

UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRION
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



T E S I S

**Análisis de hincado de rocas y la aplicación de geomalla uniaxial en la
estabilización de suelos del depósito de relave en la desmontera
Excelsior del Distrito de Simón Bolívar – Pasco**

**Para optar el título profesional de:
Ingeniero Civil**

Autor:

Bach. Deivis Eduar JIMENEZ FERNANDEZ

Asesor:

Dr. Luis Villar REQUIS CARBAJAL

Cerro de Pasco – Perú – 2023

UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRION
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



T E S I S

**Análisis de hincado de rocas y la aplicación de geomalla uniaxial en la
estabilización de suelos del depósito de relave en la desmontera
Excelsior del Distrito de Simón Bolívar – Pasco**

Sustentada y aprobada ante los miembros del jurado:

Dr. Hildebrando Anibal CONDOR GARCÍA
PRESIDENTE

Mg. José Germán RAMIREZ NEDRANO
MIEMBRO

Mg. Pedro YARASCA CORDOVA
MIEMBRO

DEDICATORIA

El presente trabajo, se la dedico a mis padres, mis hermanos y a todos los que contribuyeron con brindarme su apoyo incondicional en todo momento y por los consejos que me ayudaron encaminar para culminar mis estudios y afrontar cualquier obstáculo que se me presente durante el camino de la vida, para seguir adelante y poder cumplir mis metas y sueños.

AGRADECIMIENTO

En primera instancia, quiero agradecer a Dios por permitirme cumplir con mis metas, y que parte de su voluntad es que llegue a culminar mis estudios y graduarme como ingeniero civil, en segundo lugar, deseo agradecer a mis padres, por apoyarme sin condición y a mis hermanos por creer en mí y por su apoyo para el logro de esta investigación.

Del mismo modo agradecer a todos los docentes que estuvieron volcando sus conocimientos en este largo camino que emprendí.

RESUMEN

Este trabajo de investigación abarca en sacar muestras de la desmontera Excélsior para ensayarlos en el laboratorio, dichos ensayos fueron clasificación de suelos a 3 tipos de suelos que se usaron para el relleno de la plataforma y el talud. Así mismo se realizó los ensayos de corte directo para los suelos y la roca, todos estos datos nos sirvieron para realizar el análisis de la estabilidad del talud en las zonas más desfavorables en los softwares slide y slope para comprobar si el factor de seguridad estático y pseudo estático de los taludes a analizar cumplen con la norma AASHTO LRFD Y CE 0.20. Por tanto, puedo resumir que el factor de seguridad estático para el análisis de los taludes sin reforzamiento y con reforzamiento para la falla global y falla local cumplen con la norma AASHTO LRFD Y CE 0.20. Mientras que para taludes sin reforzamiento y con reforzamiento de falla global, el factor de seguridad pseudo estático para la norma AASHTO LRFD cumple para las progresivas 0+120 – 0+160, 0+420 – 0+500, 0+500 – 0+675, mientras que en la progresiva 0+220 – 0+340 no cumple. De la misma manera el factor de seguridad pseudo estático para el talud con reforzamiento de falla global cumple para la progresiva 0+500 – 0+675 con el software slide con el factor de seguridad de 1,25 de la norma CE 0.20, mientras que para todas las progresivas y para ambos análisis en los softwares slide y slope no cumplen con el factor de seguridad pseudo estático. Para los taludes sin reforzamiento y con reforzamiento de falla local el factor de seguridad estático cumple para la norma AASHTO LRFD y norma CE 0.20. así como también el factor de seguridad pseudo estático para taludes sin reforzamiento y con reforzamiento de falla local cumplen con lo indicado por la norma AASHTO LRFD y CE 0.20, esto se debe a que el mejoramiento de suelo con roca y geomalla se realizó en la zona donde ocurre la falla local.

Palabras claves: Corte directo, clasificación de suelos, factor de seguridad estático y pseudo estático.

ABSTRACT

This research work includes taking samples from the excelsior clearing to test them in the laboratory, these tests were soil classification into 3 types of soils that were used for the filling of the platform and the slope. Likewise, the direct shear tests for the soils and the rock were carried out, all these data were used to carry out the stability analysis. of the slope in the most unfavorable areas in the slide and slope software to check if the static and pseudo-static safety factors of the slopes to be analyzed comply with the AASHTO LRFD AND CE 0.20 standard. Therefore, I can summarize that the static factor of safety for the analysis of slopes without reinforcement and with reinforcement for global failure and local failure comply with the AASHTO LRFD AND CE 0.20 standard. While for slopes without reinforcement and with global failure reinforcement, the pseudo-static safety factor for the AASHTO LRFD standard complies for the progressives 0+120 – 0+160, 0+420 – 0+500, 0+500 – 0+ 675, while in the progressive 0+220 – 0+340 it does not comply. In the same way, the pseudo-static safety factor for the slope with global failure reinforcement complies for the progressive 0+500 - 0+675 with the slide software with the safety factor of 1.25 of the CE standard 0.20, while for all the progressives and for both analyzes in the slide and slope software do not comply with the pseudo-static safety factor. For slopes without reinforcement and with local failure reinforcement, the static safety factor complies with the AASHTO LRFD standard and CE standard 0.20. as well as the pseudo-static safety factor for slopes without reinforcement and with local failure reinforcement comply with what is indicated by the AASHTO LRFD and CE 0.20 standard, this is due to the fact that the soil improvement with rock and geogrid was carried out in the area where the local fault occurs.

Keywords: Direct cut, soil classification, static and pseudo-static safety factor.

INTRODUCCION

Según el transcurso de los años la actividad minera se enlaza al desarrollo económico beneficiando a la población, comunidades y países por ser un sustento económico primordial, desarrollo tecnológico en todos sus sectores; pero, sin embargo, la explotación de yacimientos mineros trae un lado negativo en las zonas donde son operadas y muchas veces éstas se extienden, teniendo como consecuencia PAMs (pasivos ambientales mineros) entre ellos las desmonteras de minas.

Es usual que en la Ingeniería Civil y en la minería se puedan hallar problemas conexos a la estabilidad de taludes en desmonteras de minas.

El Plan de Cierre del Depósito de Desmonte Excelsior es uno de los proyectos que están en ejecución por parte de la entidad ACTIVOS MINEROS S.A.C. El principal PAM (pasivo ambiental minero) es la desmontera proveniente del tajo abierto Raúl Rojas de Cerro de Pasco desde 1 956 hasta el año 2 000, acumulando alrededor de 50 millones de toneladas en un área aproximada de 69 Ha. El cual ha generado un frente de talud de residuos mineros, este generó un cambio de las condiciones naturales y de estabilidad en las que se encontraba antes de la explotación.

El problema con el relave de Excelsior es que siempre cuenta con agua provenientes de la desmontera y no tiene ninguna resistencia para realizar el recrecimiento del talud de la desmontera, por lo que sugirió realizar un enrocado para mejorar el suelo donde estará parte del talud de la zona sur este de la desmontera Excelsior.

En el capítulo uno se explican las generalidades del proyecto, su ubicación y las problemáticas a resolver en el transcurso de la investigación, así como los objetivos trazados para lograr determinar la solución más adecuada.

En el capítulo dos se exploran investigaciones previas que sirven como referente para los procesos a realizar en esta tesis, como también las hipótesis y conceptos generales que se utilizaran en el posterior análisis de las opciones.

En el capítulo tres se muestra la metodología a seguir en el trabajo de investigación, las variables que tendremos presentes a evaluar y su desglose en indicadores y dimensiones.

En el capítulo cuatro (resultados y discusión), hemos iniciado con la descripción de la ubicación de nuestra investigación, tipo y forma de la desmontera, geología de la zona, clima de la zona, características del suelo y características de la desmontera. También hemos interpretado los resultados del análisis de estabilidad de taludes con reforzamiento (con la aplicación de enrocado y geomalla) y sin reforzamiento (sin enrocado y geomalla). así como también el factor de seguridad estático y pseudo estático para taludes sin reforzamiento y con reforzamiento de falla local y global para ver si cumplen con lo indicado por la norma AASHTO LRFD y CE 0.20, en el programa Slide V.6 y slope.

ÍNDICE

DEDICATORIA

AGRADECIMIENTO

RESUMEN

ABSTRACT

INTRODUCCION

INDICE

CAPITULO I

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. Identificación y determinación del Problema.....	1
1.2. Delimitación de la investigación	2
1.3. Formulación del Problema.	2
1.3.1. Problema General.....	2
1.3.2. Problemas Específicos.....	3
1.4. Formulación de Objetivos	3
1.4.1. Objetivo General	3
1.4.2. Objetivos Específicos.....	3
1.5. Justificación de la Investigación.....	4
1.6. Limitaciones de la Investigación.....	4

CAPITULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de Estudio	6
2.2. Bases Teóricas - científicos.....	10
2.2.1. Presas de Relaves o Jales:	10
2.2.2. Presa de enrocamiento.....	11
2.2.3. Geomallas coextruídas	12
2.2.4. Clasificación de geomalla	13

2.2.5. Proceso de fabricación.....	16
2.2.6. Funciones y aplicaciones.....	17
2.2.7. Estabilización de suelos.....	19
2.2.8. Geomallas uniaxiales empleadas en refuerzo de estructuras.....	19
2.2.9. Refuerzo de muros y taludes	22
2.2.10. Procedimiento de instalación del hincado de rocas y refuerzo del talud en la zona sur este de la desmontera Excélsior.	22
2.2.11. Factor de Seguridad.	27
2.2.12. Análisis estático y pseudo-estático	28
2.3. Definición de Términos básicos.	32
2.3.1. Hincado de rocas	32
2.3.2. Estabilización de suelos.....	32
2.3.3. Geomalla Uniaxial.....	32
2.3.4. Presas de Relaves o Jales.....	33
2.4. Formulación de Hipótesis.....	33
2.4.1. Hipótesis General.	33
2.4.2. Hipótesis Específicas.....	33
2.5. Identificación de las Variables	33
2.5.1. Variables independientes.....	33
2.5.2. Variables dependientes.....	33
2.6. Definición Operacional de Variables e Indicadores	34

CAPITULO III

METODOLOGIAS Y TECNICAS DE INVESTIGACIÓN

3.1. Tipo de Investigación	36
3.2. Nivel de investigación	36
3.3. Métodos de investigación.....	36

3.4.	Diseño de la Investigación.	36
3.5.	Población y muestra	36
3.5.1.	Población de estudio.....	36
3.5.2.	Diseño muestral.....	36
3.6.	Técnicas e instrumentos de recolección de datos	37
3.7.	Técnicas de procesamiento y análisis de datos	37
3.8.	Tratamiento estadístico.....	37

CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

4.1.	Descripción del trabajo de campo.	39
4.1.1.	Ubicación geográfica y política.....	39
4.1.2.	Características de la zona	42
4.1.3.	Zona de estudio	47
4.1.4.	Estudio de suelos	48
4.2.	Presentación, Análisis e Interpretación de Resultados	58
4.2.1.	Diseño de la estabilidad de taludes en el software slide y software slope.	58
4.2.2.	Resultados	128
4.3.	Prueba de Hipótesis.	133
4.3.1.	Para la hipótesis general	133
4.3.2.	Para las hipótesis específicas.....	133
4.4.	Discusión de Resultados.....	134

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANEXOS

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Geomalla Coextruída Mono - Orientada.	14
Figura 2 Geomalla coextruída bi-orientada.....	15
Figura 3 Esquema del proceso de fabricación de las geomallas coextruídas.....	17
Figura 4 Esquema de talud reforzado con geomallas uniaxiales.....	20
Figura 5 Autopista San Jorge sin refuerzo, Muxbal – Guatemala, 2004 (TT 070).....	21
Figura 6 Autopista San Jorge con Geomalla, Muxbal – Guatemala, 2004 (TT 070).....	21
Figura 7 Enrocado de suelo con relave.....	24
Figura 8 Mejoramiento de suelos con geomalla uniaxial Tipo I y Tipo II.....	25
Figura 9 Mejoramiento de suelos con relave Tipo III.....	25
Figura 10 Mejoramiento de suelos con relave Tipo IV.....	26
Figura 11 Mejoramiento de suelos con relave Tipo V.....	26
Figura 12 Zonas sísmicas.....	31
Figura 13 Límite zona sur este entre Champamarca y Desmontera Excélsior.....	40
Figura 14 Ubicación – Desmontera Excélsior.....	41
Figura 15 Unidades del PN,PA, PNN.....	46
Figura 16 Zonas a Analizar.....	48
Figura 17 Áreas de mejoramiento de suelos.....	52
Figura 18 Secciones a analizar.....	53
Figura 19 Análisis Estático – Software Slide.....	59
Figura 20 Análisis Estático - Software Slope.....	60
Figura 21 Análisis Estático - Software Slide.....	61
Figura 22 Análisis Estático - Software Slope.....	62
Figura 23 Análisis Estático - Software Slide.....	63
Figura 24 Análisis Estático - Software Slope.....	64

Figura 25	Análisis Estático - Software Slide.....	65
Figura 26	Análisis Estático - Software Slope.....	66
Figura 27	Análisis Estático - Software Slide.....	68
Figura 27	Análisis Estático - Software Slope.....	69
Figura 29	Análisis Estático - Software Slide.....	70
Figura 30	Análisis Estático - Software Slope.....	71
Figura 31	Análisis Estático - Software Slide.....	72
Figura 32	Análisis Estático - Software Slope.....	73
Figura 33	Análisis Estático - Software Slide.....	74
Figura 34	Análisis Estático - Software Slope.....	75
Figura 35	Talud sin reforzamiento.....	76
Figura 36	Análisis Estático - Software Slide.....	77
Figura 37	Análisis Estático - Software Slope.....	78
Figura 38	Análisis Estático - Software Slide.....	79
Figura 39	Análisis Estático - Software Slope.....	80
Figura 40	Análisis Estático - Software Slide.....	81
Figura 41	Análisis Estático - Software Slope.....	82
Figura 42	Análisis Estático - Software Slide.....	83
Figura 43	Análisis Estático - Software Slope.....	84
Figura 44	Talud con reforzamiento.....	85
Figura 45	Análisis Estático - Software Slide.....	86
Figura 46	Análisis Estático - Software Slope.....	87
Figura 47	Análisis Estático - Software Slide.....	88
Figura 48	Análisis Estático - Software Slope.....	89
Figura 49	Análisis Estático - Software Slide.....	90

Figura 50	Análisis Estático - Software Slope.....	91
Figura 51	Análisis Estático - Software Slide.....	92
Figura 52	Análisis Estático - Software Slope.....	93
Figura 53	Estabilidad de talud Pseudo estático.....	94
Figura 54	Análisis Pseudo estático - Software Slide.....	95
Figura 55	Análisis Pseudo estático - Software Slope.....	96
Figura 56	Análisis Pseudo estático - Software Slide.....	97
Figura 57	Análisis Pseudo estático - Software Slope.....	98
Figura 58	Análisis Pseudo estático - Software Slide.....	99
Figura 59	Análisis Pseudo estático - Software Slope.....	100
Figura 60	Análisis Pseudo estático - Software Slide.....	101
Figura 61	Análisis Pseudo estático - Software Slope.....	102
Figura 62	Estabilidad de talud reforzado – Pseudo estático.....	103
Figura 63	Análisis Pseudo estático - Software Slide.....	104
Figura 64	Análisis Pseudo estático - Software Slope.....	105
Figura 65	Análisis Pseudo estático - Software Slide.....	106
Figura 66	Análisis Pseudo estático - Software Slope.....	107
Figura 67	Análisis Pseudo estático - Software Slide.....	108
Figura 68	Análisis Pseudo estático - Software Slope.....	109
Figura 69	Análisis Pseudo estático - Software Slide.....	110
Figura 70	Análisis Pseudo estático - Software Slope.....	111
Figura 71	Análisis Pseudo estático - Software Slide.....	112
Figura 72	Análisis Pseudo estático - Software Slope.....	113
Figura 73	Análisis Pseudo estático - Software Slide.....	114
Figura 74	Análisis Pseudo estático - Software Slope.....	115

Figura 75	Análisis Pseudo estático - Software Slide.....	116
Figura 76	Análisis Pseudo estático - Software Slope.....	117
Figura 77	Análisis Pseudo estático - Software Slide.....	118
Figura 78	Análisis Pseudo estático - Software Slope.....	119
Figura 79	Análisis Pseudo estático - Software Slide.....	120
Figura 80	Análisis Pseudo estático - Software Slope.....	121
Figura 81	Análisis Pseudo estático - Software Slide.....	122
Figura 82	Análisis Pseudo estático - Software Slope.....	123
Figura 83	Análisis Pseudo estático - Software Slide.....	124
Figura 84	Análisis Pseudo estático - Software Slope.....	125
Figura 85	Análisis Pseudo estático - Software Slide.....	126
Figura 86	Análisis Pseudo estático - Software Slope.....	127

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Espesores del pavimento flexible sin geomalla triaxial.	8
Tabla 2 Espesores del pavimento flexible con geomalla triaxial.	8
Tabla 3 Resultados de disminución de espesores de capas de pavimento	9
Tabla 4 Coeficientes de seguridad a emplear en el análisis de estabilidad de taludes	28
Tabla 5 Factor de zona Perú.....	30
Tabla 6 Variables, Indicadores e instrumentos	34
Tabla 7 Criterio de estabilidad geoquímica.....	45
Tabla 8 Resumen de los parámetros geomorfológicos.....	47
Tabla 9 Ancho de mejoramiento	51
Tabla 10 Propiedades de la Geomalla Uniaxial especificada según el expediente: 150 kN/m ²	55
Tabla 11 Análisis de Estabilidad de Taludes – Falla Global.....	59
Tabla 12 Factor de seguridad - progresiva 0+120 - 0+160.....	60
Tabla 13 Análisis de Estabilidad de Talud – Falla Global	61
Tabla 14 Factor de seguridad - progresiva 0+220 - 0+340.....	62
Tabla 15 Análisis de Estabilidad de Talud – Falla Global	63
Tabla 16 Factor de seguridad - progresiva 0+420 - 0+500.....	64
Tabla 17 Análisis de Estabilidad de Talud – Falla Global	65
Tabla 18 Factor de seguridad - progresiva 0+500 - 0+675.....	66
Tabla 19 Talud con reforzamiento.....	67
Tabla 20 Análisis de Estabilidad de Talud – Falla Global.....	68
Tabla 21 Factor de seguridad - progresiva 0+120 - 0+160.....	69
Tabla 22 Análisis de Estabilidad de Talud – Falla Global	70
Tabla 23 Factor de seguridad - progresiva 0+220 - 0+340.....	71

Tabla 24	Análisis de Estabilidad de Talud – Falla Global	72
Tabla 25	Factor de seguridad - progresiva 0+420 - 0+500.....	73
Tabla 26	Análisis de Estabilidad de Talud – Falla Global.....	74
Tabla 27	Factor de seguridad - progresiva 0+500 - 0+675.....	75
Tabla 28	Análisis de estabilidad de talud - Falla Local.....	77
Tabla 29	Factor de seguridad - progresiva 0+120 - 0+160.....	78
Tabla 30	Análisis de estabilidad de talud - Falla Local.....	79
Tabla 31	Factor de seguridad - progresiva 0+220 - 0+340.....	80
Tabla 32	Análisis de estabilidad de talud - Falla Local.....	81
Tabla 33	Factor de seguridad - progresiva 0+420 - 0+500.....	82
Tabla 34	Análisis de estabilidad de talud - Falla Local.....	83
Tabla 35	Factor de seguridad - progresiva 0+500 - 0+675.....	84
Tabla 36	Análisis de estabilidad de talud - Falla Local.....	86
Tabla 37	Factor de seguridad - progresiva 0+120 - 0+160.....	87
Tabla 38	Análisis de estabilidad de talud - Falla Local.....	88
Tabla 39	Factor de seguridad - progresiva 0+220 - 0+340.....	89
Tabla 40	Análisis de estabilidad de talud - Falla Local.....	90
Tabla 41	Factor de seguridad - progresiva 0+420 - 0+500.....	91
Tabla 42	Análisis de estabilidad de talud - Falla Local.....	92
Tabla 43	Factor de seguridad - progresiva 0+500 - 0+675.....	93
Tabla 44	Análisis de estabilidad de talud Pseudo estático - Falla Global.	95
Tabla 45	Factor de seguridad - progresiva 0+120 - 0+160.....	96
Tabla 46	Análisis de estabilidad de talud Pseudo estático - Falla Global.	97
Tabla 47	Factor de seguridad - progresiva 0+220 - 0+340.....	98
Tabla 48	Análisis de estabilidad de talud Pseudo estático - Falla Global.	99

Tabla 49	Factor de seguridad - progresiva 0+420 - 0+500.....	100
Tabla 50	Análisis de estabilidad de talud Pseudo estático - Falla Global.....	101
Tabla 51	Factor de seguridad - progresiva 0+500 - 0+675.....	102
Tabla 52	Análisis de estabilidad de talud reforzado Pseudo estático - Falla Global.	104
Tabla 53	Factor de seguridad - progresiva 0+120 - 0+160.....	105
Tabla 54	Análisis de estabilidad de talud reforzado Pseudo estático - Falla Global.	106
Tabla 55	Factor de seguridad - progresiva 0+220 - 0+340.....	107
Tabla 56	Análisis de estabilidad de talud reforzado Pseudo estático - Falla Global.	108
Tabla 57	Factor de seguridad - progresiva 0+420 - 0+500.....	109
Tabla 58	Análisis de estabilidad de talud reforzado Pseudo estático - Falla Global.	110
Tabla 59	Factor de seguridad - progresiva 0+500 - 0+675.....	111
Tabla 60	Análisis de estabilidad de talud Pseudo estático - Falla local.	112
Tabla 61	Factor de seguridad - progresiva 0+120 - 0+160.....	113
Tabla 62	Análisis de estabilidad de talud Pseudo estático - Falla Local.	114
Tabla 63	Factor de seguridad - progresiva 0+220 - 0+340.....	115
Tabla 64	Análisis de estabilidad de talud Pseudo estático – Falla Local.	116
Tabla 65	Factor de seguridad - progresiva 0+420 - 0+500.....	117
Tabla 66	Análisis de estabilidad de talud Pseudo estático - Falla Local.	118
Tabla 67	Factor de seguridad - progresiva 0+500 - 0+675.....	119
Tabla 68	Análisis de estabilidad de talud reforzado Pseudo estático - Falla Local.	120
Tabla 69	Factor de seguridad - progresiva 0+120 - 0+160.....	121
Tabla 70	Análisis de estabilidad de talud reforzado Pseudo estático - Falla Local.	122

Tabla 71	Factor de seguridad - progresiva 0+220 - 0+340.....	123
Tabla 72	Análisis de estabilidad de talud reforzado Pseudo estático - Falla Local.	124
Tabla 73	Factor de seguridad - progresiva 0+420 - 0+500.....	125
Tabla 74	Análisis de estabilidad de talud reforzado Pseudo estático - Falla Local.	126
Tabla 75	Factor de seguridad - progresiva 0+500 – 0+675.....	127
Tabla 76	Análisis de estabilidad de talud estático – Falla Global con el software Slide	128
Tabla 77	Análisis de estabilidad de talud estático – Falla Global con el software Slope	128
Tabla 78	Análisis de estabilidad de talud estático – Falla Local con el software Slide	129
Tabla 79	Análisis de estabilidad de talud estático – Falla Local con el software Slope	130
Tabla 80	Análisis de estabilidad de talud Pseudo estático – Falla Global con el software Slide.....	131
Tabla 81	Análisis de estabilidad de talud Pseudo estático – Falla Global con el software Slope.....	131
Tabla 82	Análisis de estabilidad de talud Pseudo estático – Falla Local con el software Slide.....	132
Tabla 83	Análisis de estabilidad de talud Pseudo estático – Falla Local con el software Slope.....	132
Tabla 84	Coeficiente de seguridad.....	134
Tabla 85	Análisis del factor de seguridad para un talud con falla global.....	135
Tabla 86	Análisis del factor de seguridad para un talud con falla local	135

CAPITULO I

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. Identificación y determinación del problema

El depósito de desmontes Excelsior se encuentra ubicada cerca al asentamiento Humano de Champamarca, distrito de Simón Bolívar y Departamento de Pasco, dicho depósito se encuentra construido por los desmontes mineros provenientes del tajo Raúl Rojas de Cerro de Pasco, el inicio del depósito de desmontes Excelsior proviene desde los años 1956 cuando la empresa Cooper Corporation realizaba la explotación de los minerales así mismo podemos mencionar que en 1998 Centromín Perú expande el tajo abierto Raúl Rojas y hasta el año 2000 acumularon 50 millones de toneladas de desechos provenientes de las operaciones de las empresas Copper Corporation y Centromín Perú, el área aproximada de acumulación de desmontes es de 69 hectáreas.

