
3.6	LÍNEA SÍSMICA 6+100	16
3.6.1	Resultados línea sísmica	20
3.7	LÍNEA SÍSMICA 0+600	23
3.7.1	Resultados línea sísmica	27





LISTA DE FIGURAS

Figura N. 1 Localización sector en estudio	8
Figura N. 2 Distribución de geófonos	10
Figura N. 3 Esquema para el método de refracción sísmica.....	11
Figura N. 4 Diagrama de flujo para procesamiento de datos	13
Figura N. 5 Paquete de geometrics	14
Figura N. 6 Curva Camino – Tiempo para un disparo de refracción	15
Figura N. 7 Ubicación Línea Sísmica.....	16
Figura N. 8 Geometría línea sísmica.....	19
Figura N. 9 Curva Camino – Tiempo – Línea Sísmica	19
Figura N. 10 Tomografía – Línea Sísmica.....	20
Figura N. 11 Esquema estratificación del suelo.....	20
Figura N. 12 Ubicación Línea Sísmica.....	23
Figura N. 13 Geometría línea sísmica.....	25
Figura N. 14 Curva Camino – Tiempo – Línea Sísmica	25
Figura N. 15 Tomografía – Línea Sísmica.....	26
Figura N. 16 Esquema estratificación del suelo.....	27

LISTA DE FOTOGRAFÍAS

Fotografía N. 1 Panorámica Línea Sísmica	17
Fotografía N. 2 Detalle de los geófonos	18
Fotografía N. 3 Detalle suelos	22
Fotografía N. 4 Panorámica Línea Sísmica	24
Fotografía N. 5 Detalle suelos	28

	SONDEOS DE REFRACCIÓN SÍSMICA EN DOS SECTORES DE LA VÍA CHARALÁ - SAN GIL	
---	--	---

1 OBJETIVOS

1.1 OBJETIVO GENERAL

Realizar dos sondeos de refracción sísmica sobre la vía San Gil - Charalá.

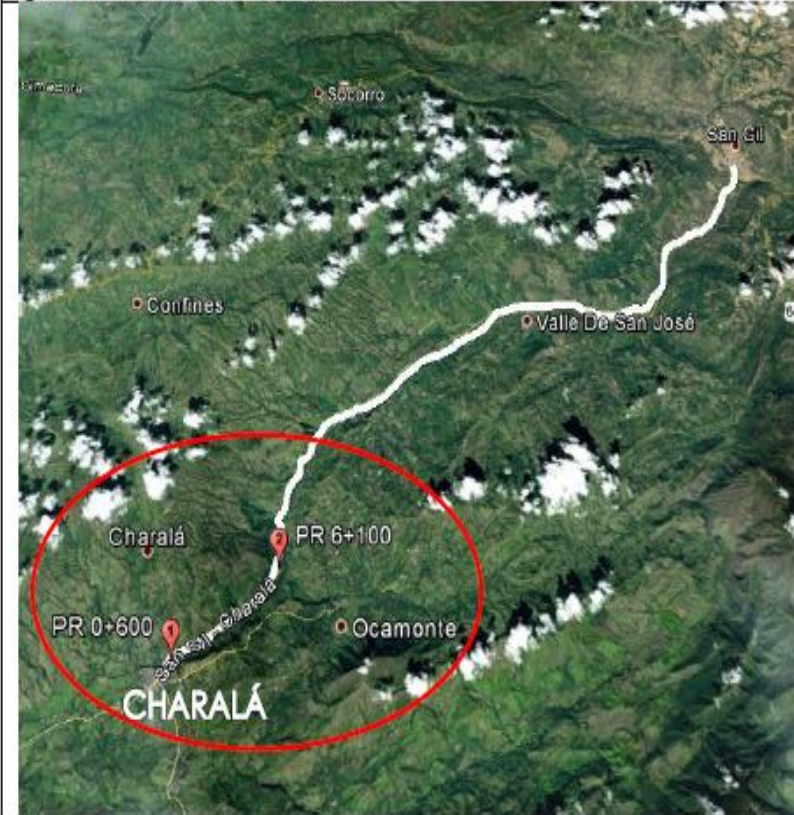
1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Realizar la exploración sísmica del sector en estudio, identificando cada depósito geológico.
- Por medio de la exploración sísmica determinar la estratificación del suelo del sector.



2 LOCALIZACIÓN

El sitio en estudio se encuentra ubicado sobre la vía entre San Gil y el municipio de Charalá.

Figura N. 1 Localización sector en estudio



Fuente: Consultor – Google Earth

	SONDEOS DE REFRACCIÓN SÍSMICA EN DOS SECTORES DE LA VÍA CHARALÁ - SAN GIL	
---	--	---

3 REFRACCIÓN SÍSMICA

El estudio sísmico de refracción se llevó a cabo con el sismógrafo ES-3000. Un sistema de Ordenador portátil (LAPTOP) que se conecta a la caja de adquisición, que se utiliza para controlar el sistema de registro de los datos.

Una batería de 12V como fuente para la caja de adquisición y una placa de acero con un martillo de 16Lb con los cuales se genera una señal buena captada por los geófonos.

Se usa el Seismodule Controller Software (SCS) para la adquisición de los registros de las señales captadas por los geófonos, este programa viene como parte del paquete enviado por GEOMETRICS en la compra del equipo SISMOGRAFO ES-3000.

- **ESPECIFICACIÓN DEL SISMÓGRAFO ES-3000, (Tomado Geometrics ES-3000 Specifications)**
 - ✓ **Configuración:** Seismodule de 8 ó 12 canales impermeables para despliegue en campo. Seismodule ES-3000 es operado desde Windows TM 98/NT4/ME/2000/XP basado en PC's. el sistema incluye ES-3000 Operating Software (ESOS) con el software opcional software para sensor de vibración, explosivos y monitoreo de terremotos.
 - ✓ **Software del sistema:** el software de operación básico (ESOS) incluye un complemento completo de adquisición, filtrado, graficas, y funciones de almacenamiento.
 - ✓ **Convertidor A/D:** resulta al usar un Semiconductor de 24-bit Crystal sigma-delta convertidor propiedad de geometrics.
 - ✓ **Rango Dinámico:** 144 dB (Para el sistema); 110 dB (instantáneo, medido) en 2 ms, 24 dB.
 - ✓ **Línea de Prueba:** Un monitor de Ruido en tiempo real nos muestra en la pantalla todo lo captado por el geófono en uso.
 - ✓ **Distorsión:** 0.0005% @ 2 ms, 1.75 a 208 Hz.

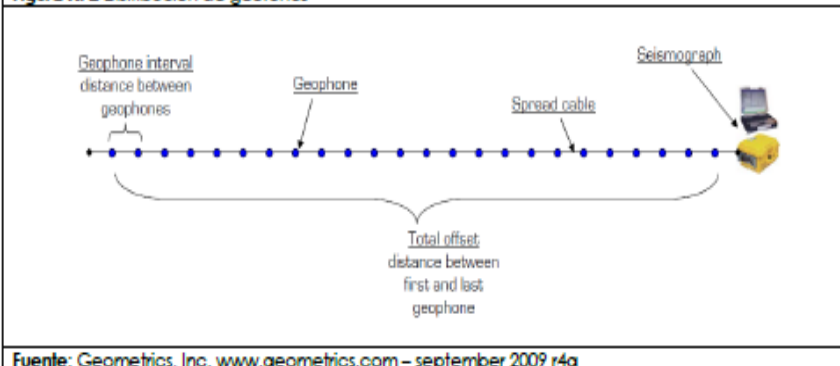
- ✓ **Ancho de Banda:** 1.75 Hz hasta 820 kHz. 0.6 y DC opción válida para frecuencias bajas.
- ✓ **Almacenamiento de datos:** Se almacenan los datos en formato SEG2.
- ✓ **Rechazo de modo común:** >100dB at ≤ 100 Hz, 36 dB.
- ✓ **Interferencias:** -125 dB a 23.5 Hz, 24 dB, 2 ms.
- ✓ **Ruido del suelo:** 0.20 μ V, RFI at 2 ms, 36 dB, 1.75 hasta 208 Hz.
- ✓ **Aplicado preciso de disparo:** 1/32 de muestreo por intervalo.
- ✓ **Ambiente:** -30 a 70 grados Celsius. Impermeable y sumergible.
- ✓ **Máxima Señal de salida:** 177 mV2.8V P-P, 24 dB.
- ✓ **Ganacia de preamplificadores:** 24 a 36 dB, seleccionable desde el software.
- ✓ **Impedancia de salida:** 20 kOhm, 0.02 uf.
- ✓ **Filtros Anti-alias:** hasta 3 dB en el 83% de la frecuencia de Nyquist, hasta 90 dB \geq frecuencia de Nyquist.

3.1 METODOLOGÍA

Se realiza un tendido de 24 geófonos espaciados entre sí para una longitud variable dependiendo del sector. Sobre este tendido se realizaron lecturas de ida y vuelta, con disparos separados una distancia aproximadamente de 1m del primer y último geófono.

Se realiza una configuración de tal manera que el primer geófono está ubicado en $x=-1$ m y el último en $x=+1$ m. La configuración de geófonos y disparos se determinó en campo según la disponibilidad actual del espacio libre para este arreglo experimental.

Figura N. 2 Distribución de geófonos



Fuente: Geometrics, Inc. www.geometrics.com - september 2009 r4a

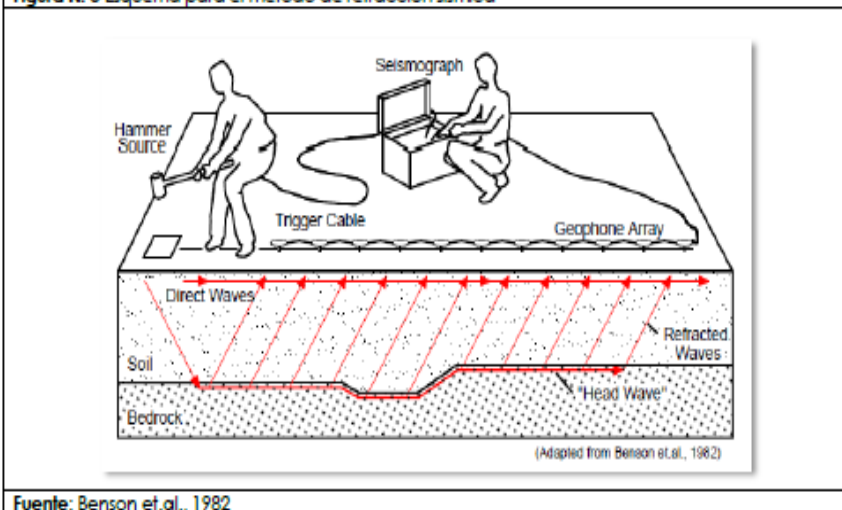
La anterior distribución se realiza teniendo en cuenta el principio físico de la sísmica de refracción.



3.2 PRINCIPIO FÍSICO DE REFRACCIÓN SÍSMICA

Una fuente impulsiva crea una sísmica de onda (ondas sonoras) que viaja a través de la tierra. Cuando el frente de onda alcanza un nivel de mayor velocidad (por ejemplo, roca) una porción de la energía se refracta, o se dobla, y viaja a lo largo del refractor como "frente de onda" a la velocidad de la refractor (BedRock).

La energía a partir de la propagación de los frentes de onda deja el refractor en el "ángulo crítico" de refracción y vuelve a la superficie, donde su llegada es detectada por una serie de geófonos y registrada en un sismógrafo. El ángulo de refracción depende de la relación de velocidades en los dos materiales (Ley de Snell). Los tiempos de viaje de los impulsos generados por los frentes de onda son captados por cada geófono y registrados en el sismógrafo. De estos tiempos de recorrido podemos calcular las velocidades de cada capa, su profundidad y podemos inferir sus propiedades físicas.