El problema con el relave de Excelsior es que siempre cuenta con agua provenientes de la desmontera y no tiene ninguna resistencia para realizar el recrecimiento del talud de la desmontera, por lo que sugirió realizar un enrocado

para mejorar el suelo donde estará parte del talud de la zona sur este de la desmontera Excelsior.

1.2. Delimitación de la investigación

Esta investigación tiene como importancia realizar el mejoramiento de suelos en la zona sur este con el hincado de rocas y aplicación de geomalla uniaxial para la estabilización de suelos.

Esta investigación tratará sobre el hincado de rocas a profundidades de 3 m. a 5 m. en el relave que se encuentra al pie de talud de la desmontera Excelsior en la zona sur este para obtener un suelo estable, las rocas que se usarán son desde 0.40 mts hasta 1.50 mts de diámetro. Durante el hincado de rocas las excavadoras realizarán una cama para que se apoyen e ingresen cerca de 10 mts de distancia desde el pie del talud, para luego rellenar con material propio y con ayuda de la geomalla uniaxial de 400 KN obtener un suelo con mayor resistencia donde se realizará el recrecimiento del talud de la desmontera Excelsior. Por tanto, podemos indicar que esta investigación es importante para saber si es posible obtener un suelo estable con el hincado de rocas en la zona de relave, el cual permitirá aprender tener nuevos conocimientos sobre estabilización de suelos en relaves, además servirá como referencia para que otras personas profundicen sus estudios en la relavera Quilacocha. Así como también demostrar la estabilidad del talud que se conformará en la zona sur este de la desmontera Excelsior.

1.3. Formulación del Problema.

Problema General

¿Cuál es el análisis de hincado de rocas y aplicación de geomalla uniaxial en la estabilización de suelo del depósito de relave en la desmontera Excelsior del distrito de Simón Bolívar – Pasco?

Problemas Específicos

- a. ¿En qué medida el hincado de rocas reforzará el suelo del depósito de relave en la desmontera Excélsior del distrito de Simón Bolívar – Pasco?
- b. ¿Cómo influye la aplicación de la geomalla uniaxial en la estabilización del suelo del depósito de relave de la desmontera Excélsior del distrito de Simón Bolívar - Pasco?
- c. ¿Cómo influye el factor de seguridad estático y pseudo estático para la estabilización de suelos con hincado de rocas y aplicación de geomalla uniaxial de la desmontera Excelsior del distrito de Simón Bolívar – Pasco?

1.4. Formulación de Objetivos

Objetivo General

Demostrar cuál es el análisis de hincado de rocas y aplicación de geomalla uniaxial en la estabilización de suelo del depósito de relave en la desmontera Excelsior del distrito de Simón Bolívar – Pasco.

Objetivos Específicos

- a. Determinar en qué medida el hincado de rocas reforzará el suelo del depósito de relave de la desmontera Excélsior del distrito de Simón Bolívar – Pasco
- b. Demostrar la influencia de la aplicación de la geomalla uniaxial en la estabilización del suelo del depósito de relave de la desmontera Excélsior del distrito de Simón Bolívar - Pasco
- c. Demostrar si el factor de seguridad estático y pseudo estático influye en la estabilización de suelos con hincado de rocas y aplicación de

geomalla uniaxial de la desmontera Excelsior del distrito de Simón Bolívar – Pasco.

1.5. Justificación de la Investigación

El cierre de depósitos de desmontes de Excelsior es una obra muy importante ya que el problema más grande es la contaminación del aire y del río las cuales perjudican a las poblaciones aledañas del distrito de Simón Bolívar, por tal motivo en el año 2018 se inició la ejecución de tan importante obra para mitigar la contaminación y generar trabajo durante el tiempo de remediación de la desmontera Excelsior.

Una de las metas es realizar los taludes con una inclinación de 26.57° de inclinación y en la zona sur este falta área de terreno para realizar dicho talud en tal sentido para continuar con la remediación de Excelsior se realizó el mejoramiento de suelo que se encuentra en el lado sur este la cual contiene relave, y para poder estabilizar dicha zona se ha planteado para esta investigación realizar el hincado de rocas o enrocado para tener mayor resistencia y cuando se realice el recrecimiento del talud de la desmontera de la parte sur este no se tenga ningún problema con el asentamiento o la inestabilidad del talud, así mismo se usará geomalla uniaxial de 400 kN, por cada 3 capas de suelos de 0.30 mts de espesor y así obtener un suelo con mejor resistencia y estabilidad.

Para dicho trabajo se hincará rocas de 0.60 mts a 2 mts para estabilizar la zona de relaves y luego se colocará material propio del desmonte y geomalla uniaxial para mejorar la estabilización del suelo.

1.6. Limitaciones de la Investigación

La limitación que se encontró para esta investigación es que no encontramos bibliografía referente a temas de estabilización de suelos de relaves.

Así como también el tipo de roca que debe usarse para este tipo de trabajos porque en el expediente técnico no indica el tipo y los ensayos que deben realizarse ya que el relave contiene gran cantidad de sulfatos de puedan afectar a las piedras durante mucho tiempo y logrando inestabilizar el talud del margen sur este.

Otro problema que encontramos es que no se encontró laboratorios en la ciudad de Pasco que realicen ensayos químicos al relave, así como también ensayo SPT para poder saber a cuanta profundidad se encuentra su suelo estable. Sin embargo se tuvo que hincar un fierro de $\frac{1}{2}$ " de 7 m.

Otra limitación es que el expediente adicional de obra no cuenta con las especificaciones suficientes para realizar el trabajo, sin embargo, por la experiencia del residente de obra y por las sugerencias de la empresa supervisora se realizó el hincado de rocas en la zona sur este del pie de talud de la desmontera Excélsior.

CAPITULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de estudio

(Correa Julcarima, 2018), realizó una tesis y el objetivo fue Conocer si el uso de geosintéticos como componentes, brindan una estabilidad de taludes y refuerzo del dique noroeste de la presa de relaves Animón.

La metodología aplicada en esta investigación de carácter Experimental y busca aplicar una tecnología (geosintéticos) como componentes aplicables de analizar y verificar los resultados.

(Correa Julcarima, 2018), obtuvo como resultados del Análisis del uso de geosintéticos como componentes en la estabilización de taludes y refuerzo de la presa de relaves Animón, en los tramos 0+490 hasta la 0+573 el valor de longitud de empotramiento es de 1.20 m superando la longitud mínima de seguridad, así como también de las geomallas biaxiales aportan reforzamiento a los taludes. También podemos mencionar que la geomalla uniaxial refuerza los suelos.

Esta tesis concluye que Los geotextiles o geomallas uniaxial y biaxial, que cuenten con todos sus ensayos relacionados con daños durante de instalación,

fluencia (creep) y degradación química y biológica, tendrán un valor de “FR” entre 3 y 6. Los valores asignados para calcular el factor de reducción general fueron: FRID = 1.2 por no estar sometido a deterioros; FRFL = 2.5 valor más alto para prevenir roturas y FRDQB = 1.1 por encontrarse dentro del cuerpo de presa y en contacto con el material tipo 8B; así tener una resistencia a la tracción admisible de 60.61 KN/m a través de la tracción ultima $T_{ult} = 200$ KN/m y el uso de geomalla uniaxial como refuerzo del suelo permite mejorar considerablemente la distribución de esfuerzos provocado por el propio peso del dique y fuerzas horizontales, esto se pudo verificar a través de la corrida de estabilidad (Programa SLIDE V6.0) para las dos (02) muestras de análisis.

(Lloni Novoa, 2017), realizó una investigación que tuvo como objetivo Determinar como la aplicación de la geomalla mejorará la estabilización del suelo blando en la avenida Trapiche, Carabayllo.

La metodología aplicada en dicha investigación fue un diseño cuasi experimental de series cronológicas, pues el investigador ejerce un control mínimo sobre la variable independiente, no hay asignación aleatoria de los sujetos participantes de la investigación ni hay grupo de control. Es cuasi experimental por que utilizará el diseño de prueba y post prueba con un solo grupo de series cronológicas.

(Lloni Novoa, 2017), obtuvo como resultados de la evaluación entre las estructuras del pavimento flexible con y sin el refuerzo de geomalla triaxial TX160, y se obtuvo que el pavimento que esta reforzado con geomalla triaxial TX160 no es necesario considerar una sub base granular mientras que en el pavimento sin refuerzo de geomalla triaxial es necesria considerar una sub base

granular para lograr la resistencia requerida, la cual se muestra en la siguientes tablas:

Tabla 1

Espesores del pavimento flexible sin geomalla triaxial.

Número estructural requerido			SN	3.81
Carpeta asfáltica	-----	a1=0.165	D1(cm)	10
Base	m1=1.1	a2=0.053	D2(cm)	15
Sub-base	m2=1.1	a3=0.047	D3(cm)	25
Espesor total del pavimento			(cm)	50
Número estructural propuesto			SN'	3.82

Nota. Fuente: Lloni Novoa, 2017.

Tabla 2

Espesores del pavimento flexible con geomalla triaxial.

Número estructural requerido			SN	3.81
Carpeta asfáltica	-----	a1=0.165	D1(cm)	10
Base	m1=1.1	a2=0.116	D2(cm)	17.5
Sub-base	m2=1.1	a3=0.047	D3(cm)	0
Espesor total del pavimento			(cm)	27.5
Número estructural propuesto			SN'	3.88

Nota. Fuente: Lloni Novoa, 2017.

(Lloni Novoa 2017), tiene como conclusión que la geomalla triaxial demostró ser una solución práctica y económica en la estabilización de suelos blandos. Incrementa la capacidad portante del suelo y así permitir el paso de cargas pesadas logrando la reducción de grandes espesores de relleno.

(Taípe Sarmiento & Tovar Choccelahua, 2012), realizaron una tesis que tuvo como objetivo conocer el comportamiento del pavimento flexible con el uso de geomallas como alternativa para el refuerzo de la estructura.

La metodología aplicada en esta investigación fue un diseño de forma experimental, se realizó ensayos al suelo como la clasificación de suelos, CBR del suelo de fundación y se evaluó los espesores sin y con geomalla para la carretera Ocopa, disminuyendo el espesor del pavimento flexible y mejorando la estructura de la sub rasante.

(Taípe Sarmiento & Tovar Choccelahua, 2012) obtuvieron como resultados del uso de la geomalla que el espesor del pavimento disminuye considerablemente, por tanto es un ahorro en costo y tiempo para mejor entendimiento se muestran los resultados en la siguiente tabla:

Tabla 3

Resultados de disminución de espesores de capas de pavimento

Capa	Espesor de Pavimento Tradicional (cm).	Espesor de Pavimento con Geomalla (cm).	Disminución de espesor (%)
Carpeta asfáltica	13.00	3.50	26.92
Capa de base	20.00	10.00	50.00
Capa de subbase	30.00	10.00	33.30

Nota. Fuente: Taípe Sarmiento & Tovar Choccelahua, 2012.

Los autores concluyen que se conoció los espesores de la estructura del pavimento con y sin el uso de la geomalla, se conoció el comportamiento del pavimento flexible con el uso de la geomalla y sin el uso de la misma, también se conoció las propiedades de la geomalla biaxial como mejorador de las propiedades de la capacidad de soporte del pavimento.

(Doroteo Cid, 2014), realizó una tesina que tuvo como objetivo Determinar el tipo de mejoramiento del suelo que obedezca al comportamiento más adecuado al proyecto.

La metodología aplicada en dicha investigación fue un diseño de forma no experimental, ya que se observó mejoramientos de suelos ya existentes, como son: mezclas con cal, mezclas con cemento portland, mezclas con productos asfálticos, inclusiones rígidas, inyecciones por fracturación hidráulica y pedraplenes.

(Doroteo Cid, 2014), obtuvo como resultados la investigación que el uso de pedraplenes como material sustituo es más eficiente en suelos arenosos, arcillosos saturados, donde el nivel freático este superficialmente y los cortes sean mayores a 2m. asi como también el pedraplen retiene el agua manteniéndola entre sus oquedades, funciona como capa rompedora en caso de arcillas expansivas, disminuye los volúmenes de corte.

Esta investigación concluye que las técnicas de mejoramiento de suelos por sustitución es un procedimiento confiable, si existe un control adecuado durante su ejecución ya que se corre el riesgo de no utilizar los materiales adecuados.

2.2. Bases teóricas - científicas.

2.2.1. Presas de Relaves o Jales:

Según (Gavidia Paredes, 2012), Son estructuras de retención de sólidos sueltos y líquidos de desecho, producto de la explotación minera, los cuales son almacenados en vasos para su decantación. Por lo común son de menores dimensiones que las presas que retienen agua, pero en algunos casos corresponden a estructuras que contienen enormes volúmenes de estos materiales.

Al igual que las presas hidráulicas tienen cortina (normalmente del mismo tipo de material), vertedero, y en vez de tener una obra de toma o bocatoma poseen un sistema para extraer los líquidos.

2.2.2. Presa de enrocamiento

Según (Gavidia Paredes, 2012), Las presas de enrocado tienen características intermedias entre las presas de gravedad y las presas de tierra. La presa de enrocado tiene dos componentes estructurales básicos: una membrana impermeable y un terraplén que soporta a la membrana. El dique generalmente consiste en una sección aguas arriba de piedra seca o mampostería y una sección aguas abajo de enrocado suelto. La sección de las presas de enrocado incluye un elemento impermeable discreto de relleno de tierra compactada, concreto esbelto o una membrana bituminosa. La designación como "presa de roca" o "presa de enrocado" es apropiada cuando más del 50% del material de relleno se pueda clasificar como roca, es decir, material resistente a la fricción de granulometría gruesa, como en el caso de piedras de naturales permeables compactadas o descargadas.

La práctica moderna es especificar un enrocado bien graduado, de alta compactación en capas más bien delgadas mediante un equipo pesado. En esencia el método de construcción es, por tanto, similar al de una presa de relleno de tierra.

Las masas de roca en estas presas son voluminosas comparadas con el corazón impermeable. Este puede ocupar la parte central, o bien ser inclinado hacia aguas abajo. Se prefiere dicha forma por su facilidad de construcción, pues disminuye las interferencias del tránsito de quipo dentro de la cortina, y en algunos casos el programa receptivo se adapta mejor a las condiciones climáticas

del lugar. Debe tenerse presente que la roca puede colocarse en época de lluvia o nieve, mientras que ese trabajo es prácticamente imposible en el corazón, a menos que el proyecto de la cortina tolere fuerte discrepancias en la humedad del suelo o se adopten precauciones especiales.

2.2.3. Geomallas coextruídas

Según (Pavco S.A., 2009), Existen diversos métodos para aumentar la capacidad de carga de suelos blandos. Uno de estos, antiguo y todavía efectivo, consiste en reforzar el suelo mediante confinamiento lateral de las partículas de material y aumentar su resistencia a la tensión. Tradicionalmente estos efectos se obtienen usando ramas trenzadas o colocando troncos de forma perpendicular.

La tecnología actual, permite el uso de productos sintéticos diseñados específicamente para obtener el mismo efecto de confinamiento lateral y resistencia a la tensión, como pueden ser las geomallas bi-orientadas coextruídas.

Las geomallas coextruídas son estructuras bidimensionales elaboradas a base de polímeros, que están conformadas por una red regular de costillas conectadas de forma integrada por extrusión, con aberturas de suficiente tamaño para permitir la trabazón del suelo, piedra u otro material geotécnico circundante.

La principal función de las geomallas coextruídas es indiscutiblemente el refuerzo; el uso del tipo de geomalla está ligado a la dirección en que los esfuerzos se transmiten en la estructura, por ejemplo, en aplicaciones tales como muros en suelo reforzado o en terraplenes, se utilizan las geomallas mono-orientadas que son geomallas con una resistencia y rigidez mayor en el sentido longitudinal que en el transversal. Mientras, que en estructuras en que la disipación de los esfuerzos se realiza de forma aleatoria y en todas las direcciones, como por ejemplo estructuras de pavimento o cimentaciones

superficiales, se utilizan geomallas bi-orientadas o bi-direccionales las cuales no tienen una diferencia considerable frente a sus propiedades en los dos sentidos de la grilla.

Las geomallas coextruídas generan un incremento en la resistencia al corte del suelo. Durante la aplicación de una carga normal al suelo, este es compactado de manera que se produzca una interacción entre las capas de suelo que rodean la geomalla. Con estas condiciones, se requerirá una carga considerablemente mayor para producir un movimiento en el suelo. El compuesto suelo-geomalla reduce la resistencia al movimiento, por lo tanto, el uso de las geomallas produce una condición de cohesión, inclusive en materiales granulares. El compuesto combina la resistencia a la compresión del suelo con la tensión de la geomalla, para crear un sistema que presenta una mayor rigidez y estabilidad que un suelo sin ningún elemento que soporte estos esfuerzos. La capacidad que tiene la geomalla para distribuir las fuerzas sobre su superficie incrementa las características de resistencia contra los desplazamientos de la estructura durante el sometimiento de esta a cargas tanto estáticas como dinámicas.

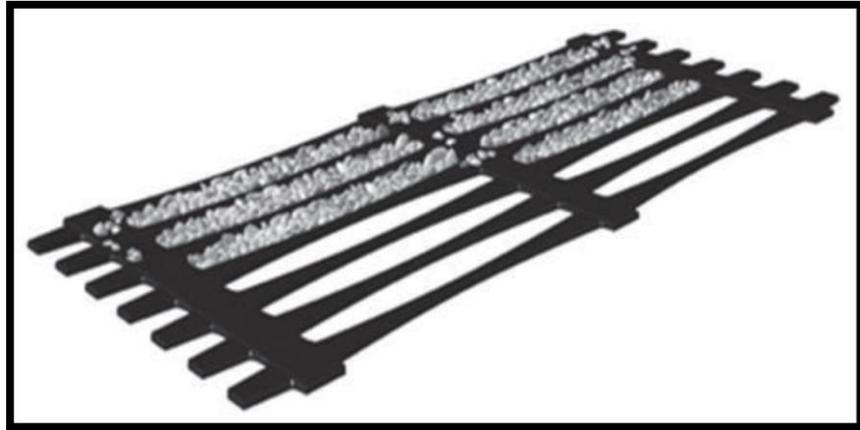
2.2.4. Clasificación de geomalla

Como se mencionó anteriormente se dividen en dos tipos, los cuales se enuncian a continuación:

2.2.4.1. Geomallas coextruídas Mono – Orientadas

Figura 1

Geomalla Coextruída Mono - Orientada.



Nota. Fuente: Pavco S.A., 2009

Las geomallas mono orientadas, son estructuras bi-dimensionales producidas de polietileno de alta densidad (HDPE) utilizando un proceso de extrusión seguido de un estiramiento mono-direccional. Este proceso permite obtener una estructura monolítica con una distribución uniforme de largas aberturas elípticas, desarrollando así gran fuerza a la tensión y gran módulo de tensión en la dirección longitudinal. La estructura de este tipo de geomallas provee un sistema de trabazón óptimo con el suelo especialmente de tipo granular. (Ver Figura 1).

Este tipo de geomallas coextruídas de HDPE, son totalmente inertes a las condiciones químicas o biológicas que se presentan normalmente en el suelo, poseen gran resistencia a los esfuerzos de tensión, soportando hasta 160KN/m aproximadamente. Esto, con la capacidad del suelo de absorber los esfuerzos de compresión, da como

resultado el concepto de estructura en suelo reforzado, similar al concepto del concreto y el acero de refuerzo.

2.2.4.2. Geomallas Coextruídas Bi-Orientadas

Este tipo de geomallas son estructuras bi-dimensionales fabricadas de polipropileno, químicamente inertes y con características uniformes y homogéneas, producidas mediante un proceso de extrusión y luego estiradas de forma longitudinal y transversal.

Este proceso genera una estructura de distribución uniforme de espacios rectangulares de alta resistencia a la tensión en ambas direcciones y un alto módulo de elasticidad. Así mismo, la estructura de la geomalla permite una óptima trabazón con el suelo.

Este tipo de geomallas coextruídas se componen de elementos y nudos rígidos que proveen un gran confinamiento.

Son particularmente efectivas para reforzar estructuras de pavimentos rígidos y flexibles. (Ver Figura 2).

Figura 2

Geomalla coextruída bi-orientada



Nota. Fuente: Pavco S.A., 2009.

2.2.5. Proceso de fabricación

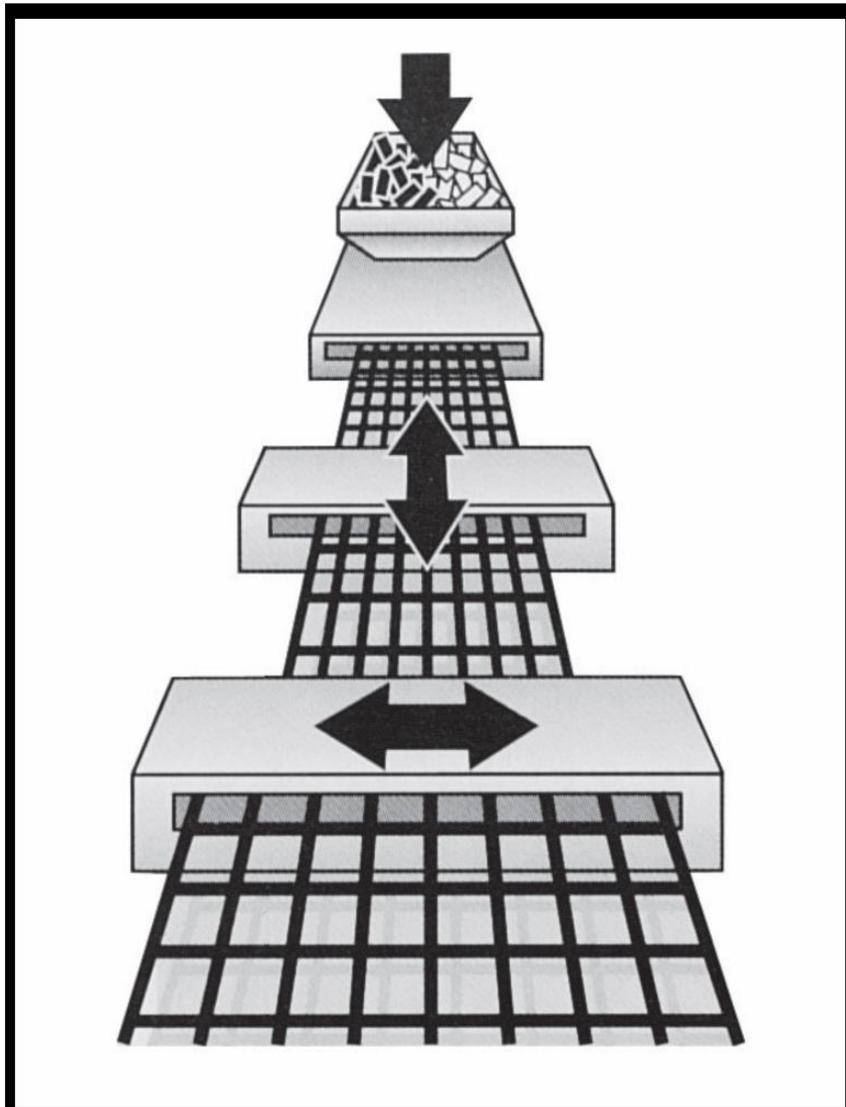
Para el caso de las geomallas en polietileno y polipropileno, el proceso de fabricación es el mismo. Inicialmente se tienen láminas del material en el que se realizan unas perforaciones, cuadradas o elípticas, de forma uniforme y controlada sobre toda la lámina, según el caso la lámina perforada recibe un estiramiento en una o dos direcciones, el cual se realiza a temperaturas y esfuerzos controlados para evitar la fractura del material mientras que se orientan las moléculas en el sentido de la elongación.