Figura N. 3 Esquema para el método de refracción sísmica



	SONDEOS DE REFRACCIÓN SÍSMICA EN DOS SECTORES DE LA VÍA CHARALÁ - SAN GIL	
---	--	---

Para cada sitio inicial y final de disparo se repitieron 3 veces, con lo cual se tienen señales para comparar y mediante inspección del ruido de la señal se tomó la mejor muestra para cada disparo en su respectiva posición.

Cabe anotar que en este sector se hace una excavación con máquinas y personal activo todo el tiempo, además de su cercanía con las vías de acceso y principales, cables de alta tensión y otras fuentes que pueden provocar ruido en nuestra señal captada. Por lo anterior se optan los siguientes parámetros:

Filtros: 15Hz y 60Hz, Ambos de baja frecuencia. *Intervalo de muestreo* de 0.25ms; *tiempo de grabación* de 0.25s; *delay* de 0s.

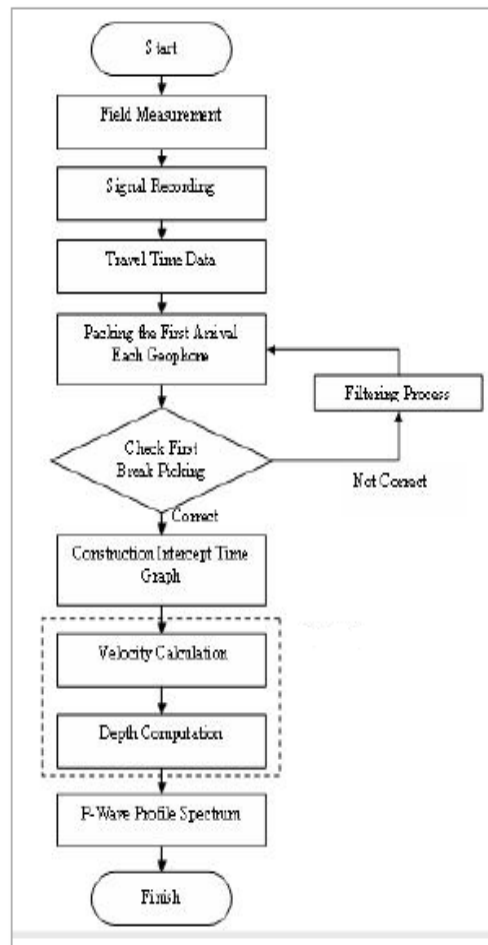
3.3 PROCESAMIENTO DE DATOS

La técnica de procesamiento de los datos sísmicos se explica en la siguiente figura.

Los datos análogos de propagación de la onda sísmica son resultado directo de las mediciones en campo hechas por el equipo.

La unidad de adquisición del sísmógrafo transmite datos análogos a los datos digitales. La información importante de estos datos digitales para la sísmica de refracción es la información de las primeras llegadas de las ondas P que se propagan hacia los geófonos.

Figura N. 4 Diagrama de flujo para procesamiento de datos

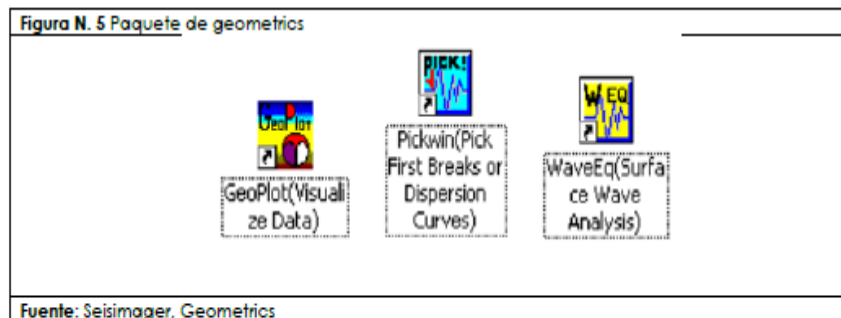


Fuente: Palmer, D., 1986, Refraction Seismics. Geophysical Press

Los datos de tiempo para los primeros arribos en cada geófono se trazan gráficamente relacionando el número del geófono o su posición relativa versus el tiempo de los primeros arribos de las ondas P para cada punto de disparo, en nuestro caso son dos puntos de disparo, en la forma habitual de dromocronas. Con esto se inicia la interpretación y análisis de dicha información.

3.4 SELECCIÓN DE LAS PRIMERAS LLEGAS

La detección de la primera llegada se realiza sobre la base del cambio producido por la señal captada, cuando la traza pasa de contener solo ruido a contener ruido y señal (Boschetti et al. 1996). En el análisis de selección de los primeros arribos, son necesarios los conocimientos de propagación de las ondas sísmicas con el fin de diferenciar las ondas P de llegada de la refracción de otras ondas sísmicas como la Rayleigh y las ondas S. El proceso final es calcular la velocidad de las Ondas P y el espesor de cada capa en base a los datos de la gráfica Tiempo-recorrido. Para la selección de las primeras llegadas y el posterior análisis se usa el paquete SEISIMAGER desarrollado por Geometrics. En el cual se usa los módulos Pickwin (Pick First Break or Dispersion Curves), Plotrefa (Refraction Analysis), WaveEq (Surface Wave Analysis).

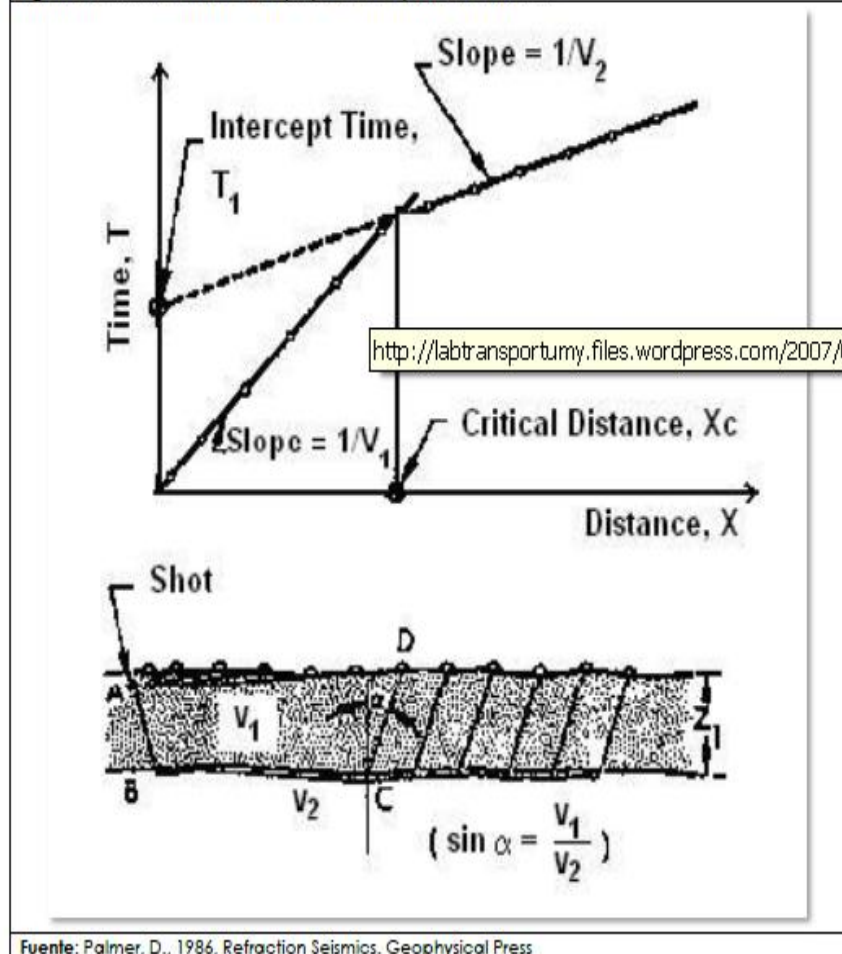


3.5 CURVAS CAMINO-TIEMPO

Estas curvas son generadas a partir de los tiempos de las primeras llegadas de las ondas, a cada uno de los geófonos, y la distancia o ubicación que hay entre cada geófono y el punto de disparo. Estos tiempos pueden ser obtenidos directamente del sísmógrafo, como también es posible imprimir el registro para un análisis detallado, ó descargar los datos del registro a un computador para visualizarlo y realizar la selección, como se. Es posible también usar programas para realizar la selección de manera automática. En la siguiente figura se muestra una curva camino-tiempo y parte de la terminología usada en la sísmica

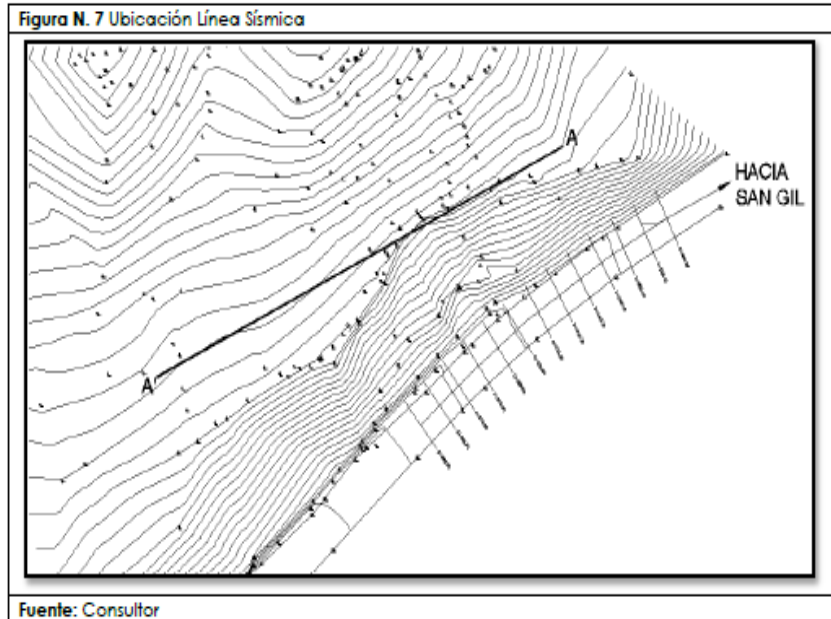
de refracción. En ella se esquematiza la llegada de la onda directa, la onda refractada y los procesos de reflexión.