En el proceso intervienen variables como el peso molecular, la distribución de este, entre otras, pero el más importante es la tasa a la que se produce el proceso de elongación.

El desarrollo que se ha tenido en la técnica de fabricación de este material, ha dado como resultado no solo el incremento en los módulos y la resistencia del material, sino que a su vez ha desarrollado una relación del 100% entre el esfuerzo en los nodos y la resistencia a la tensión de las costillas, garantizando un excelente comportamiento del sistema en el tiempo.

Figura 3

Esquema del proceso de fabricación de las geomallas coextruídas



Nota. Fuente: Pavco S.A., 2009.

2.2.6. Funciones y aplicaciones

El uso de las geomallas coextruídas bi-orientadas y mono-orientadas, en diferentes campos de aplicación se define básicamente por su función de refuerzo. Esta función se realiza cuando la geomalla inicia un trabajo de resistencia a la tensión complementado con una trabazón de agregados en presencia de diferentes tipos de materiales.

Las principales aplicaciones de las geomallas coextruídas mono-orientadas se enuncian a continuación:

- Refuerzo de muros y taludes.
- Refuerzo de terraplenes con taludes pronunciados y diques.
- Estabilización de suelos blandos.
- Reparación de deslizamientos.
- Ampliación de cresta de taludes.
- Reparación de cortes en taludes.
- Estribos, muros y aletas de puentes.
- Muros vegetados o recubiertos con concreto.

Las principales aplicaciones de las geomallas coextruídas bi-direccionales se enuncian a continuación:

- Terraplenes para caminos y vías férreas.
- Refuerzo en bases de caminos pavimentados y no pavimentados.
- Refuerzo en estructuras de pavimento de pistas de aterrizaje en aeropuertos.
- Refuerzo debajo del balasto de las vías de ferrocarril.
- Como sistema de contención sobre rocas fisuradas.

El principal criterio de escogencia del tipo de geomalla es básicamente estudiando cómo se generan y transmiten los esfuerzos a lo largo de la estructura a reforzar, por ejemplo, en muros en suelo reforzado, sabemos que los esfuerzos principales están en una sola dirección debido a la presión lateral de tierras que el suelo retenido ejerce sobre la estructura. Mientras que, para refuerzo en estructuras de pavimento, los esfuerzos verticales generados por el tráfico, son disipadas en varias direcciones, por lo que el diseño de la geomalla para realizar

el refuerzo debe tener las mismas propiedades mecánicas tanto en el sentido longitudinal como en el transversal.

2.2.7. Estabilización de suelos

Según (Montejo Fonseca, 2002), con frecuencia el ingeniero debe enfrentarse con suelos que tiene que utilizar para una obra determinada y cuyas características le obligan a tomar alguna de las siguientes posibles decisiones:

- Aceptar el material tal como se encuentra, pero teniendo en cuenta en el diseño las restricciones impuestas por su calidad.
- Eliminar el material insatisfactorio o abstenerse de usarlo, sustituyéndolo por otro de características adecuadas.
- Modificar las propiedades del material existente para hacerlo capaz de cumplir en mejor forma los requerimientos deseados o, cuando menos, que la calidad obtenida sea adecuada.

2.2.8. Geomallas uniaxiales empleadas en refuerzo de estructuras

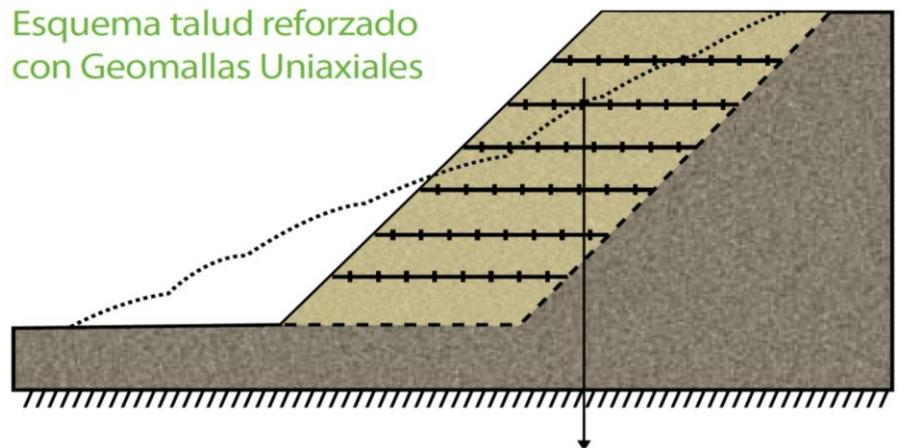
Según (Pavco S.A., 2009), las Geomallas Uniaxiales son estructuras bi-dimensionales producidas en polietileno de alta densidad (HDPE, High Density Polyethylene), utilizando un proceso de extrusión, seguido de un estiramiento mono-direccional. Este proceso único permite una estructura monolítica con una distribución uniforme de largas aberturas elípticas, obteniendo gran fuerza y módulo de tensión en la dirección longitudinal. La estructura de estas Geomallas provee un sistema de trabazón óptimo con el suelo.

Este tipo de Geomallas son completamente inertes a las condiciones químicas y biológicas que se presentan normalmente en el suelo; poseen gran resistencia a los esfuerzos de tensión, soportando hasta 160 kN/m. Esto, en combinación con la capacidad del suelo de absorber los esfuerzos de compresión,

dan como resultado el concepto de estructura de suelo reforzado, similar al concepto del concreto y acero de refuerzo.

Figura 4

Esquema de talud reforzado con geomallas uniaxiales.



Geomalla Uniaxial

Nota. Fuente: Pavco S.A., 2009.

Los principales campos de aplicación de este tipo de Geomallas son:

- Refuerzo de muros y taludes para vías.
- Refuerzo de muros para obtener mayor área plana en edificaciones.
- Refuerzo de terraplenes.
- Estribos, muros y aletas de puentes.

Figura 5

Autopista San Jorge sin refuerzo, Muxbal – Guatemala, 2004 (TT 070)



Nota. Fuente: Pavco S.A., 2009.

Figura 6

Autopista San Jorge con Geomalla, Muxbal – Guatemala, 2004 (TT 070)



Nota. Fuente: Pavco S.A., 2009.

2.2.9. Refuerzo de muros y taludes

El concepto de muro en suelo reforzado hace que trabajen en conjunto, por un lado, los suelos friccionantes con la capacidad de absorción de los esfuerzos de compresión, y por otro lado, las Geomallas con la capacidad de absorber los esfuerzos de tensión, logrando entre sí una trabazón Suelo-Geomalla que dará como resultado la obtención de taludes más verticales.

Los proyectos donde se emplean este tipo de soluciones con Geomallas Uniaxiales son: construcción de terraplenes de vías o ampliación de éstas, rampas de acceso a puentes con taludes completamente verticales, construcción de terrazas residenciales en laderas y en toda obra donde se requiera un talud con pendientes mayores a las que permite el ángulo de reposo natural del suelo.

Las Geomallas Biaxiales también pueden ser usadas para reforzar taludes pequeños, complementando el refuerzo proporcionado por las Geomallas Uniaxiales.

2.2.10. Procedimiento de instalación del hincado de rocas y refuerzo del talud en la zona sur este de la desmontera Excélsior.

- Se inició con la construcción de cama para el ingreso de las máquinas pesadas (excavadoras).
- Mientras se avanzaba se colocaba las rocas de 1.50 mts de diámetro a profundidades de 5 mts y con el peso de la piedra estas se acomodaban a mayor profundidad, mientras que las rocas de menor dimensión se colocaron seguidamente. El hincado de rocas se realizó con la pala de la excavadora, mientras las piedras de mayor tamaño se asientan por su propio peso, las piedras menores se hincó con el golpe de la pala de la excavadora hasta llegar a estabilizarla.

- Después de lograr la estabilidad de la zona de relave que se intervino se colocó un relleno de 30 cm de espesor de material propio de la desmontera Excélsior, esto es para obtener una capa nivelante donde ayudaría a realizar los rellenos continuos.
- Luego de colocará geotextil de 203 g/m².
- Se inicio con 03 capas de rellenos de 30cm, para luego colocar una geomalla uniaxial de 150 KN, 400 KN por cada capa de 30 cm según la progresiva, para mejorar el suelo de relleno, obteniendo gran fuerza y módulo de tensión en la dirección longitudinal. El cual proveerá la trabazón
- óptima con el suelo, tal como se muestra en la figura 7, 8, 9, 10, 11.
- Luego se colocará capas de 3 mts para luego colocar geomalla uniaxial de 150 KN ó 400 KN/m de acuerdo a la progresiva, tal como se muestra en la figura 8, 9, 10, 11.

Figura 7

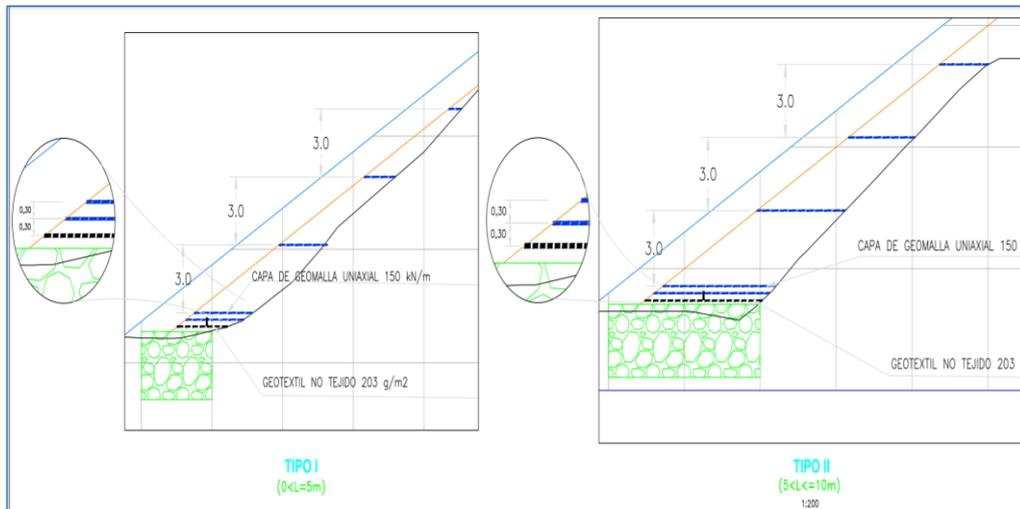
Enrocado de suelo con relave



Nota. Fuente: Activos Mineros S.A.C.,2018.

Figura 8

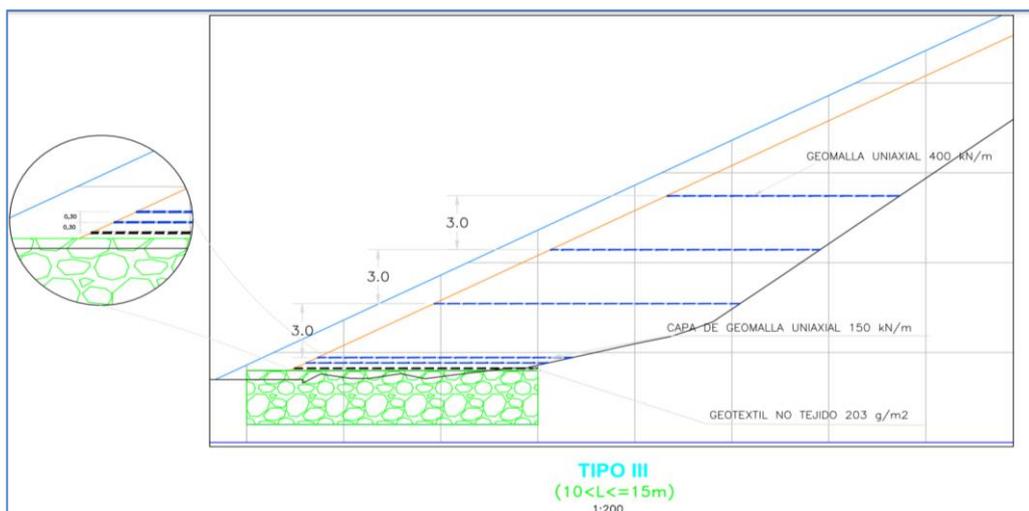
Mejoramiento de suelos con geomalla uniaxial Tipo I y Tipo II



Nota. Fuente: Activos Mineros S.A.C., 2018

Figura 9

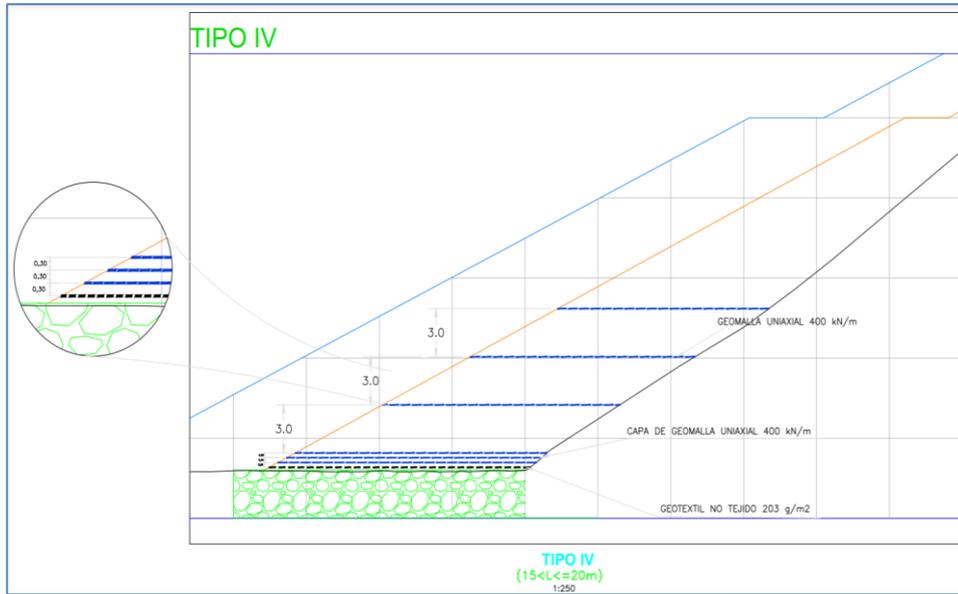
Mejoramiento de suelos con relave Tipo III



Nota. Fuente: Activos Mineros S.A.C., 2018

Figura 10

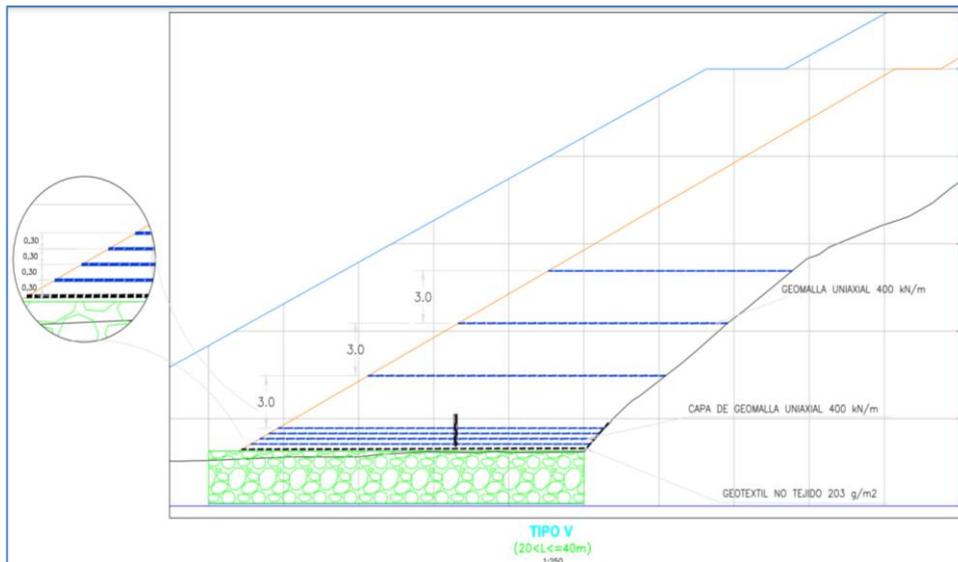
Mejoramiento de suelos con relave Tipo IV



Nota. Fuente: Activos Mineros S.A.C., 2018

Figura 11

Mejoramiento de suelos con relave Tipo V



Nota. Fuente: Activos Mineros S.A.C., 2018

2.2.11. Factor de Seguridad.

El factor de seguridad mínimo de talud para los diseños estáticos y sísmicos

Según (Norma CE.020 Suelos y Taludes, 2019) la condición de estabilidad del talud debe ser evaluado por el Ingeniero responsable tanto para solicitaciones estáticas como sísmicas. Para cargas estáticas, el factor de seguridad mínimo del talud debe ser 1.5 y para cargas sísmicas debe ser de 1.25. En caso de que alguno de estos criterios de seguridad no se cumpla, el ingeniero responsable elegirá un método de estabilización o una combinación de diferentes métodos de estabilización y probarlos hasta que la solución propuesta sea aceptada por ambos criterios de seguridad. La superficie del talud debe estar suficientemente protegida contra la erosión como parte de la solución complementaria pero esencial.

Para determinar la estabilidad de una masa de suelo, su factor de seguridad al deslizamiento debe determinarse comparando los esfuerzos que provocan el deslizamiento con los esfuerzos que lo impiden.

En el cálculo de estructuras se realiza un análisis de seguridad mediante el método de coeficientes de seguridad parciales aumentando los impactos y reduciendo las resistencias. El proyecto geotécnico también puede seguir este camino; de hecho, cada vez son más normativas que implican esta consideración. En Europa, el Eurocódigo 7 considera el método de coeficientes parciales para proyectos geotécnicos, al igual que en Estados Unidos AASHTO LRFD (Load and Resistance Factor Design) aborda los cálculos de ingeniería desde este punto de vista.

El factor de seguridad general o individual incluye la imprecisión tanto de las acciones como las resistencias, modelos de cálculo y la incertidumbre del error humano.

La principal fuerza causante de la inestabilidad es el peso de la masa deslizante, a la que se suman otras fuerzas como la sobrecarga estructural o la presión del agua en fisuras. La principal fuerza estabilizadora es la resistencia al corte del suelo sobre una superficie inestable.

Perú cuenta actualmente con una serie de normas nacionales e internacionales ampliamente reconocidas en las que se regula el factor de seguridad a aplicar. La situación temporal (provisional o definitiva) y de cálculo (estática o sísmica) de la obra deberá tenerse en cuenta a la hora de elegir el factor de seguridad. En la siguiente tabla se puede encontrar una colección de coeficientes correspondientes a las distintas normas:

Tabla 4

Coefficientes de seguridad a emplear en el análisis de estabilidad de taludes

Normativa	Talud temporal		Talud permanente	
	Estática	Sísmica	Estática	Sísmica
AASHTO	1,33-1,53	1,1	1,33-1,53	1,1
NAVFAC-DM7	1,3-1,25	1,2-1,15	1,5	1,2-1,15
FHWA-NHI-11-032	-	1,1	-	1,1
CE 0.20	-	-	1,5	1,25

Nota. Fuente: (Valiente Zanz, Sobrecases Martí, & Díaz Orrego, 2015)

2.2.12. Análisis estático y pseudo-estático

Un análisis estático debe satisfacer condiciones de equilibrio de una masa de suelo para cierta superficie de falla de un talud. Estas ecuaciones de equilibrio estáticas se utilizan para el cálculo de un factor de seguridad, relacionado a la

resistencia cortante del suelo. Además, se asume que el factor de seguridad será un valor constante en toda la superficie de falla. El análisis involucra la acción de fuerzas conocidas y desconocidas. Estas últimas resultan ser más que las ecuaciones de equilibrio, por lo que, de acuerdo con el método usado se realizan presunciones para que el cálculo del factor de seguridad no sea estáticamente indeterminado. Por otro lado, en un análisis pseudo-estático incluye la acción del sismo, representada como una fuerza estática que actúa en una dirección, el cual es equivalente a una fracción del peso del suelo. Es decir, se aplica un coeficiente sísmico, determinado como una fracción de la aceleración debido a la gravedad. Entonces, el sismo asumido como una fuerza estática es incluida como una fuerza conocida en las ecuaciones de equilibrio en el análisis de estabilidad. Algunas limitaciones, es que la fuerza pseudo-estática tomada en el centro de gravedad de cada dovela de suelo, sería acertada de cumplirse que la aceleración sea constante en la dovela, lo cual es poco probable. Por lo que la ubicación de acción de la fuerza pseudo-estática tendría una influencia en el valor del factor de seguridad. Entonces, es una herramienta útil cuando no se esperan una pérdida de resistencia significativa debido a la acción del sismo. Primero, se debe determinar un adecuado coeficiente sísmico, de acuerdo con el tipo de aceleración de suelo, la deformación tolerable y el factor de seguridad. Se debe referenciar una aceleración pico para zonas de alta sismicidad, donde se tiene un registro acumulado de sismos. Además, se debe seleccionar un coeficiente sísmico que puede variar de 0.17 a 0.75. Adicionalmente, se recomienda la reducción de la resistencia cortante hasta en un veinte por ciento o el uso de parámetros residuales. Así como determinar si el análisis será a corto plazo o a largo plazo (talud existente por varios años). La reducción de los parámetros compensaría la

velocidad de carga durante un sismo en comparación a la velocidad de carga de ensayos estáticos. El mínimo factor de seguridad aceptable puede ser de 1 o 1.15, o de acuerdo con las deformaciones tolerables (Duncan, Wright, & Brandon, 2014).

Para esta investigación se tuvo en cuenta lo indicado en la norma técnica E – 030 sismorresistente del reglamento nacional de edificaciones la cual nos indica de acuerdo a la zona donde se encuentra la Desmontera Excélsior la aceleración pico es de $a = 0.35$ g que nos permitirá conocer el coeficiente sísmico para el análisis pseudo-estático.

En la siguiente tabla se indica según la zona el factor ó PGA (peak ground aceleración) para un periodo de retorno $T = 500$ años.