Figura N. 6 Curva Camino - Tiempo para un disparo de refracción



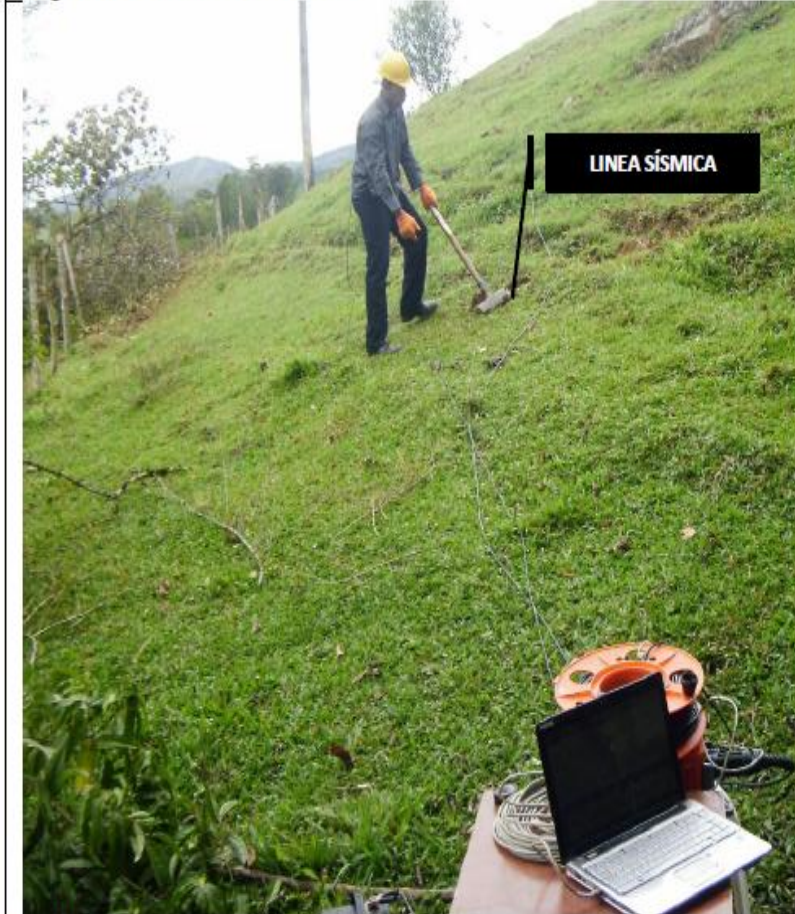
En la figura anterior se muestra una curva de tiempo-recorrido para un disparo que está a la izquierda del tendido. Las ondas recorren entonces de izquierda hacia la derecha (donde está ubicado el último geófono), la distancia X representa la posición relativa del geófono.

3.6 LÍNEA SÍSMICA 0+600



El sondeo sísmico se realiza sobre la sección A-A' en la corona de la ladera donde la cual se presenta el deslizamiento o fallo hacia la vía. También se puede identificar como la sección CHARALÁ - SAN GIL donde la posición 115m corresponde hacia el lado de san GIL y la posición 25m hacia el extremo con Charalá.

Fotografía N. 1 Panorámica Línea Sísmica



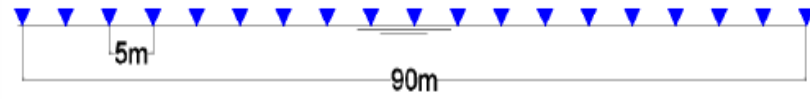
Fuente: Consultor

Fotografía N. 2 Detalle de los geófonos



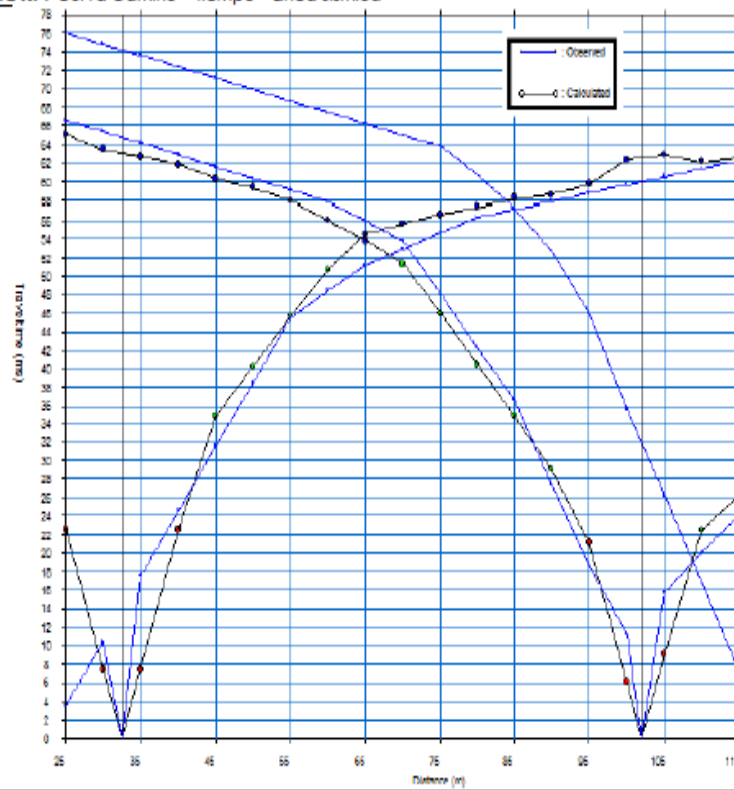
Fuente: Consultor

Figura N. 8 Geometría línea sísmica



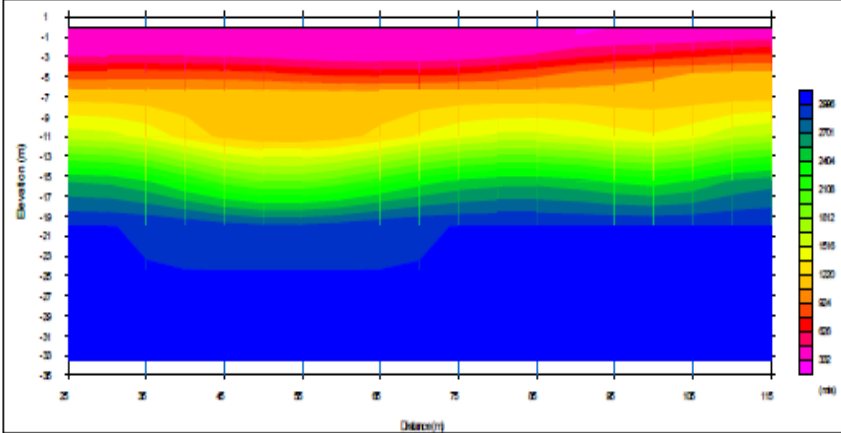
Fuente: Consultor

Figura N. 9 Curva Camino - Tiempo - Línea Sísmica



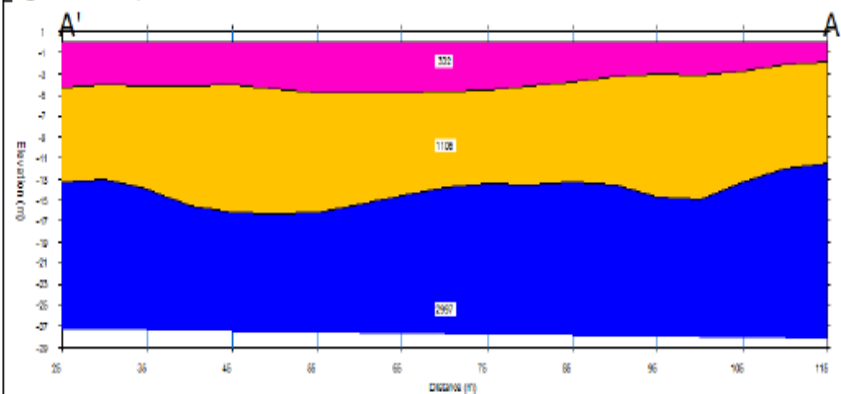
Fuente: Consultor

Figura N. 10 Tomografía – Línea Sísmica



Fuente: Consultor

Figura N. 11 Esquema estratificación del suelo



Fuente: Consultor

3.6.1 Resultados línea sísmica

➤ GEOMETRÍA LÍNEA SÍSMICA

Offset = 5.00m

No. Geófonos = 19

Distancia horizontal = 90m

Localizada en la parte superior del fallo.

No. Disparos = 17

➤ REFERENCIACIÓN DE LA LÍNEA SÍSMICA

PUNTO INICIAL A

E 1102522.3433 N 1187199.8014

PUNTO FINAL A'

E 1102440.3950 N 1187162.5928

➤ RESULTADOS

SUELO 1:

V_{RMSP} 332m/s

ESPESOR de 5.3m a 6.0 m

Limo arcilloso, color amarillo – pardo.

SUELO 2:

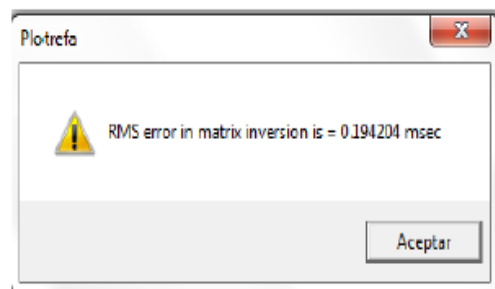
Suelo residual en capas.

V_{RMSP} 1106 m/s

ESPESOR 8.1 m hasta 9.36 m

ROCA: V_{RMSP} 2997 m/s

Solo se identifica el tope pero no la base del estrato rocoso.



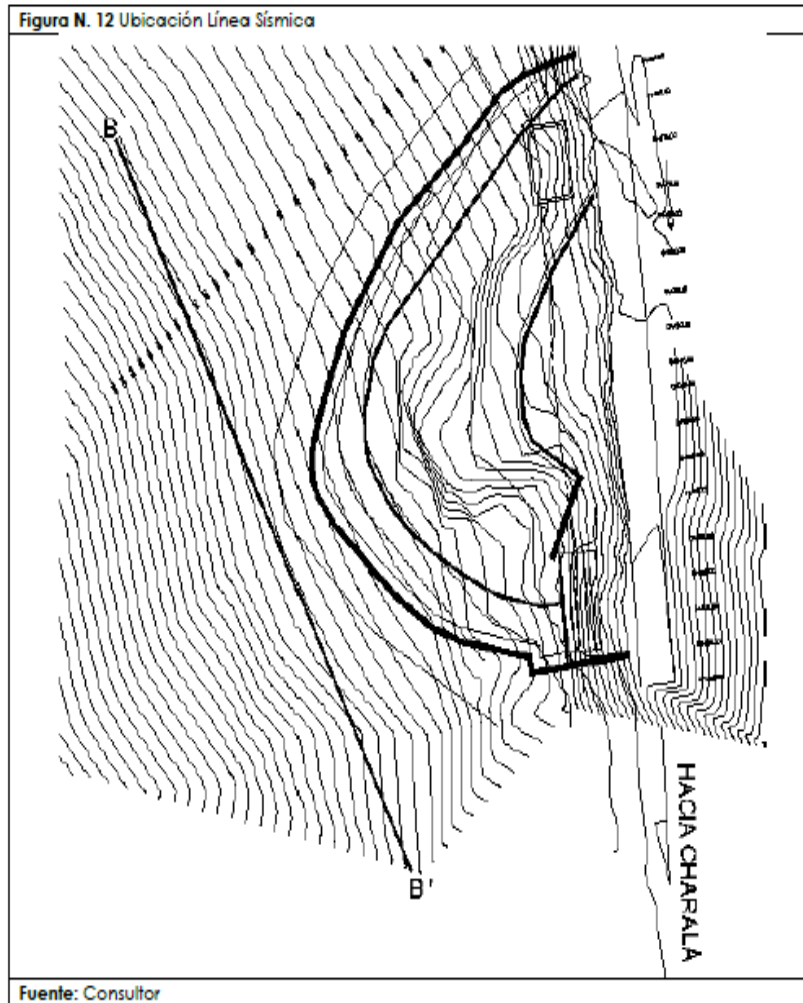
Error RMS en la matriz de inversión sísmica igual a 0.194204 ms ($\times 10^{-3}$ s)