Tabla 5

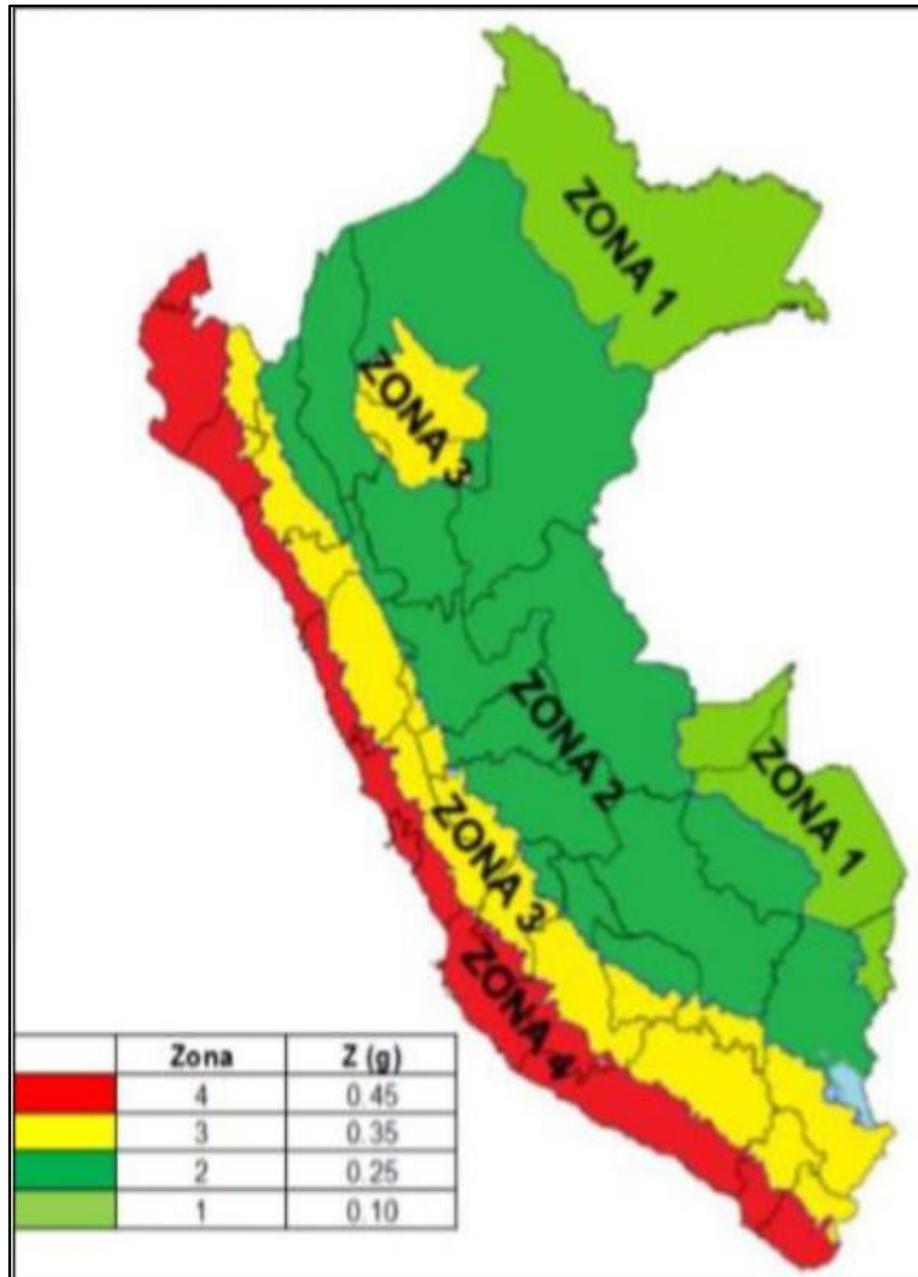
Factor de zona Perú

Zona	4	3	2	1
PGA	0,45	0,35	0,25	0,10

Nota. Fuente: (Norma Técnica E.030 Diseño Sismorresistente, 2019)

Figura 12

Zonas sísmicas



Nota. Fuente: Norma Técnica E 030 Diseño Sismorresistente, 2019.

Para encontrar la aceleración de diseño de taludes, la AASHTO y la FHWA sugieren reducir el valor a la mitad.

$$K_h = 1/2 * 0.35$$

$K_h = 0.17$

2.3. Definición de términos básicos

Hincado de rocas

Consiste en la introducción de rocas en zonas de rellenos o relaves mediante una fuerza mecánica para realizar modificaciones al suelo o darle estabilidad. (Fuente propia).

Estabilización de suelos

Según (Montejo Fonseca, 2002), con frecuencia el ingeniero debe enfrentarse con suelos que tiene que utilizar para una obra determinada y cuyas características le obligan a tomar alguna de las siguientes posibles decisiones:

- Aceptar el material tal como se encuentra, pero teniendo en cuenta en el diseño las restricciones impuestas por su calidad.
- Eliminar el material insatisfactorio o abstenerse de usarlo, sustituyéndolo por otro de características adecuadas.
- Modificar las propiedades del material existente para hacerlo capaz de cumplir en mejor forma los requerimientos deseados o, cuando menos, que la calidad obtenida sea adecuada.

Geomalla Uniaxial

Según (Pavco S.A., 2009), Las Geomallas son completamente inertes a las condiciones químicas y biológicas que se presentan normalmente en el suelo; poseen gran resistencia a los esfuerzos de tensión, soportando hasta 160 kN/m. Esto, en combinación con la capacidad del suelo de absorber los esfuerzos de compresión, dan como resultado el concepto de estructura de suelo reforzado, similar al concepto del concreto y acero de refuerzo.

Presas de Relaves o Jales.

Según (Gavidia Paredes, 2012), Son estructuras de retención de sólidos sueltos y líquidos de desecho, producto de la explotación minera, los cuales son almacenados en vasos para su decantación.

2.4. Formulación de Hipótesis.

2.4.1. Hipótesis general

Análisis de hincado de rocas y la aplicación de geomalla uniaxial en la estabilización del suelo del depósito de relave en la desmontera Excelsior del distrito de Simón Bolívar – Pasco.

2.4.2. Hipótesis Específicas

- a. El hincado de rocas refuerza el suelo del depósito de relave en la desmontera Excelsior del distrito de Simón Bolívar – Pasco.
- b. La aplicación de la geomalla uniaxial influye en la estabilización del suelo del depósito de relave de la desmontera Excelsior del distrito de Simón Bolívar – Pasco.
- c. El factor de seguridad estático y pseudo estático influye en la estabilización de suelos con hincado de rocas y aplicación de geomalla uniaxial de la desmontera Excelsior del distrito de Simón Bolívar – Pasco

2.5. Identificación de las Variables

2.5.1. Variables independientes

La variable independiente es el análisis de hincado de rocas y la aplicación de geomalla uniaxial.

2.5.2. Variables dependientes

La variable dependiente la estabilización del suelo del depósito de relave.

2.6. Definición Operacional de Variables e Indicadores

Tabla 6

Variables, Indicadores e instrumentos

VARIABLES	DEFINICIÓN	INDICADORES	INSTRUMENTOS
Independiente (X)			
X			
Análisis de hincado de rocas y la aplicación de geomalla uniaxial	Consiste en analizar el hincado de rocas y aplicación de geomalla uniaxial para mejoramiento la resistencia del suelo.	Softwares de análisis (Slider v 6.0 y Slope)	Norma C.E. 020 (2019) – Estabilidad de Suelos y Taludes
Dependiente (Y)			
Y			
estabilización del suelo.	Consiste en mejorar las propiedades físicas del suelo a por medios mecánicos, químicos, naturales o sintéticos.	. Softwares de análisis (Slider v 6.0 y Slope)	Norma C.E. 020 (2019) – Estabilidad de Suelos y Taludes Manual de Carreteras (Suelos, geología, geotecnia y pavimentos)

CAPITULO III

METODOLOGIAS Y TECNICAS DE INVESTIGACION

3.1. Tipo de investigación

Según Roberto Hernández Sampieri, Carlos Fernández Collado y Pilar Baptista Lucio (2003), la metodología que se aplica es de tipo correlacional, descriptivo y explicativo, tiene como finalidad conocer la relación que existe entre la variable dependiente y la variable independiente, es decir que en la medida que se va hincando la roca a mayor profundidad y colocando geomalla mejorará la estabilización del suelo del depósito de relave de la desmontera Excélsior del distrito de Simón Bolívar – Pasco, y descriptivo por que se tiene las características del material de relave y material de desmonte, mientras que el explicativo porque da a conocer si el mejoramiento de suelo del depósito de relave con hincado de rocas y geomalla uniaxial se encuentra estable o no por intermedio del software slider y slope.

3.2. Nivel de investigación

Los niveles de investigación se desarrollaron dentro del marco cuantitativo y no experimental mediante la recolección de datos y análisis con software la estabilidad del suelo del depósito de relave de la desmontera Excélsior.

3.3. Métodos de investigación

El método de investigación para esta tesis es cuantitativo, porque se analizan las mediciones obtenidas, se evalúan e interpretan para obtener resultados medibles para luego realizar una serie de conclusiones.

3.4. Diseño de la Investigación.

El diseño de esta investigación no experimental con diseño transeccional o transversal ya que se recolectará datos y se analizará con un software la estabilidad del suelo del depósito de relave de la desmontera Excélsior.

3.5. Población y muestra

3.5.1. Población de estudio.

Existe 9517.5 m² de área de relave que se encuentra en el pie de talud de la desmontera Excélsior, la cual se encuentra estabilizada con el hincado de roca y geomalla uniaxial.

3.5.2. Diseño muestral.

Para la muestra analizaremos desde la progresiva 0+0.00 al 0+750.00 km por 7.5 m de ancho por tanto se usará 750 m² de área de relave que se encuentra al pie de talud de la desmontera Excélsior.

3.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

La técnica e instrumentos para recolectar datos para esta tesis se basa en instrumentos normados y pruebas empíricas, la cual nos ayudará a encontrar los resultados deseados.

3.7. Técnicas de procesamiento y análisis de datos

Para el análisis de hincado de rocas y aplicación de geomalla uniaxial se realizará con los siguientes softwares:

- Software Slider v6.0
- Software Slope

Los análisis con estos softwares hincado de rocas y aplicación de geomalla uniaxial servirán para análisis de datos y las conclusiones.

3.8. Tratamiento estadístico

Los tratamientos estadísticos de los análisis de hincado de rocas y aplicación de geomalla uniaxial se realizarán en formatos Excel para la comparación de resultados.

CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Descripción del trabajo de campo

Esta investigación trata sobre el mejoramiento del suelo de relave para realizar el recrecimiento del talud del lado Este de la Desmontera Excelsior, para dicho mejoramiento se va a realizar el hincado de rocas usando excavadoras de largo alcance con la cual se hincará la rocas de 1.5 mts de diámetro a una profundidad de 5 mts a más en el pie del talud de la Desmontera Excelsior donde se encuentra depósito de relave, la roca con su peso propio se acomodará y a medida que se va colocando una roca sobre otra se logrará la estabilización de la zona donde hay relave, una vez estabilizado el terreno se colocará una capa nivelante de 30 cm de espesor de material propio proveniente de la Desmontera Excelsior, seguidamente se colocará el geotextil de 203 g/m² para luego colocar 03 capas de rellenos de 30 cm. de espesor y por cada 30 cm de capa se colocará una geomalla uniaxial de 150 kN y 400 KN, y finalmente colocar capas de 3 mts de altura de material propio para luego colocar una geomalla uniaxial de 400 KN y así sucesivamente hasta alcanzar un talud de altura variable.

4.1.1. Ubicación geográfica y política.

La Desmontera Excélsior se encuentra ubicada cerca al A.A. H.H. Champamarca, en el distrito de Simón Bolívar a una altitud de 4282 m.s.n.m. esto es en el pie del talud mientras que la última plataforma está a una altitud de 4359 m.s.n.m.

- Ubicación Política:

Distrito : Simón Bolívar
Provincia : Pasco
Región : Pasco

- Ubicación Geográfica

Latitud : 10°41'9.84"
Longitud : 76°16'15.72"
Coordenadas UTM
Este : 360992.34.
Sur : 8818446.36

- Límites de Pasco

Norte : Planta de Neutralización de aguas ácidas
Sur : Centro Poblado de Quiulacocha.
Este : Planta de Óxidos de Vólcan
Oeste : A.A. H.H. Champamarca.

Figura 13

Límite zona sur este entre Champamarca y Desmontera Excélsior

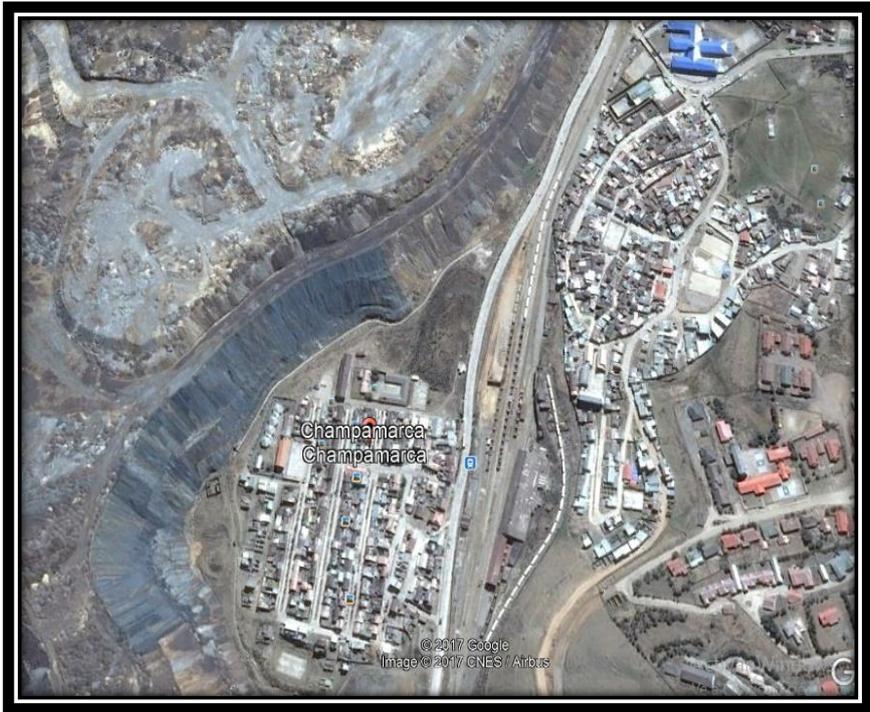
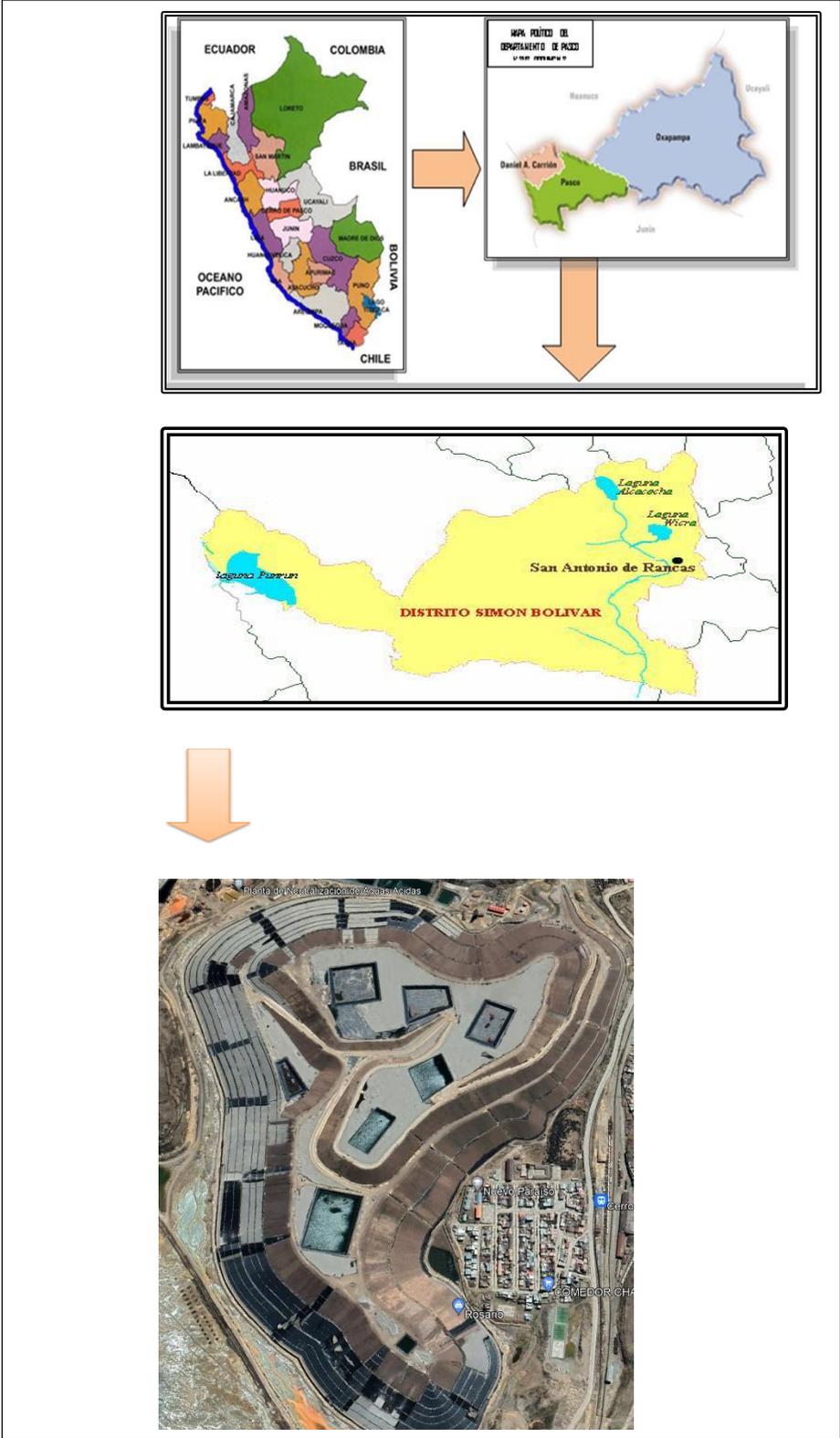


Figura 14

Ubicación – Desmontera Excélsior



4.1.2. Características de la zona

- **Localización**

La desmontera Excélsior se ubica en las estribaciones occidentales de la cordillera central en la sierra central del Perú, a 1,2 km al sur oeste de la ciudad de Cerro de Pasco, en el distrito de Simón Bolívar en la Provincia de Pasco y Región Pasco, a 370 km de Lima.

- **Geografía**

La Desmontera Excélsior cuenta con una superficie de 35,000 m² con una altitud de 4282 msnm.

- **Geología**

La región presenta una serie de fallas de gran longitud y fallas de menor magnitud.

También se encuentran una serie de plegamientos en forma de sinclinales y anticlinales que tienen extensión regional.

Estas estructuras se han formado a lo largo de diferentes etapas geológicas.

Destacan las fallas de Cerro de Pasco, Sacra Familia como las principales fallas de varios kilómetros de longitud. Plegamientos como los anticlinales de Alcacocha, Campanayoc, Carhuamayo y otros. Todas ellas, junto con los plegamientos guardan una dirección general de orientación andina.

No se han observado la existencia de fallas activas o por lo menos no se les ha detectado a la fecha.

En esta zona se han desarrollado típicas formas que corresponden a terrenos altos (Puna).

La acción predominante ha sido la actividad glaciaria que ha tratado de aplanar los relieves formando los típicos valles glaciares de suaves formas a lo largo de los cuales se han depositado los productos de la erosión glaciaria, llamados morrenas.

En el transcurso de los glaciares en su fase de retroceso han dejado una serie de depresiones que forman lagunas que inicialmente se deben a las acumulaciones de hielo que se derritieron los que se mantienen por recarga pluvial y filtraciones de los terrenos circundantes.

Dentro del área del Proyecto se encuentran las siguientes seis unidades litoestratigráficas:

- **Depósitos detríticos fluvio- aluviales** formados por gravas, arena, arcilla y limo, generalmente mezcladas heterogéneamente, inconsolidados cubriendo ligeramente a las formaciones rocosas.
- **Rocas de la Formación Casapalca** representada por el conglomerado de Chuco el que contiene fragmentos calcáreos en mayor proporción, areniscas, rojizas, cuarcitas y filitas, todos cementados en una matriz calcárea. Esta formación abarca gran parte del área del Proyecto.
- **Grupo Goyllarisquizga** formada por areniscas y calizas en menor proporción.
- **Grupo Pucará** tiene esencialmente calizas, a veces masiva, presente superficies kársticas. Ocupa también importante extensión de la parte oriental del área.

- **Grupo Mitu** ocupa una franja pequeña en la parte Sur- Oeste del área y contiene areniscas rojizas.
- **Grupo Excélsior**, las rocas del mayor antigüedad de área compuesta de pizarras y filitas intercaladas con capas cuarcíticas. Ocupa una buena parte de la extensión del proyecto.

En este aspecto la zona no presenta situaciones de inestabilidad, inminente, salvo las que corresponden a la geodinámica interna como es el caso de los sismos que puedan afectar a las obras, en algún grado y a los posibles hundimientos (dolinas) de los terrenos calcáreos.

En cuanto a la consistencia del lecho de roca sobre la que se encuentran tanto las acumulaciones de desmonte como de relaves se puede afirmar que son suficientemente resistentes las rocas que la conforman.

Están compuestas por rocas de la formación Casapalca y del Grupo Excélsior formadas por metamórficas y conglomerados cementados.

Presentan pocos efectos moderados del intemperismo y sus fracturaciones se reducen mayormente a fisuras y fracturas apretadas que mantienen la conformación masiva de las rocas en forma estable.

Además, en la zona misma, sobre la que se encuentran los depósitos de desmonte y relaves no tiene presencia de fallas, de tal manera que no es de temer inestabilidad directa causada por la presión de las cargas depositadas encima.

- **Clima**

El clima es frígido debido a su ubicación sobre el nivel del mar, con una temperatura media anual de 3° C. las lluvias son frecuentes durante los meses de octubre, noviembre, diciembre, enero, febrero, marzo y abril y época de verano o estiaje en los meses de mayo a setiembre.

- **Geoquímica**

El PN (Potencial de Neutralización), está definido como la capacidad de un material para neutralizar la acidez, que depende exclusivamente de su contenido de materiales consumidores de ácido tales como carbonatos, óxidos, hidróxidos, etc., se determina experimentalmente, mediante adición de un ácido a una muestra del mineral considerado y titulación del ácido no consumido con una solución de Hidróxido de Sodio (NaOH) de concentración conocida.

PN Potencial de Neutralización.

PA Potencial de Generación de Acidez.

PNN Potencial Neto de Neutralización.

Tabla 7

Criterio de estabilidad geoquímica

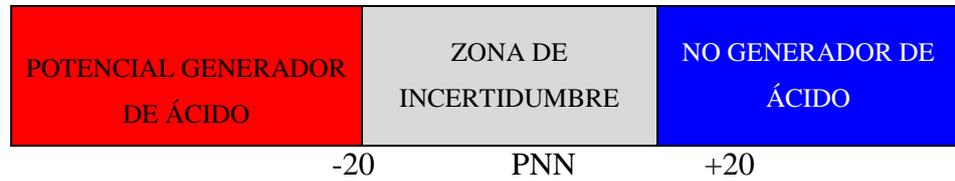
Valores	Interpretación
PNN >+ 20	No generará drenaje ácido
PNN < -20	Si generará drenaje ácido
-20 < PNN < +20	Incertidumbre, puede o no generar drenaje ácido

Nota. Fuente: Cesel Ingenieros, 2017

Las unidades del PN, PA, PNN están en kg de CaCO₃/TM

Figura 15

Unidades del PN,PA, PNN



Nota. Fuente: Cesel Ingenieros, 2017

Esta caracterización geoquímica permite definir el tipo de cierre que se tenga que aplicar a cada componente. Los objetivos trazados en el estudio están enmarcados dentro de los conceptos del sostenimiento de la estabilidad química en el tiempo.

Para la determinación del Potencial Neto de Neutralización (PNN) se tomaron 4 muestras representativas del depósito de desmonte Excélsior, las cuales se analizaron en los Laboratorios de Espectrometría de la Facultad de Ing. Geológica, Minera y Metalúrgica de la Universidad Nacional de Ingeniería (UNI).

- **Hidrología**

El Estudio Hidrológico de la cuenca Quiulacocha, tiene por objetivo estimar los caudales de máximas avenidas para determinar los caudales de diseño de las obras hidráulicas requeridas para el Depósito de Desmontes Excélsior, ubicados en la parte media de la cuenca.