Fotografía N. 3 Detalle suelos



Fuente: Consultor

3.7 LÍNEA SÍSMICA 6+100

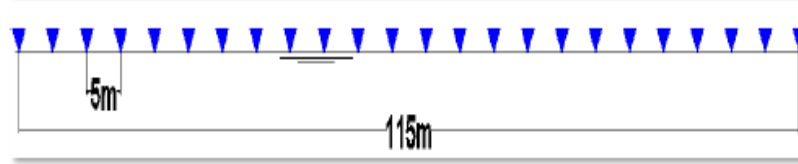


Fotografía N. 4 Panorámica Línea Sísmica



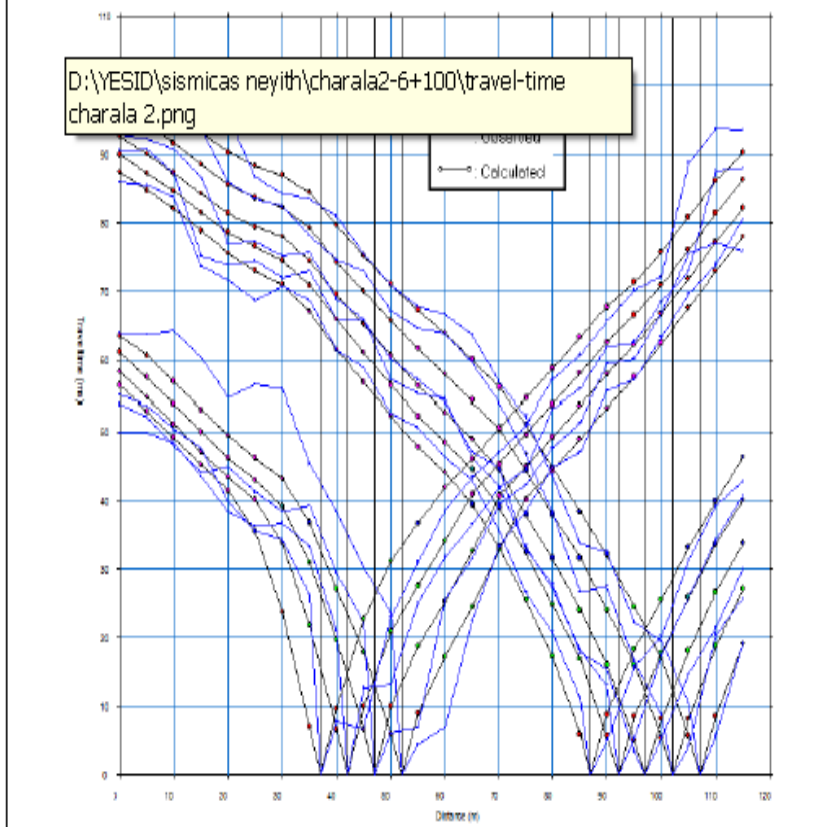
Fuente: Consultor

Figura N. 13 Geometría línea sísmica



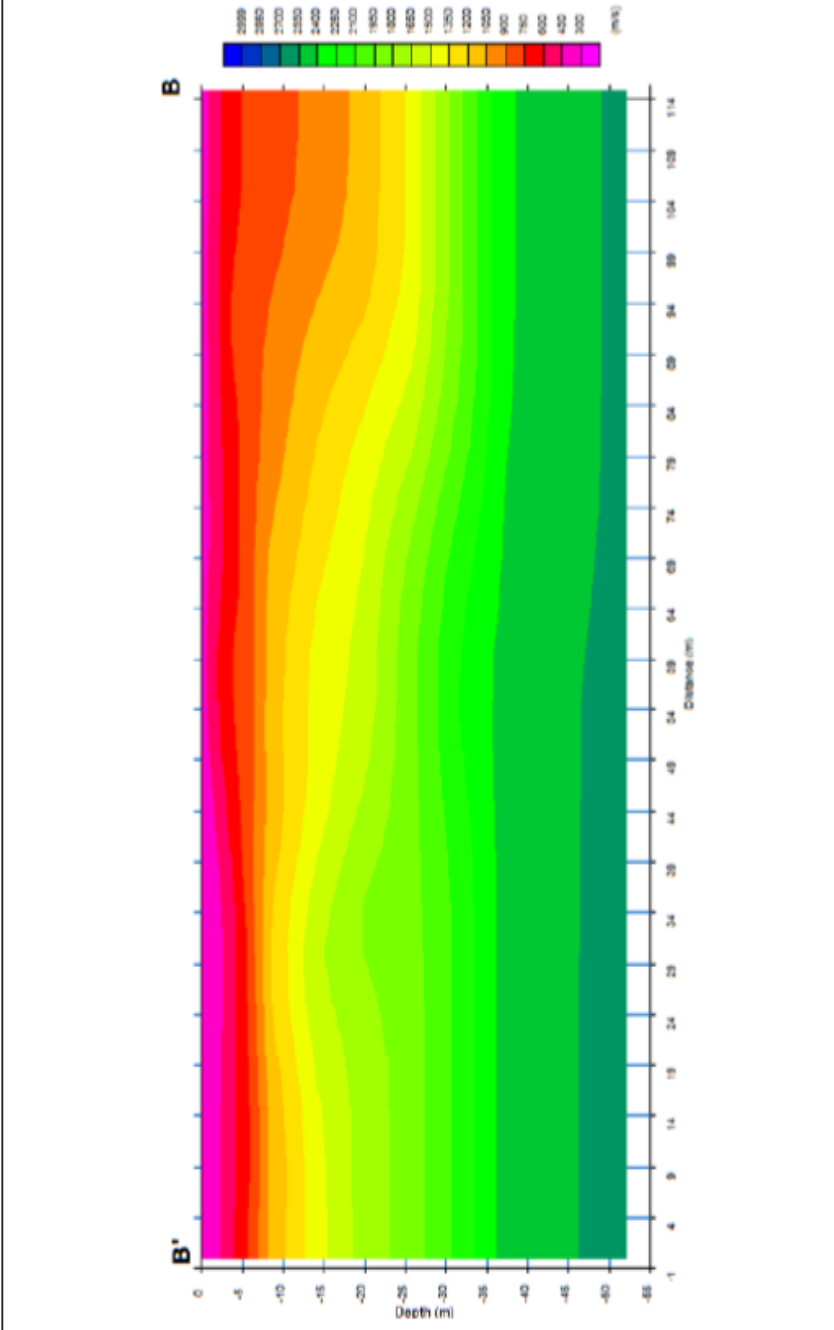
Fuente: Consultor

Figura N. 14 Curva Camino – Tiempo – Línea Sísmica



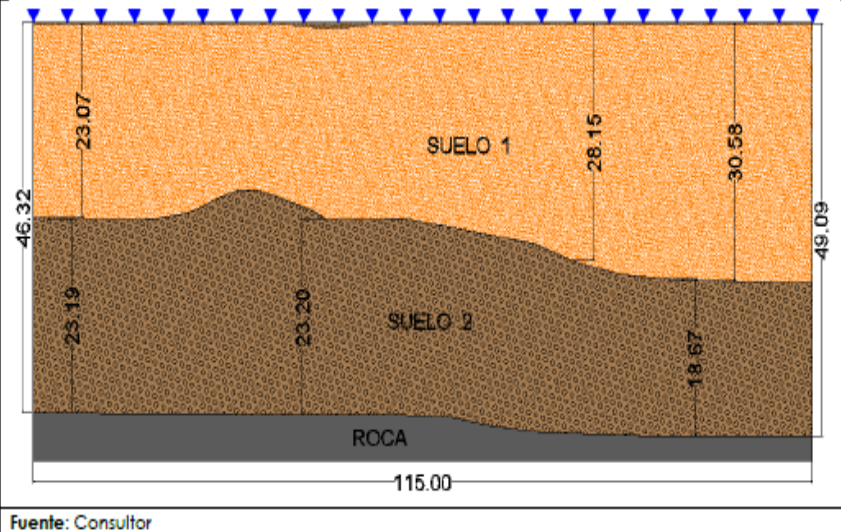
Fuente: Consultor

Figura N. 15 Tomografía – Línea Sísmica



Fuente: Consultor

Figura N. 16 Esquema estratificación del suelo



3.7.1 Resultados línea sísmica

> GEOMETRÍA LÍNEA SÍSMICA

Offset = 5.00m

No. Geófonos = 24

Distancia horizontal = 115m

> REFERENCIACIÓN DE LA LÍNEA SÍSMICA

PUNTO -B

E 1103298.7655 N1192202.6123

PUNTO -B'

E 1103350.2538 N 1192099.7826

➤ RESULTADOS

SUELO 1: COLUVIAL COLOR PARDO

SUELO 2: Residual CANTOS 20cm de diámetro hasta 1m

ROCA: $V_p > 2400$ m/s no aflorante en el perfil analizado.

Fotografía N. 5 Detalle suelos



Fuente: Consultor

4 CONCLUSIONES Y RESULTADOS

- Para el sector k 0+600 se realiza el análisis de 3 capas mediante el método "Time term-inversion" y tomografía sísmica con inversión para parámetros normales.

CAPA	Vs (m/s)	Vp (m/s)	H ₀ promedio	H _f promedio
1	95.840	332	0	5
2	425.700	1106	5	15
3	1730.319	2997	15	- --

- En el sector k 0+600 se encuentra suelo residual mostrando un contacto transicional entre la capa 2 y la roca, esto se muestra en la tomografía sísmica entre los 15 y 16m aproximadamente, por lo que la roca se estima a los 18-19m de profundidad a partir de la corona del talud. En la fotografía No. 3 se localiza el perfil de la capa 2 y la zona de roca meteorizada aflorante.
- En el sector K 1+600 existe un alto grado de saturación para los materiales finos tamaño lodo de color amarillento. El análisis se realiza mediante inversión con tomografía sísmica.

CAPA	Vs(m/s)	Vp(m/s)	H ₀ promedio	H _f promedio
1	128.65	450	0	26
2	750.98	1950	26	46
3	1616.5	2800	46	- --

- La capa 2 del sector K 1+600 corresponde a cantos de diámetro entre 10 y 20 cm aproximadamente sobre matriz limoarenosa con saturación media de agua.
- En ninguno de los dos sondeos de refracción sísmica es posible determinar la calidad de la roca.
- Estos sondeos de refracción sísmica se deben usar como complemento de la exploración directa del suelo en cada uno de los sectores, con el fin de correlacionar los valores en este informe con los datos de muestras extraídas de campo.

Anexo C. Presupuesto de la Alternativa planteada

ESPEC INVIAS	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	VR UNITARIO	VR PARCIAL
P	REPLANTO, CONTRO Y MEDCION PERMANENTE DE LA OBRA	GL	1	4.000.000,00	4.000.000,00
210,1	EXCAVACION SIN CLASIFICAR DE LA EXPALNACION CANALES Y PRESTAMOS	M3	45.000,00	20.000,00	900.000.000,00
900	TRANSPORTE PROVENIENTE DE LA EXCAVACION	M3-KM	540.000,00	1.000,00	540.000.000,00
				SUB TOTAL	1.444.000.000,00
OBRAS DE MITIGACION					
630,2	CONCRETO CLASE G	M3	450	358.000,00	161.100.000,00
P	CANALETA FLEXIBLE	ML	350	105.000,00	36.750.000,00
674	DRENES HORIZONTALES EN TALUDES	ML	1065	210.000,00	223.650.000,00
P	CANALETA DISIPADORA	ML	160	70.000,00	11.200.000,00
810	PORTECCION VEGETAL DE LA TALUDES	M2	200	7.500,00	1.500.000,00
681	MURO EN GAVIONES	M3	650	198.000,00	128.700.000,00
600,1	EXCAVACION VARIAS SIN CLASIFICAR	M3	1200	20.000,00	24.000.000,00
373,2	GEOTEXTIL	M2	200	4.200,00	840.000,00
230,2	MATERIAL FILTRANTE	M3	150	70.000,00	10.500.000,00
				SUB TOTAL	598.240.000,00
				TOTAL	2.042.240.000,00