- **Parámetros Geomorfológicos**

Para el estudio de la cuenca de interés Quiulacocha se procedió a calcular los parámetros geomorfológicos, los que se describen a continuación.

Tabla 8*Resumen de los parámetros geomorfológicos.*

Parámetros	Símbolo	Cuenca	Unidades
		Quiulacocha	
Área	A	15,43	km ²
Perímetro	P	19,78	km
Cota máxima	---	4.450	msnm
Cota mínima	---	4.250	msnm
Longitud de cauce	L	6,94	km
Diferencia de altura	ΔH	200	m
Coefficiente de compacidad	K_c	1,42	---
Ancho medio	W	2,22	km
Factor de forma	F_f	0,32	km
Pendiente del curso principal	S	0,03	m/m

Nota. Fuente: Cesel Ingenieros, 2017

4.1.3. Zona de estudio

De acuerdo al enrocado que se realizó en la zona sur oeste de la desmontera Excélsior se definió 4 zonas las cuales se mencionan a continuación y se muestran en la figura 16.

- Zona 1: progresiva 0+120 – 0+160
- Zona 2: progresiva 0+220 – 0+340
- Zona 3: progresiva 0+420 – 0+500
- Zona 4: progresiva 0+500 – 0+675

Figura 16

Zonas a Analizar



Nota. Adaptado de Activos Mineros SAC, (<https://www.amsac.pe/pasco-activos-mineros-inicia-remediacion-ambiental-de-desmontera-excelsior/>)

4.1.4. Estudio de suelos

Los estudios de suelos realizados al relleno para el levantamiento del talud en la zona sur oeste de la Desmontera Excélsior, para el modelamiento de los taludes en el software slide y slope.

Se realizaron 03 calicatas a cielo abierto del material propio que se relleno durante el recrecimiento del talud.

En el muestreo se logró proporcionar muestras disturbadas de cada uno de los tipos de suelos encontrados (Mab), en cantidad suficiente como para realizar los ensayos de clasificación e identificación de suelos.

Registro de Excavación.

Paralelamente al muestreo, de todas las muestras de calicatas, se realizó el registro de las Calicatas, bajo la Norma A.S.T.M. D 2488 (Procedimiento Visual-Manual, Descripción e Identificación de Suelos), anotándose las principales características de los tipos de suelos encontrados, tales como: espesor, humedad, compacidad, dilatación, plasticidad la muestra fue proporcionada por el solicitante y otros.

4.1.4.1. Ensayos de laboratorio

Los ensayos realizados en nuestro laboratorio de suelos y concreto fueron desarrollados con fines de determinar la clasificación del suelo por medio de Humedad Natural, Análisis Granulométrico por el método de tamizado, así como la determinación de sus constantes físicas como son los ensayos de determinación de limite líquido y limite plástico, las muestras y estratos extraídos del terreno de fundación sirvieron para la realización los ensayos.

Es en realidad en el Laboratorio de Mecánica de Suelos, que se logra tener los datos definitivos de las características del suelo para el respectivo análisis y conclusión final; en esta etapa primeramente al realizar las pruebas de clasificación de suelos (Método SUSC y AASHTO).

Los ensayos Estándar de laboratorio se realizaron en el Laboratorio de Mecánica de Suelos de ZEMCO INGENIEROS SAC. bajo

las Normas A.S.T.M. (American Society For Testing and Materials). Y Normas Técnicas Peruanas.

- **Ensayos estándar**

Se realizaron los siguientes ensayos:

- 03 análisis Granulométrico (ASTM D-422).
- 03 ensayos de Límite Líquido, Límite Plástico e índice plasticidad (ASTM D-4318).
- 03 ensayos de Contenido de humedad (ASTM D-2216).
- Peso específico (ASTM D854 – 14)
- 03 ensayos de Corte Directo (ASTM D 3080).

4.1.4.2. Mejoramiento de suelos

Los trabajos a ejecutar en la zona de mejoramiento etapa 01, consiste en identificar las progresivas, ancho de plataforma que le corresponde a cada progresiva, la profundidad de la zona y su tipo de intervención para contar con la cantidad de roca a usar.

Es por tal motivo que la planificación para la operación es un proceso fundamental para el desarrollo del proyecto y la buena ejecución de ataque que permitirá el normal desarrollo de la obra y la estabilización de la zona de relave donde recrecerá el talud.

Tabla 9

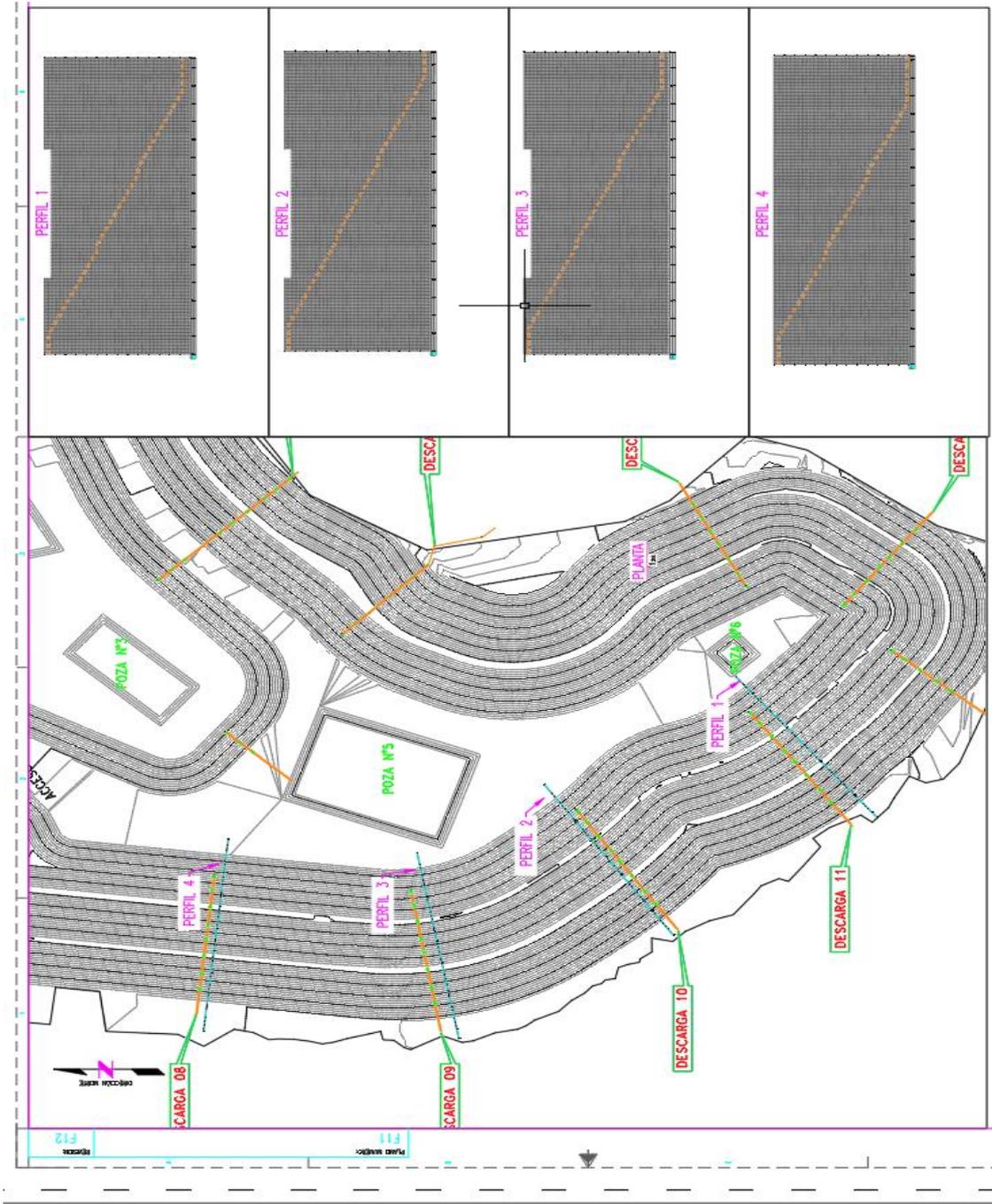
Ancho de mejoramiento

Progresivas	Ancho	Tipo
0+000 – 0+120	10.0	II
0+120 – 0+160	20.0	IV
0+160 – 0+220	25.0	V
0+220 – 0+340	10.0	II
0+340 – 0+500	15.0	III
0+500 – 0+570	10.0	II
0+570 – 0+675	5.0	I
0+675 – 0+730	10.0	II
0+730 – 0+870	5.0	I
0+870 – 0+980	10.0	II
0+980 – 1+040	15.0	III
1+040 – 1+190	10.0	II
1+190 – 1+214	5.0	I

De acuerdo a las progresivas tomadas en campo se tiene 13 zonas donde se realizará el enrocado, encontrando que las zonas más profundas o con relave son desde la progresiva 0+120 hasta la progresiva 0+420 con una profundidad aproximada de 10 mts.

Figura 18

Secciones a analizar



4.14.3. Secuencia operativa

Aplica especialmente para el caso de refuerzo de subrasantes; inicialmente se deben corregir las irregularidades existentes en el terreno. Se recomienda remover piedras y demás materiales protuberantes que se encuentran en la superficie. Para llegar a la rasante de diseño se recomienda excavar o rellenar, El terreno será nivelado, materializado con progresivas, pasará a proceso de humedecimiento por GRAVEDAD de la plataforma existente para ser perfilado con equipo motoniveladora Finalmente será regado por aspersion de acuerdo a la humedad optima del suelo para ser compactado mínimo como superficie de terreno que recibirá 05 pasadas llegando a una densidad de campo no menor al 80% del Proctor modificado similar a un terreno natural.

4.1.4.4. Colocación de la capa nivelante (e=10 cm).

La colocación de la capa nivelante que es un material de préstamo de material selecto, que será colocada con volquetes, extendido y removido con el espesor especificado después de la preparación del terreno la capa que servirá como plataforma definitiva para colocar las Geomalla uniaxial Requisitos Mínimos del material para capa nivelante

- Granulometría: tamaño de piedra hasta 2”
- Limite liquido: hasta 40%
- Índice plástico de preferencia 9-11%
- Compactación: 95 % del Proctor modificado.

4.1.4.5. Colocación de la capa nivelante (e=10 cm).

La Geomalla de calidad rectangular o triangular uniforme conformando una estructura abierta que permite al suelo pasar a través del plano; el arreglo está conformado por tiras o costillas de material unidos en un punto llamado nodo, los principales materiales de fabricación son el Poliéster, el Polipropileno y Polietileno de alta densidad.

La función principal de una Geomalla es trabajar a trabazón con el suelo, limitando su desplazamiento horizontal, absorbiendo y distribuyendo los esfuerzos en un área mayor, logrando un incremento de la capacidad de soporte. En suma, el sistema suelo reforzado ofrece mayor resistencia a las cargas estáticas y dinámicas.

La Geomalla UNIAXIAL será tendido después de haber realizado pruebas de densidad de campo en la capa nivelante.

Tabla 10

Propiedades de la Geomalla Uni axial especificada según el expediente:
150 kN/m²

Propiedades mecánicas	Unidad	Ensayo	150/30
Resistencia longitudinal a la tracción	kN/m	ASTM D6637	150
Deformación a la rotura	%	ASTM D6637	≤ 11
Resistencia transversal a la tracción	kN/m	ASTM D6637	30
Propiedades físicas	Unidad	Ensayo	150/30
Abertura nominal de la malla longitudinal	mm		21
Abertura nominal de la malla transversal	mm		25
Propiedades a largo plazo	Unidad	Ensayo	150/30
Factor reducción, fluencia – creep	-----	ASTM D5262	1.43

Factor reducción, durabilidad	-----	FHWA RD 97-	1.15
		144	
Factor reducción, daños de instalación	-----	ASTM D5818	1.03
Factor reducción total			1.69
Resistencia a largo plazo	kN/m		88.0

Nota Fuente: Especificaciones técnicas del Expediente técnico, Cesel ingenieros 2017.

4.1.4.6. Colocación de geotextil

El geotextil es una tela permeable y flexible de fibras sintéticas, principalmente Polipropileno y Poliéster, las cuales se pueden fabricar de forma no tejida, para nuestro proyecto es la especificación: 203 gr/cm²

La correcta funcionalidad de los geotextiles. lineales depende de que su instalación sea la apropiada. Estas técnicas de instalación no suelen ser complejas, no obstante, la mayoría de los defectos del geotextil localizados en las plataformas y vias ocurren debido a una irregular instalación. En los casos en los que los geotextiles sufran algún deterioro y sea colocado evidentemente provocará deformaciones prematuras sobre la plataforma.

Para evitar este tipo de incidencias el geotextil debe encontrarse en todo momento siempre en su envoltura de protección para evitar la acción de los agentes de erosión y otros materiales que puedan afectar a sus propiedades técnicas durante su transporte y/o almacenamiento antes de su colocación final. Igualmente, estos rollos deben ser perfectamente marcados y controlados para su identificación.

Antes de la colocación de cualquier geotextil la superficie donde se vaya a realizar su aplicación debe de ser perfectamente acondicionada,

siendo limpiada eliminando restos de rocas, cantos y demás objetos sobrantes. Tras esto, el geotextil se extiende en dirección del avance de la construcción de la vía o plataforma de forma totalmente plana, sin arrugas y evitando dobleces. Por otro lado, en caso de necesidad de añadir nuevo adyacentes de geotextil, estos se deberán de superponer (solape) y si se quiere asegurar que no se mueva antes de añadir el material de aporte, se puede soldar ó coser.

Cuando los geotextiles ya han sido implementados sobre el suelo del área de mejoramiento, este debería de ser cubierto cuanto antes para evitar su degradación por rayos UV u otros agentes externos, tratando de evitar su exposición a la intemperie más de 3 días.

4.1.4.7. Colocación de capas de material (e=0.30 mts)

El material de recubrimiento del geotextil debe de tener un espesor de 20 cm para su primera capa. Dicho material será compactado para posteriormente continuar con el siguiente material 10 cm consiguiendo llegar hasta 30 cm con esta acción hasta conseguir la altura indicada según las especificaciones del proyecto al compactar el geotextil, para los suelos con importantes deformaciones el geotextil deberá de absorber la tensión reforzando las zonas más irregulares.

Durante su proceso de instalación que van a ser pisados por maquinarias deberían de ser provistas de llantas y nunca pies de oruga.

Igualmente, dicho desplazamiento de las máquinas debe de ser a baja velocidad cortos recorridos.

Igualmente debe de ser evitado el contacto directo con maquinaria. Para ello se recomienda un espesor mínimo de 20 cm de

material entre las llantas de las maquinarias y la superficie del geotextil. Una vez colocado el material granular, el mismo deberá de ser extendido y compactado.

4.2. Presentación, análisis e interpretación de resultados

4.2.1. Diseño de la estabilidad de taludes en el software slide y software slope.

Se mostrará los ensayos realizados a los diferentes tipos de suelos y a la roca que se usó para el reforzamiento den la zona sur oeste de la desmontera Excélsior.

Para los trabajos de estabilidad de taludes emplearemos dos softwares como son el Slide y el Slope para identificar el factor de seguridad y la inestabilidad global y la inestabilidad local, así como también se realizará el análisis de estabilidad de talud estático y Pseudo estático para todas las progresivas identificadas como las más inestables.

El diseño se realizará sin reforzamiento y con reforzamiento para las progresivas siguientes:

- Progresiva 0+120 – 0+160
- Progresiva 0+220 – 0+340
- Progresiva 0+420 – 0+500
- Progresiva 0+500 – 0+675

4.2.1.1. Falla global de talud sin reforzamiento – Estático.

La falla global de talud global se diseñará desde la cresta del talud con el método circular sin ningún reforzamiento, para verificar si la estabilidad del talud cumple con las condiciones del factor de seguridad que indica la norma AASHTO.

Este diseño se realizará en ambos softwares como son el slide y el slope que nos ayudarán a comprobar la estabilidad del talud y como indicamos anteriormente estos diseños se aplicarán a los taludes más desfavorables que cuenta el proyecto.

- Zona 1: progresiva 0+120 – 0+160 – sin reforzamiento.

Tabla 11

Análisis de Estabilidad de Taludes – Falla Global

Análisis de Estabilidad de taludes – sin reforzamiento					
Tipo de análisis	Suelo	γ suelo (kN/m ³)	C (kN/m ²)	Φ	FS
Estático	GP-GC, A-2-6(0)	21,08	20,43	30,39	
	GP-GC, A-2-4(0)	21,48	20,43	30,39	1,604
	Morrena	21,00	20,00	36,00	1,605
	Relave	23,68	0,00	20,27	

Figura 19

Análisis Estático – Software Slide

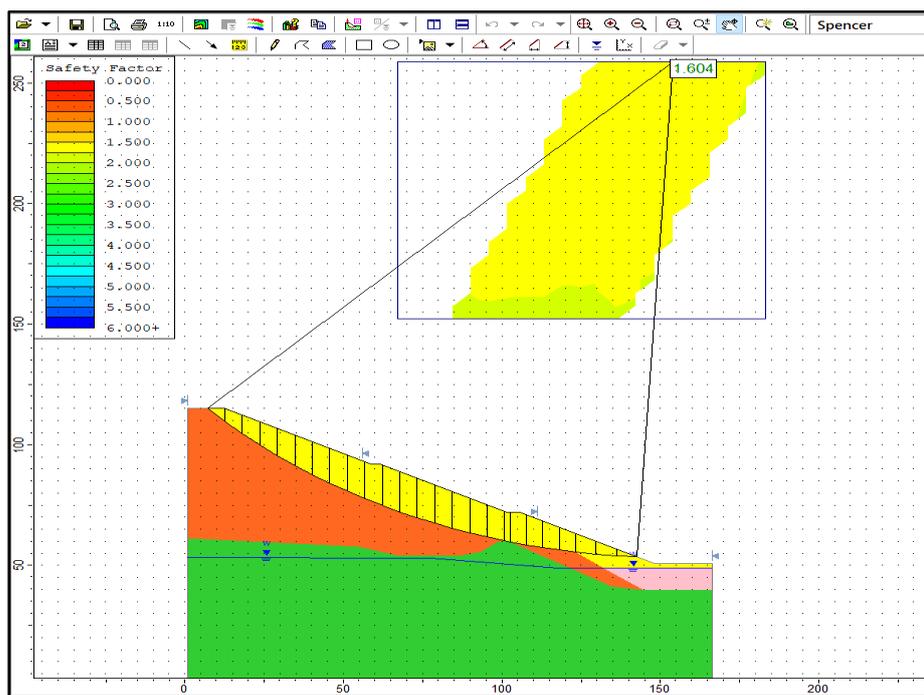
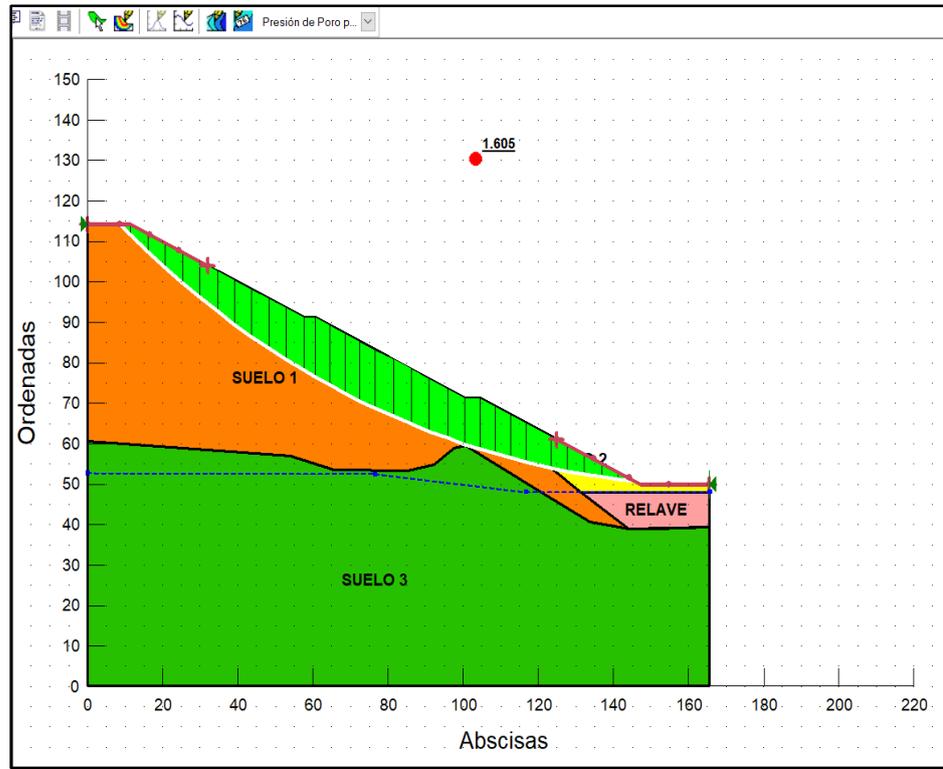


Figura 20

Análisis Estático - Software Slope



El diseño del talud sin reforzamiento en el software Slide y Slope que se encuentra en la progresiva 0+120 – 0+160 cuenta con el siguiente factor de seguridad:

Tabla 12

Factor de seguridad - progresiva 0+120 - 0+160

Factor de seguridad	
Slide	Slope
1.604	1.605

- Zona 2: progresiva 0+220 – 0+340 – sin reforzamiento.

Tabla 13

Análisis de Estabilidad de Talud – Falla Global

Análisis de Estabilidad de taludes – sin reforzamiento					
Tipo de análisis	Suelo	γ suelo (kN/m ³)	C (kN/m ²)	Φ	FS
Estático	GP-GC, A-2-6(0)	21,08	20,43	30,39	1,593
	GW-GC, A-2-6(0)	21,28	19,39	30,66	
	Morrena	21,00	20,00	36,00	
	Relave	23,68	0,00	20,27	

Figura 21

Análisis Estático - Software Slide

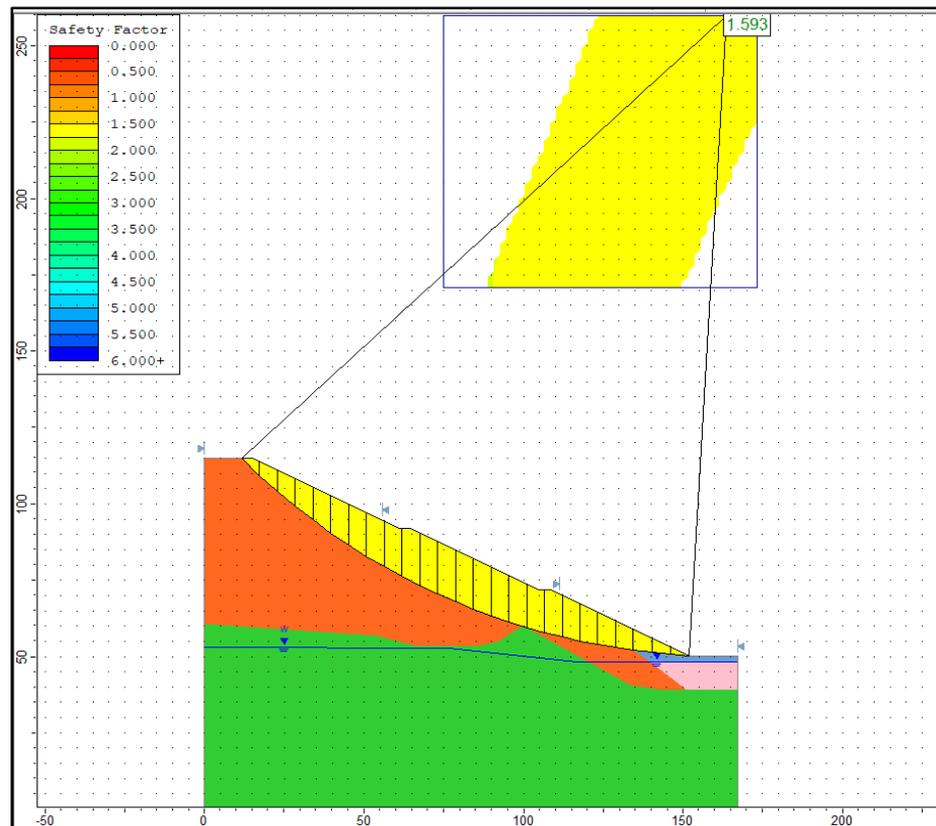
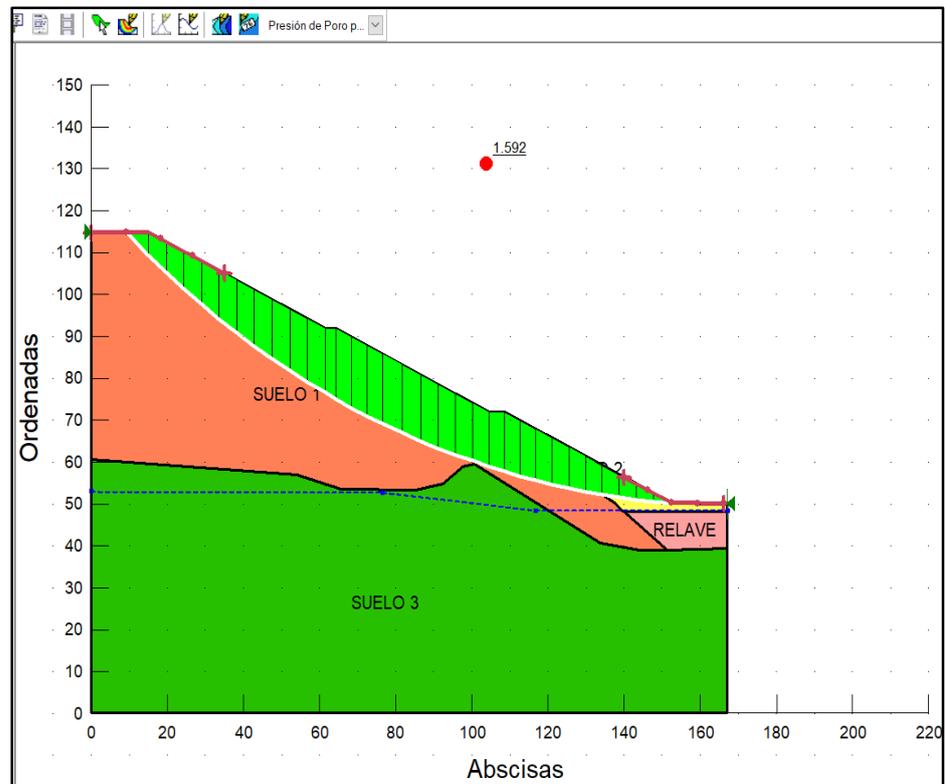


Figura 22

Análisis Estático - Software Slope



El diseño del talud sin reforzamiento en el software Slide y Slope que se encuentra en la progresiva 0+220 – 0+340 cuenta con el siguiente factor de seguridad:

Tabla 14

Factor de seguridad - progresiva 0+220 - 0+340

Factor de seguridad	
Slide	Slope
1,593	1,592

- Zona 3: progresiva 0+420 – 0+500 – sin reforzamiento.

Tabla 15

Análisis de Estabilidad de Talud – Falla Global

Análisis de Estabilidad de taludes – sin reforzamiento					
Tipo de análisis	Suelo	γ suelo (kN/m ³)	C (kN/m ²)	Φ	FS
Estático	GP-GC, A-2-4(0)	21,48	20,43	30,39	1,605
	GW-GC, A-2-6(0)	21,28	19,39	30,66	
	Morrena	21,00	20,00	36,00	
	Relave	23,68	0,00	20,27	

Figura 23

Análisis Estático - Software Slide

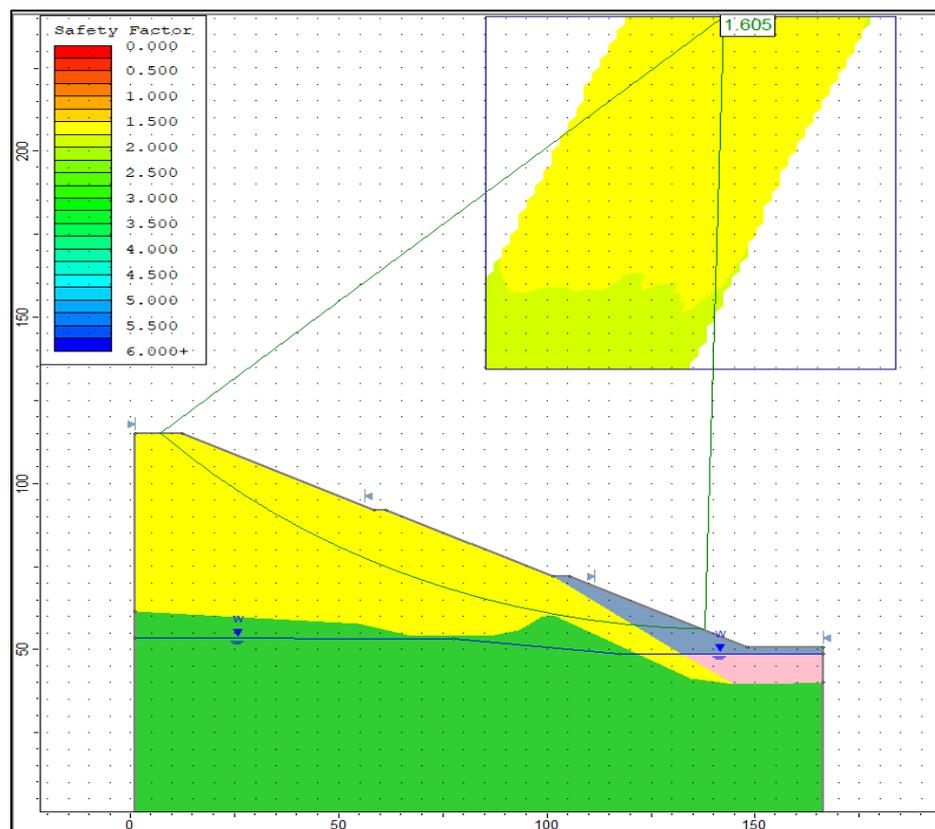
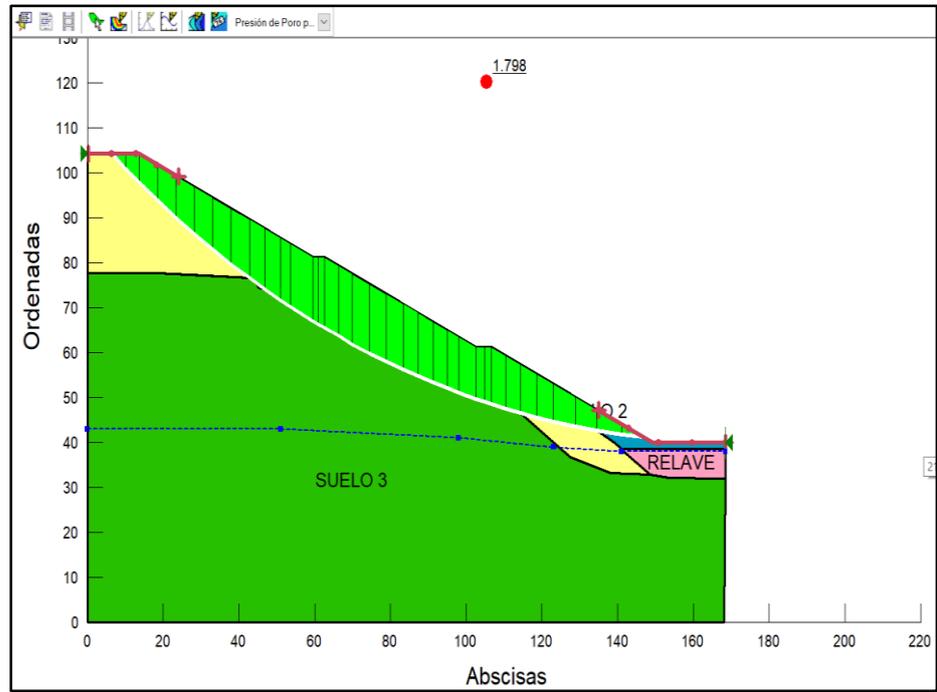


Figura 24

Análisis Estático - Software Slope



El diseño del talud sin reforzamiento en el software Slide y Slope que se encuentra en la progresiva 0+420 – 0+500 cuenta con el siguiente factor de seguridad:

Tabla 16

Factor de seguridad - progresiva 0+420 - 0+500

Factor de Seguridad	
Slide	Slope
1,605	1,798

- Zona 4: progresiva 0+500 – 0+675 – sin reforzamiento

Tabla 17

Análisis de Estabilidad de Talud – Falla Global

Análisis de Estabilidad de taludes – sin reforzamiento					
Tipo de análisis	Suelo	γ suelo (kN/m ³)	C (kN/m ²)	Φ	FS
Estático	GW-GC, A-2-6(0)	21,28	19,39	30,66	1,841
	GP-GC, A-2-6(0)	21,08	20,43	30,39	
	Morrena	21,00	20,00	36,00	
	Relave	23,68	0,00	20,27	

Figura 25

Análisis Estático - Software Slide

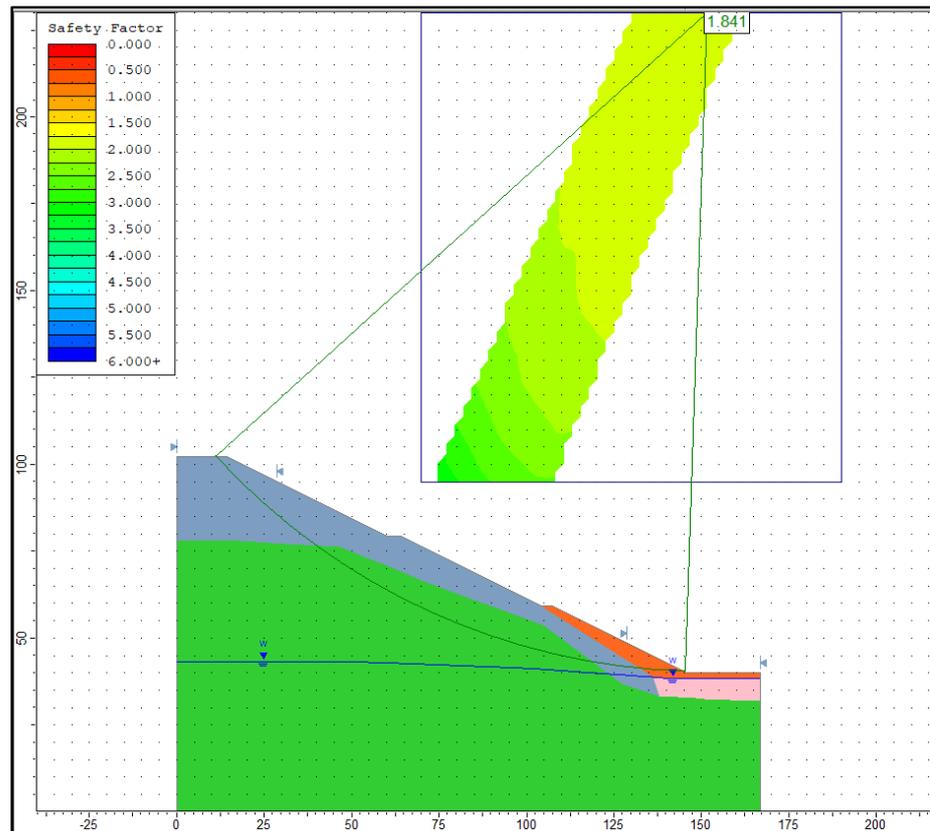
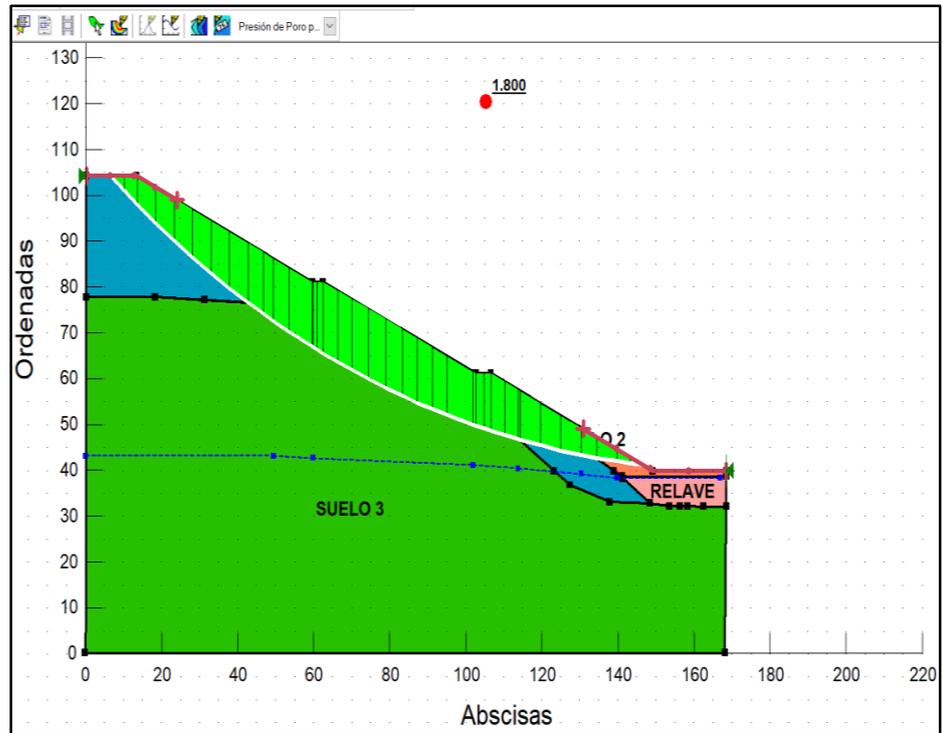


Figura 26

Análisis Estático - Software Slope



El diseño del talud sin reforzamiento en el software Slide y Slope que se encuentra en la progresiva 0+500 – 0+675 cuenta con el siguiente factor de seguridad:

Tabla 18

Factor de seguridad - progresiva 0+500 - 0+675

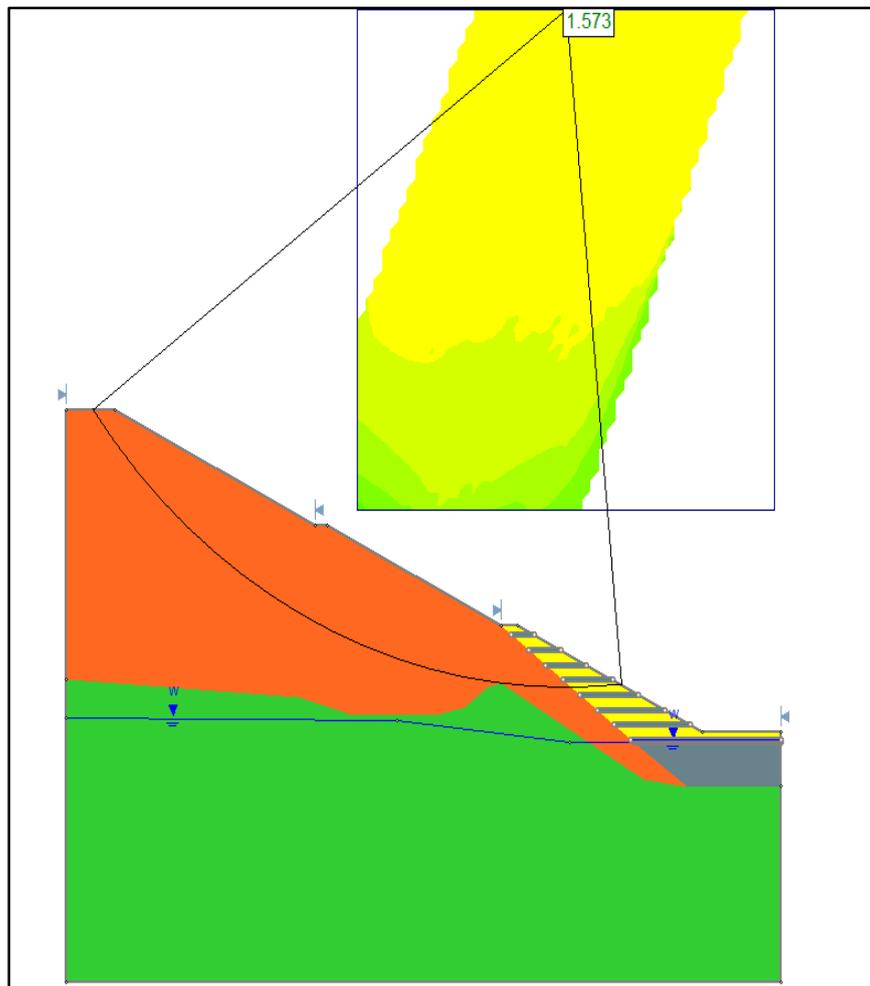
Factor de Seguridad	
Slide	Slope
1,841	1,800

4.2.1.2. Falla Global de talud con Reforzamiento – Estático.

Para el diseño de falla global de talud con reforzamiento para un método circular se usará los softwares slide y slope donde nos permitirá saber con exactitud el factor de seguridad del talud reforzado con roca y geomalla.

Tabla 19

Talud con reforzamiento



- Zona 1: progresiva 0+120 – 0+160 – con reforzamiento.

Tabla 20

Análisis de Estabilidad de Talud – Falla Global

Análisis de Estabilidad de taludes – con reforzamiento					
Tipo de análisis	Suelo	γ suelo (kN/m ³)	C (kN/m ²)	Φ	FS
Estático	GP-GC, A-2-6(0)	21,08	20,43	30,39	1,656
	GP-GC, A-2-4(0)	21,48	20,43	30,39	
	Morrena	21,00	20,00	36,00	
	Geomalla				
	Roca	30,01	304,01	30,14	

Figura 27

Análisis Estático - Software Slide

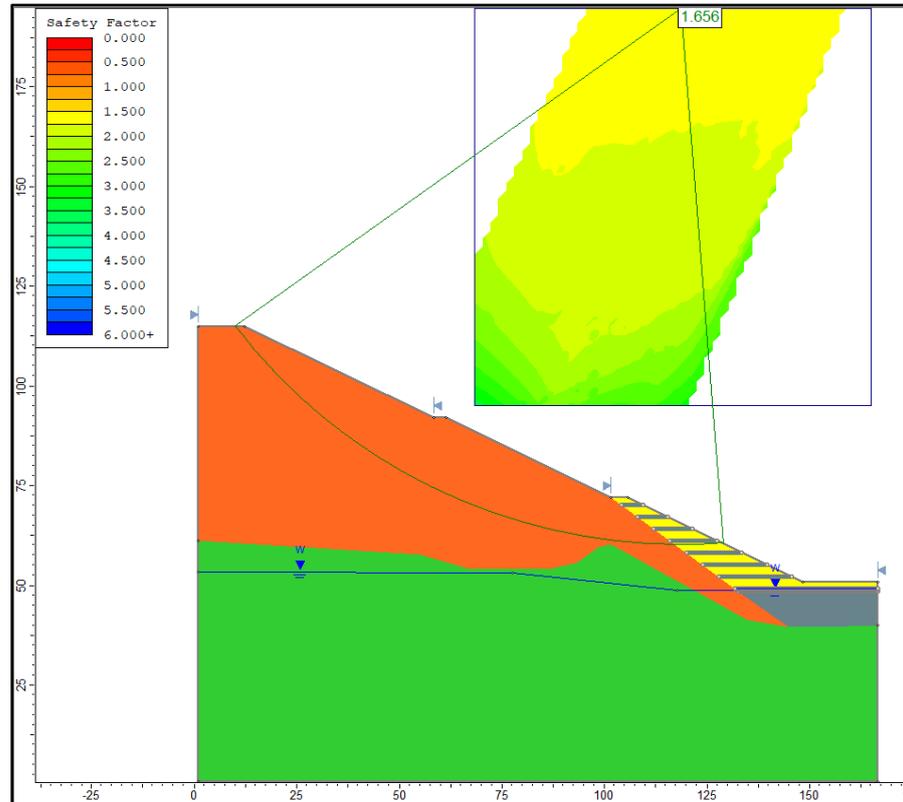
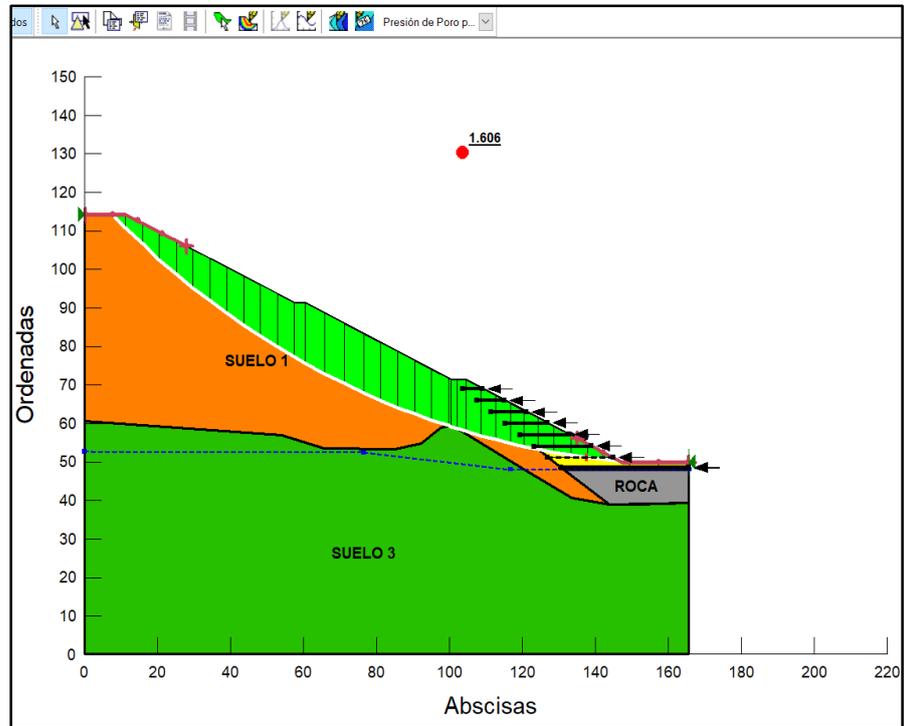


Figura 27

Análisis Estático - Software Slope



El diseño del talud con reforzamiento en el software Slide y Slope que se encuentra en la progresiva 0+120 – 0+160 cuenta con el siguiente factor de seguridad:

Tabla 21

Factor de seguridad - progresiva 0+120 - 0+160

Factor de Seguridad	
Slide	Slope
1,656	1,606

- Zona 2: progresiva 0+220 – 0+340 – con reforzamiento.

Tabla 22

Análisis de Estabilidad de Talud – Falla Global

Análisis de Estabilidad de taludes – con reforzamiento					
Tipo de análisis	Suelo	γ suelo (kN/m ³)	C (kN/m ²)	Φ	FS
Estático	GP-GC, A-2-6(0)	21,08	20,43	30,39	1,598
	GW-GC, A-2-6(0)	21,28	19,39	30,66	
	Morrena	21,00	20,00	36,00	
	Geomalla				
	Roca	30,01	304,01	30,14	

Figura 29

Análisis Estático - Software Slide

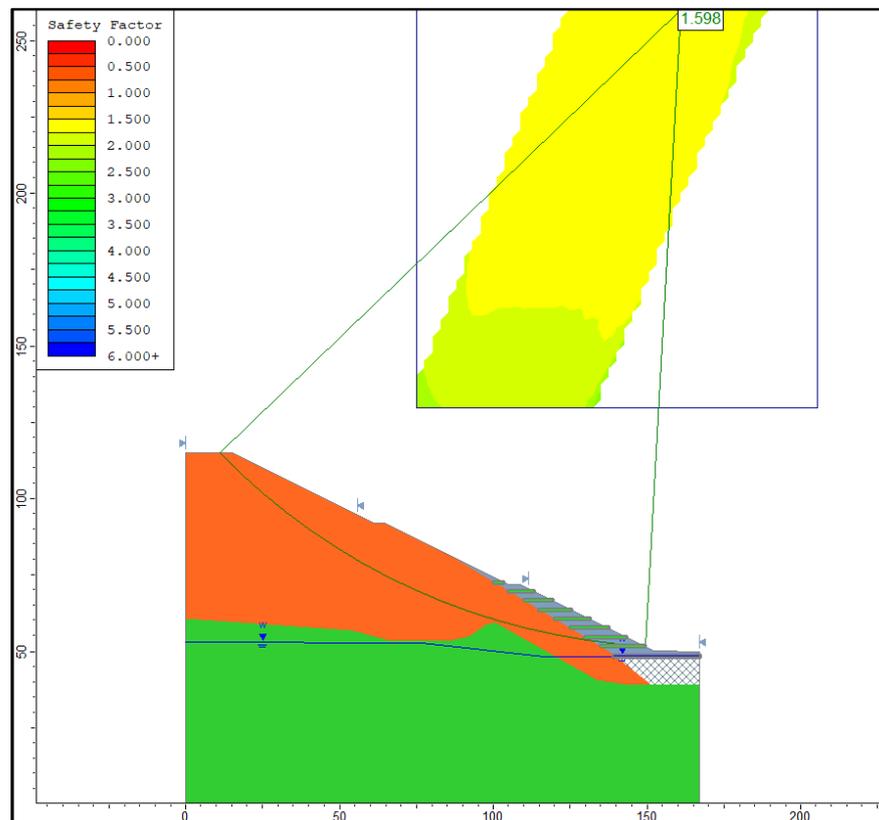
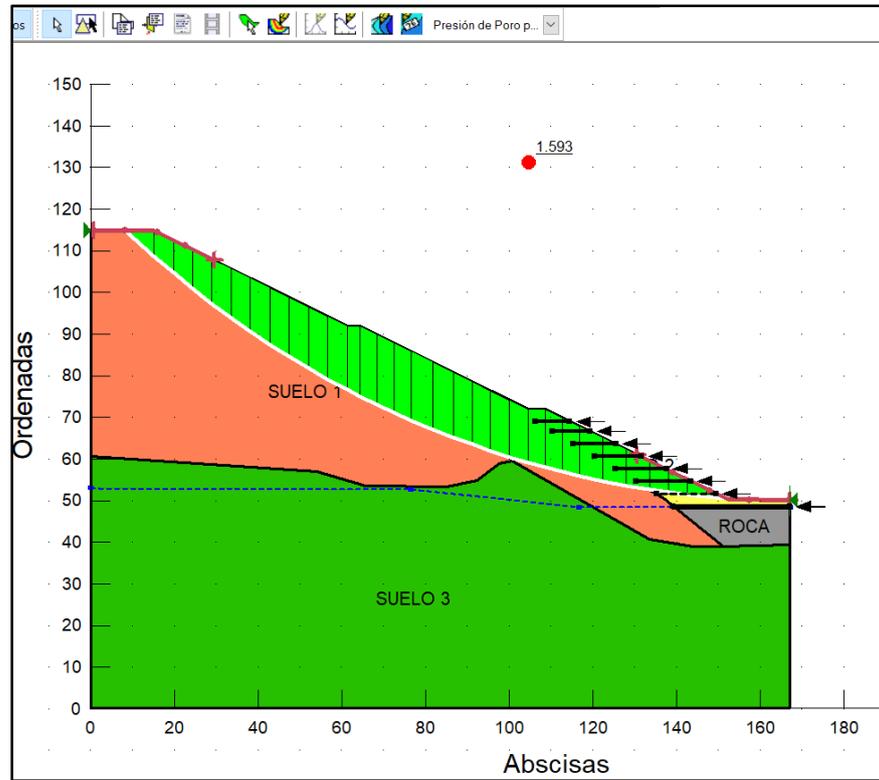


Figura 30

Análisis Estático - Software Slope



El diseño del talud con reforzamiento en el software Slide y Slope que se encuentra en la progresiva 0+220 – 0+340 cuenta con el siguiente factor de seguridad:

Tabla 23

Factor de seguridad - progresiva 0+220 - 0+340

Factor de seguridad	
Slide	Slope
1,598	1,593

- Zona 3: progresiva 0+420 – 0+500 – con reforzamiento.

Tabla 24

Análisis de Estabilidad de Talud – Falla Global

Análisis de Estabilidad de taludes – con reforzamiento					
Tipo de análisis	Suelo	γ suelo (kN/m ³)	C (kN/m ²)	Φ	FS
Estático	GP-GC, A-2-4(0)	21,48	20,43	30,39	1,605
	GW-GC, A-2-6(0)	21,28	19,39	30,66	
	Morrena	21,00	20,00	36,00	
	Geomalla				
	Roca	30,01	304,01	30,14	

Figura 31

Análisis Estático - Software Slide

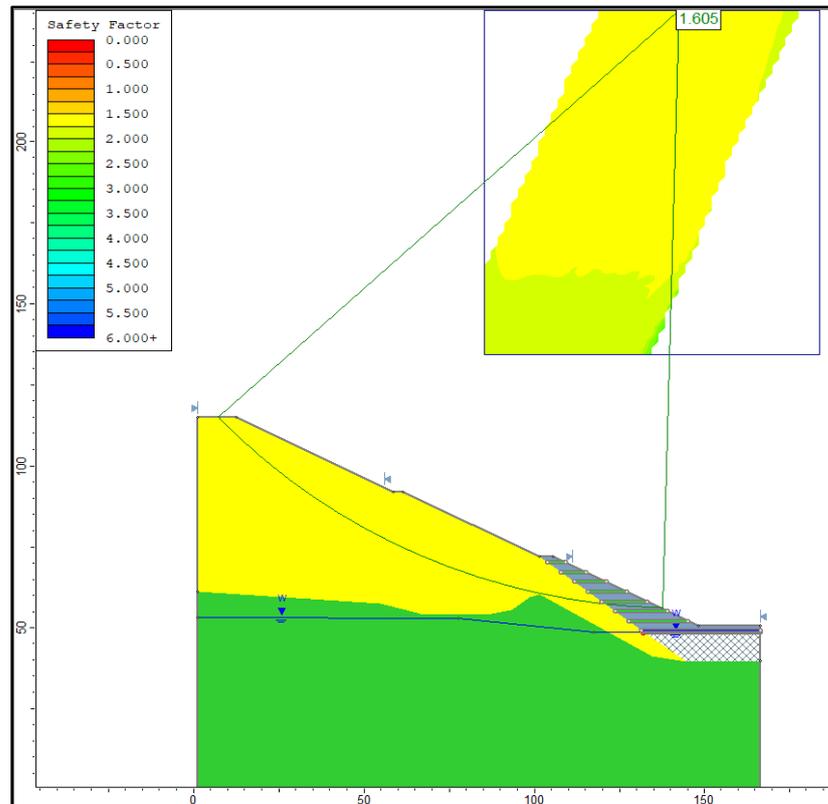
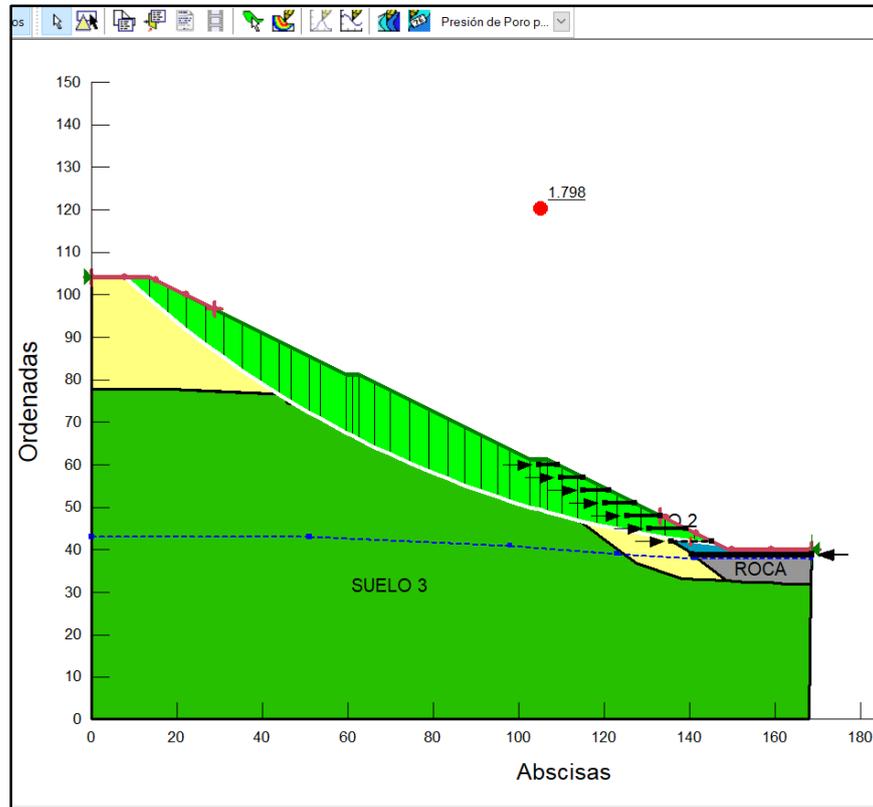


Figura 32

Análisis Estático - Software Slope



El diseño del talud con reforzamiento en el software Slide y Slope que se encuentra en la progresiva 0+420 – 0+500 cuenta con el siguiente factor de seguridad:

Tabla 25

Factor de seguridad - progresiva 0+420 - 0+500

Factor de seguridad	
Slide	Slope
1,605	1,798

- Zona 4: progresiva 0+500 – 0+675 – con reforzamiento

Tabla 26

Análisis de Estabilidad de Talud – Falla Global

Análisis de Estabilidad de taludes – con reforzamiento					
Tipo de análisis	Suelo	γ suelo (kN/m ³)	C (kN/m ²)	Φ	FS
Estático	GW-GC, A-2-6(0)	21,28	19,39	30,66	1,958
	GP-GC, A-2-6(0)	21,08	20,43	30,39	
	Morrena	21,00	20,00	36,00	
	Geomalla				
	Roca	30,01	304,01	30,14	

Figura 33

Análisis Estático - Software Slide

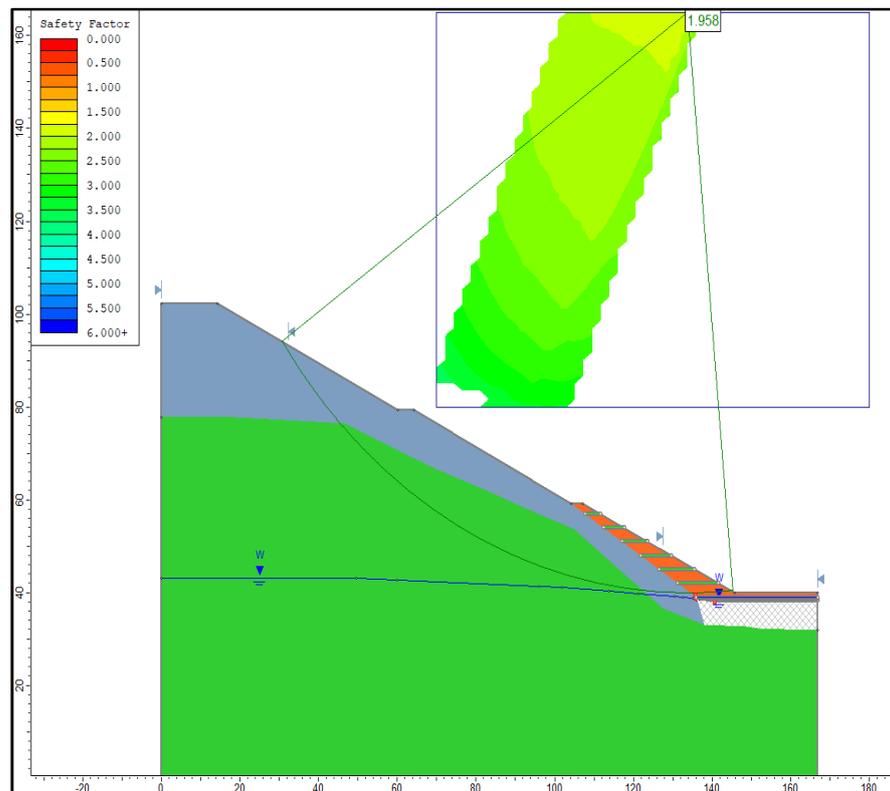
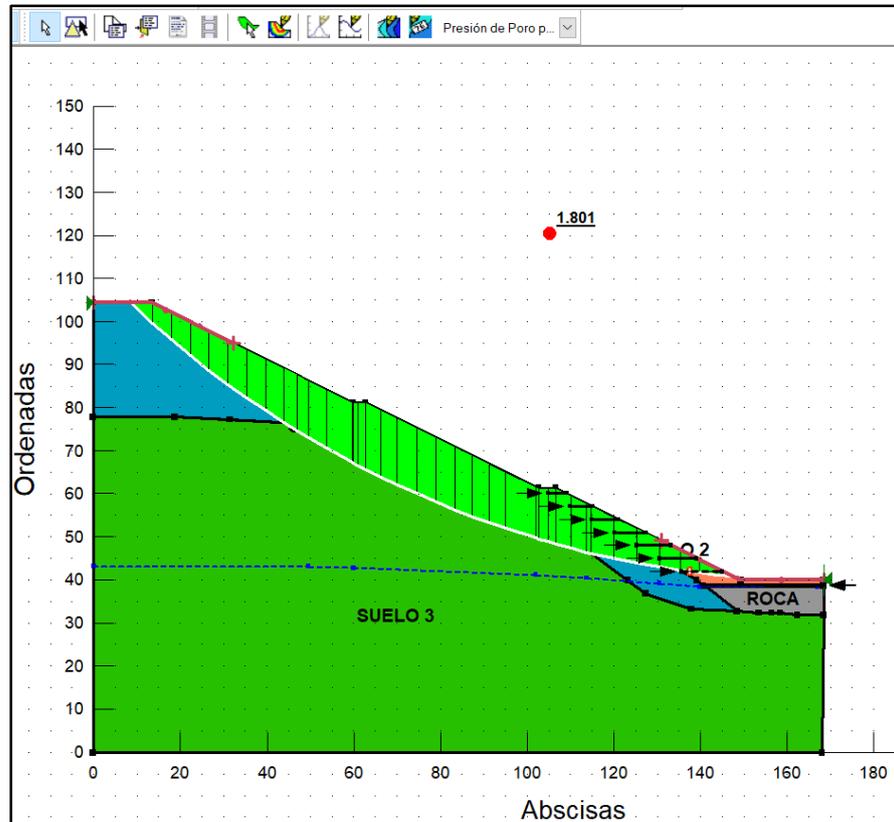


Figura 34

Análisis Estático - Software Slope



El diseño del talud con reforzamiento en el software Slide y Slope que se encuentra en la progresiva 0+500 – 0+675 cuenta con el siguiente factor de seguridad:

Tabla 27

Factor de seguridad - progresiva 0+500 - 0+675

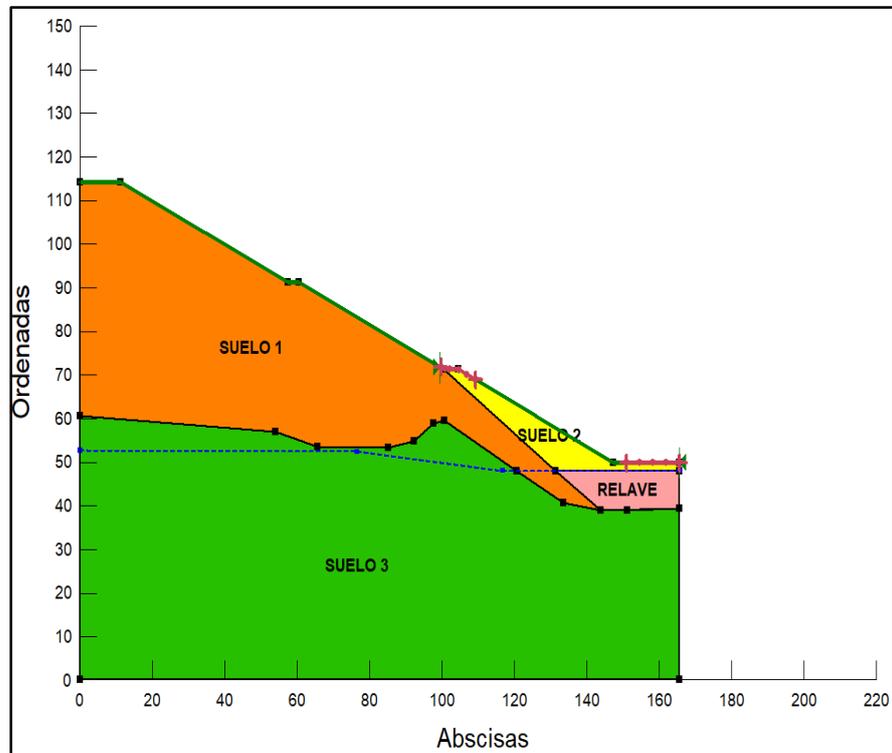
Factor de seguridad	
Slide	Slope
1,958	1,801

4.2.1.3. Falla Local de talud sin reforzamiento – Estático.

para comprobar si el recrecimiento del talud cuenta con un factor de seguridad mayor al que indica en la norma AASHTO realizaremos el diseño en ambos softwares como son el slide y slope en los taludes más desfavorables del proyecto.

Figura 35

Talud sin reforzamiento



- Zona 1: progresiva 0+120 – 0+160 – sin reforzamiento Falla Local

Tabla 28

Análisis de estabilidad de talud - Falla Local

Análisis de Estabilidad de taludes – sin reforzamiento					
Tipo de análisis	Suelo	γ suelo (kN/m ³)	C (kN/m ²)	Φ	FS
Estático	GP-GC, A-2-6(0)	21,08	20,43	30,39	
	GP-GC, A-2-4(0)	21,48	20,43	30,39	1,653
	Morrena	21,00	20,00	36,00	1,689
	Relave	23,68	0,00	20,27	

Figura 36

Análisis Estático - Software Slide

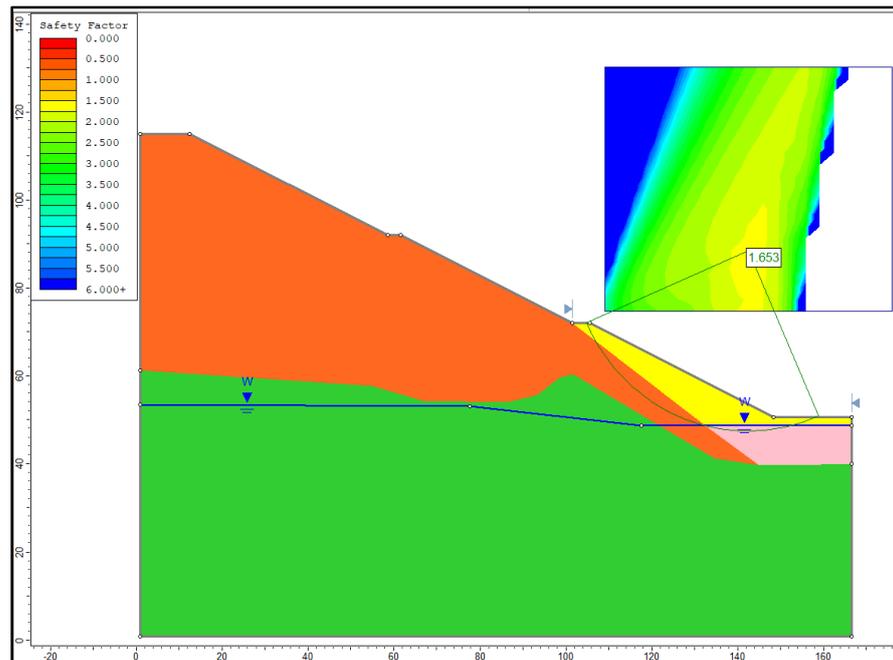
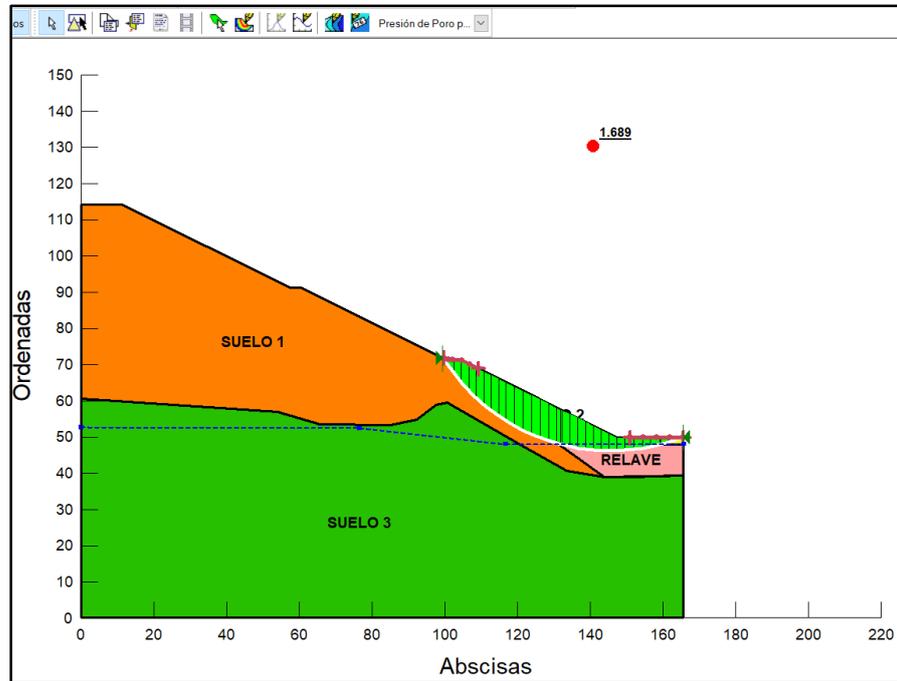


Figura 37

Análisis Estático - Software Slope



El diseño del talud con reforzamiento en el software Slide y Slope que se encuentra en la progresiva 0+120 – 0+160 cuenta con el siguiente factor de seguridad:

Tabla 29

Factor de seguridad - progresiva 0+120 - 0+160

Factor de seguridad	
Slide	Slope
1,653	1,689

- Zona 2: progresiva 0+220 – 0+340 – sin reforzamiento Falla Local

Tabla 30

Análisis de estabilidad de talud - Falla Local

Análisis de Estabilidad de taludes – sin reforzamiento					
Tipo de análisis	Suelo	γ suelo (kN/m ³)	C (kN/m ²)	Φ	FS
Estático	GP-GC, A-2-6(0)	21,08	20,43	30,39	
	GW-GC, A-2-6(0)	21,28	19,39	30,66	1,845
	Morrena	21,00	20,00	36,00	1,743
	Relave	23,68	0,00	20,27	

Figura 38

Análisis Estático - Software Slide

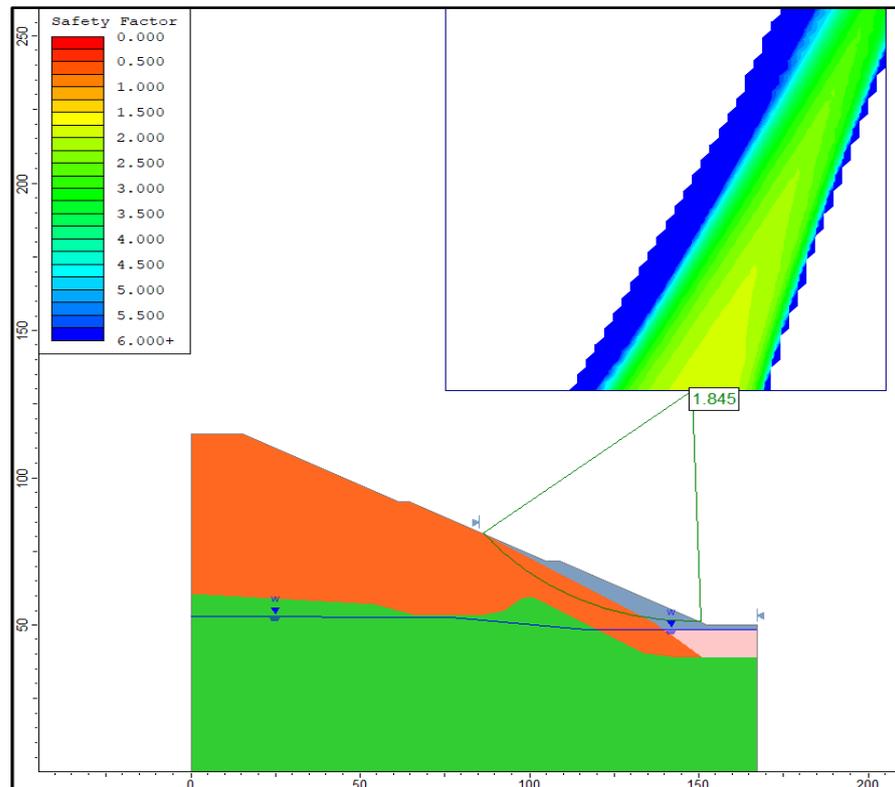
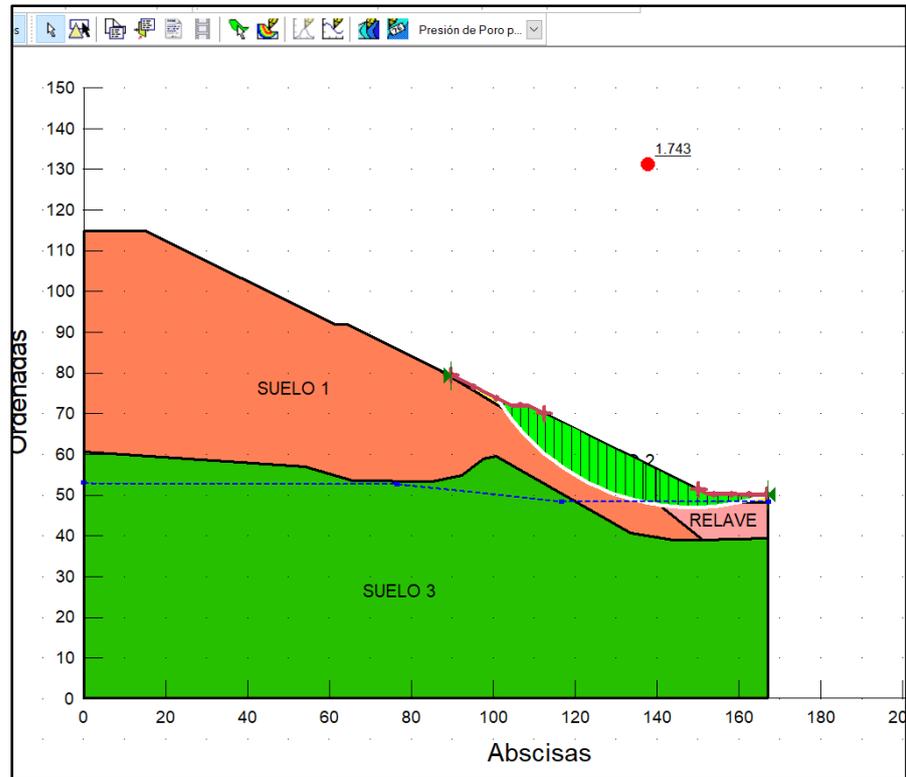


Figura 39

Análisis Estático - Software Slope



El diseño del talud con reforzamiento en el software Slide y Slope que se encuentra en la progresiva 0+220 – 0+340 cuenta con el siguiente factor de seguridad:

Tabla 31

Factor de seguridad - progresiva 0+220 - 0+340

Factor de seguridad	
Slide	Slope
1,845	1,743

- Zona 3: progresiva 0+420 – 0+500 – sin reforzamiento Falla Local.

Tabla 32

Análisis de estabilidad de talud - Falla Local

Análisis de Estabilidad de taludes – sin reforzamiento					
Tipo de análisis	Suelo	γ suelo (kN/m ³)	C (kN/m ²)	Φ	FS
Estático	GP-GC, A-2-4(0)	21,48	20,43	30,39	
	GW-GC, A-2-6(0)	21,28	19,39	30,66	1,969
	Morrena	21,00	20,00	36,00	1,811
	Relave	23,68	0,00	20,27	

Figura 40

Análisis Estático - Software Slide

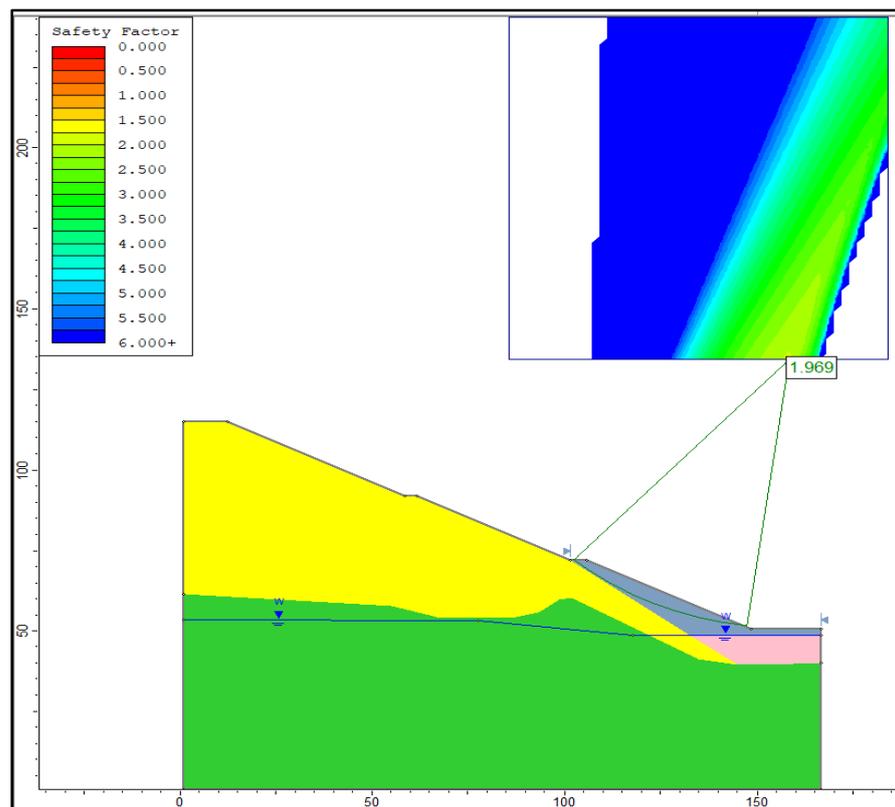
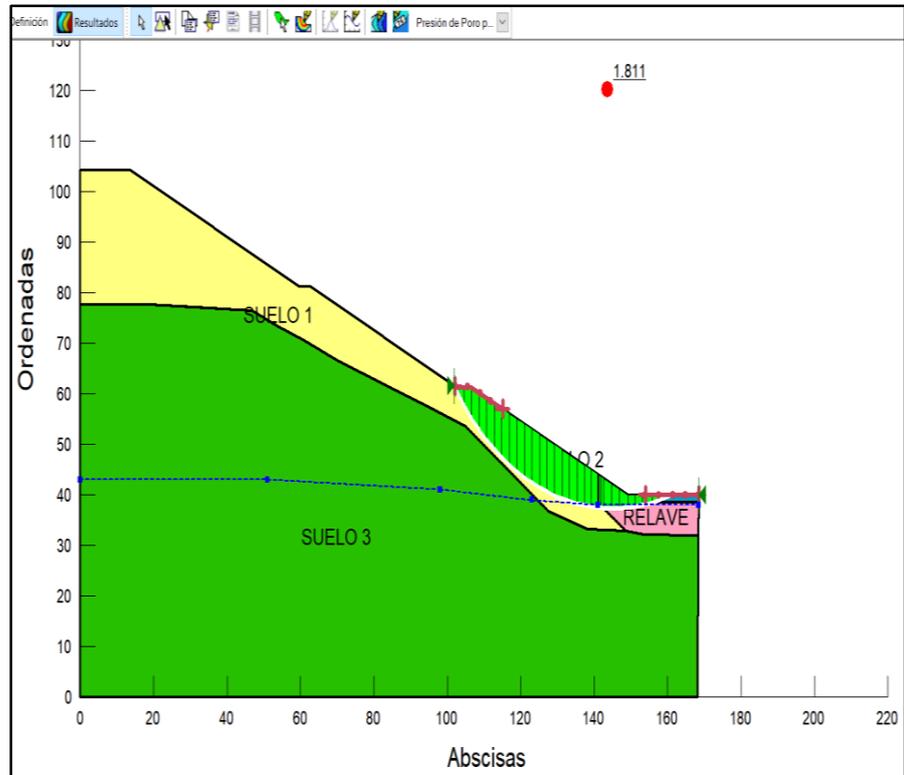


Figura 41

Análisis Estático - Software Slope



El diseño del talud con reforzamiento en el software Slide y Slope que se encuentra en la progresiva 0+420 – 0+500 cuenta con el siguiente factor de seguridad:

Tabla 33

Factor de seguridad - progresiva 0+420 - 0+500

Factor de seguridad	
Slide	Slope
1,969	1,811

- Zona 4: progresiva 0+500 – 0+675 – sin reforzamiento Falla Local

Tabla 34

Análisis de estabilidad de talud - Falla Local

Análisis de Estabilidad de taludes – sin reforzamiento					
Tipo de análisis	Suelo	γ suelo (kN/m ³)	C (kN/m ²)	Φ	FS
Estático	GW-GC, A-2-6(0)	21,28	19,39	30,66	1,768
	GP-GC, A-2-6(0)	21,08	20,43	30,39	
	Morrena	21,00	20,00	36,00	1,800
	Relave	23,68	0,00	20,27	

Figura 42

Análisis Estático - Software Slide

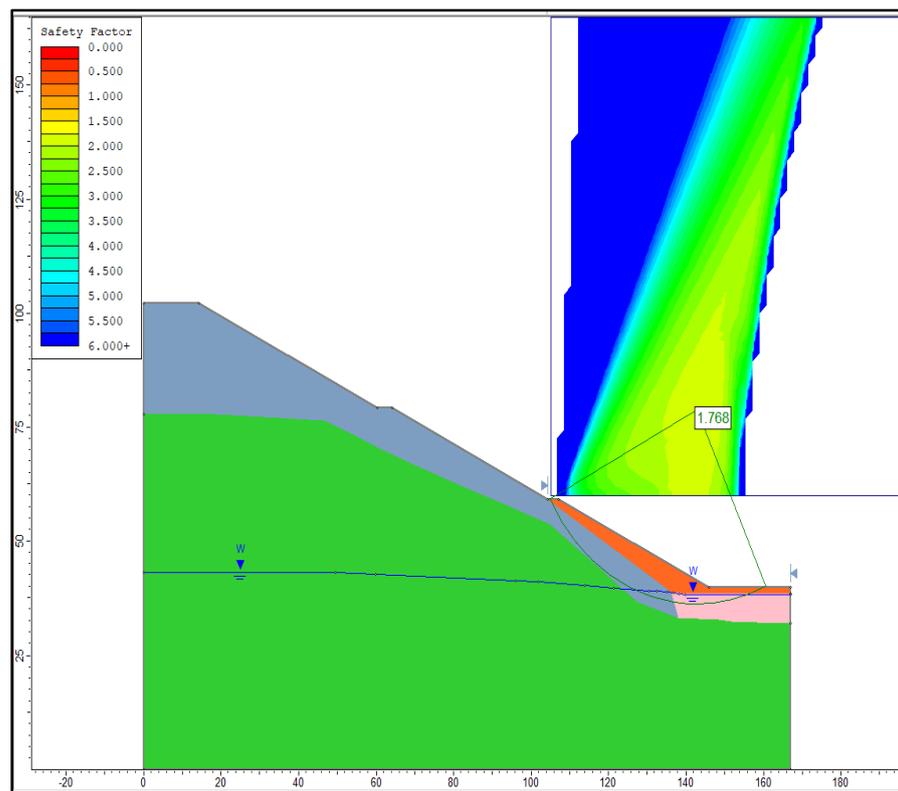
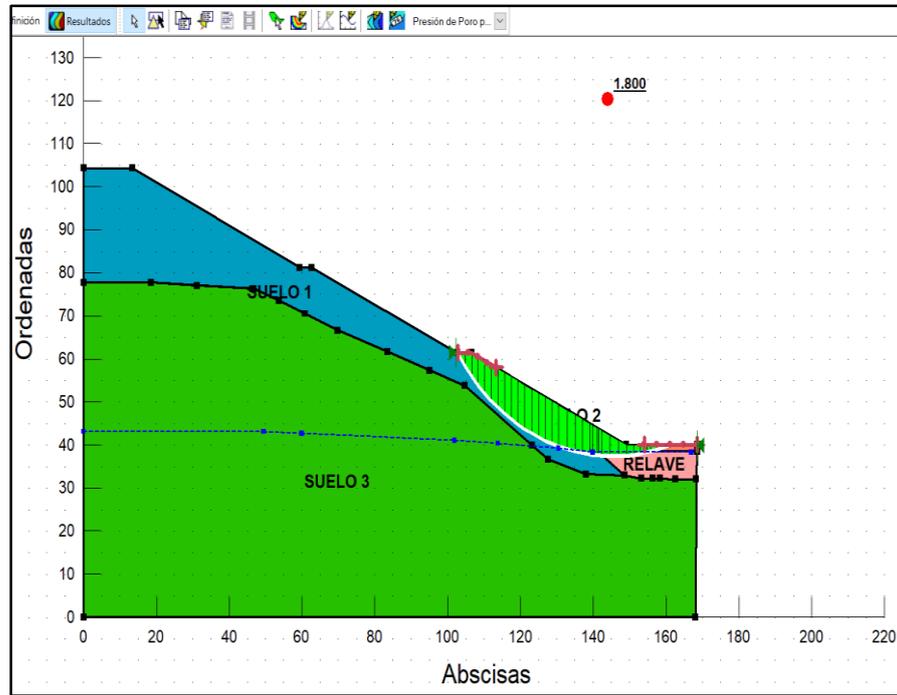


Figura 43

Análisis Estático - Software Slope



El diseño del talud con reforzamiento en el software Slide y Slope que se encuentra en la progresiva 0+500 – 0+675 cuenta con el siguiente factor de seguridad:

Tabla 35

Factor de seguridad - progresiva 0+500 - 0+675

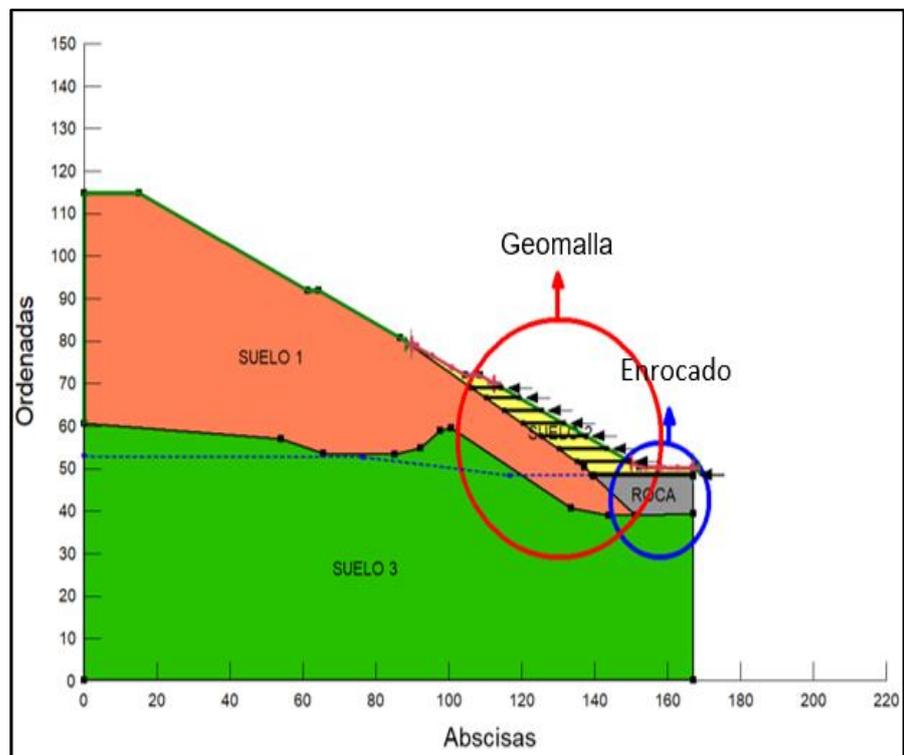
Factor de seguridad	
Slide	Slope
1,768	1,800

4.2.1.4. Falla Local de talud con reforzamiento – Estático.

De igual forma se diseñará la falla local de los taludes más desfavorables del proyecto en los softwares slide y slope para comprobar si cumplen con mejorar el factor de seguridad de los taludes sin reforzamiento.

Figura 44

Talud con reforzamiento



- Zona 1: progresiva 0+120 – 0+160 – con reforzamiento Falla Local.

Tabla 36

Análisis de estabilidad de talud - Falla Local

Análisis de Estabilidad de taludes – con reforzamiento					
Tipo de análisis	Suelo	γ suelo (kN/m ³)	C (kN/m ²)	Φ	FS
Estático	GP-GC, A-2-6(0)	21,08	20,43	30,39	1,953
	GP-GC, A-2-4(0)	21,48	20,43	30,39	
	Morrena	21,00	20,00	36,00	
	Geomalla				
	Roca	30,01	304,01	30,14	

Figura 45

Análisis Estático - Software Slide

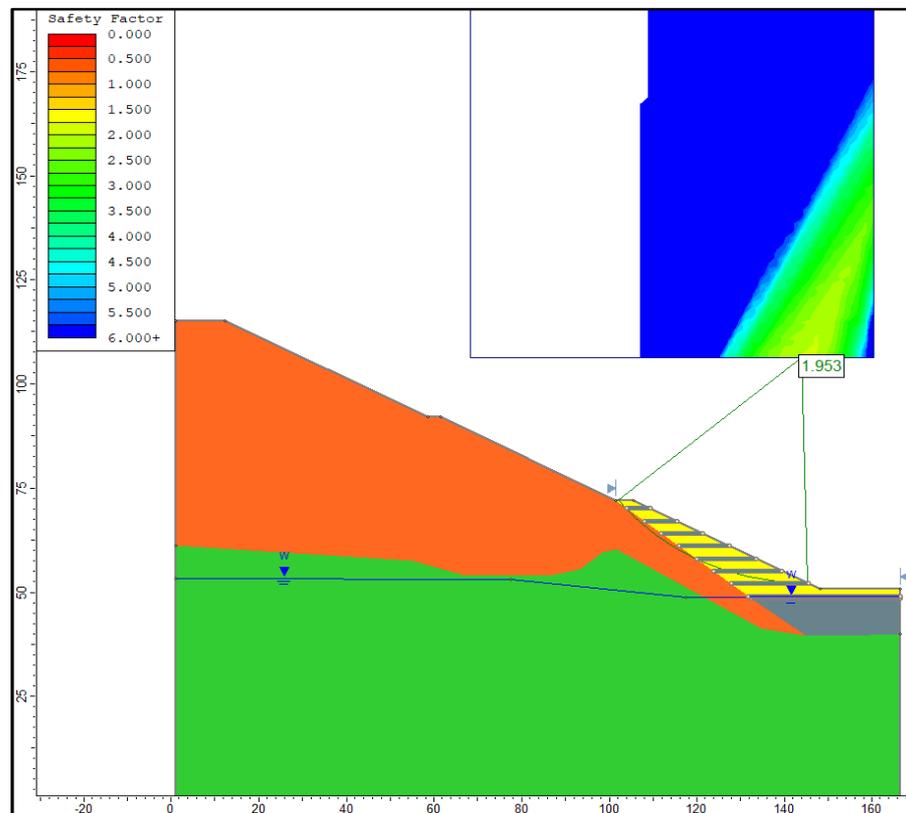
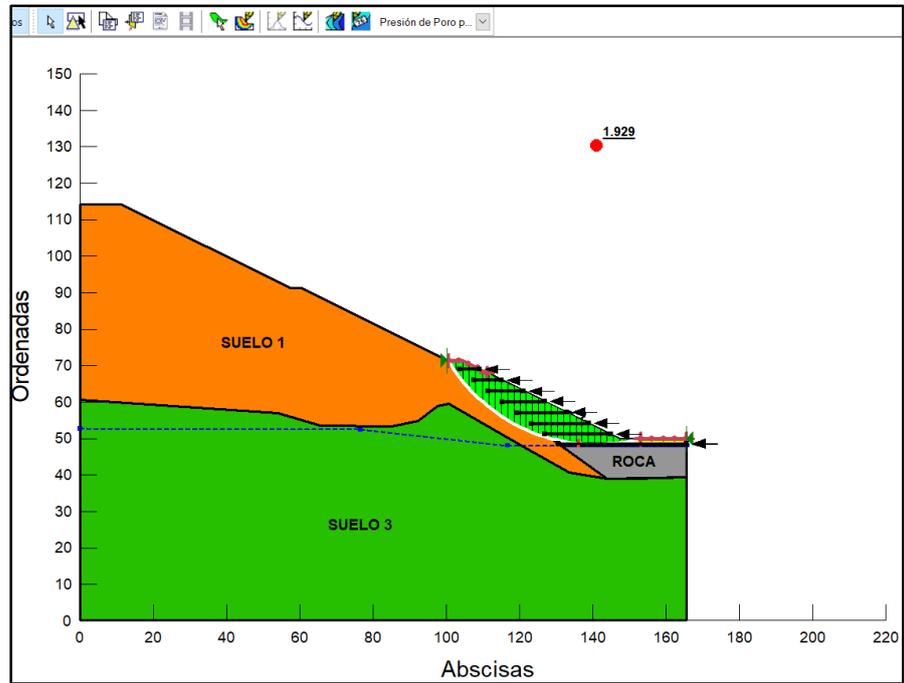


Figura 46

Análisis Estático - Software Slope



El diseño del talud con reforzamiento en el software Slide y Slope que se encuentra en la progresiva 0+120 – 0+160 cuenta con el siguiente factor de seguridad:

Tabla 37

Factor de seguridad - progresiva 0+120 - 0+160

Factor de seguridad	
Slide	Slope
1,953	1,929

- Zona 2: progresiva 0+220 – 0+340 – con reforzamiento Falla Local

Tabla 38

Análisis de estabilidad de talud - Falla Local

Análisis de Estabilidad de taludes – con reforzamiento					
Tipo de análisis	Suelo	γ suelo (kN/m ³)	C (kN/m ²)	Φ	FS
Estático	GP-GC, A-2-6(0)	21,08	20,43	30,39	1,867
	GW-GC, A-2-6(0)	21,28	19,39	30,66	
	Morrena	21,00	20,00	36,00	
	Geomalla				
	Roca	30,01	304,01	30,14	

Figura 47

Análisis Estático - Software Slide

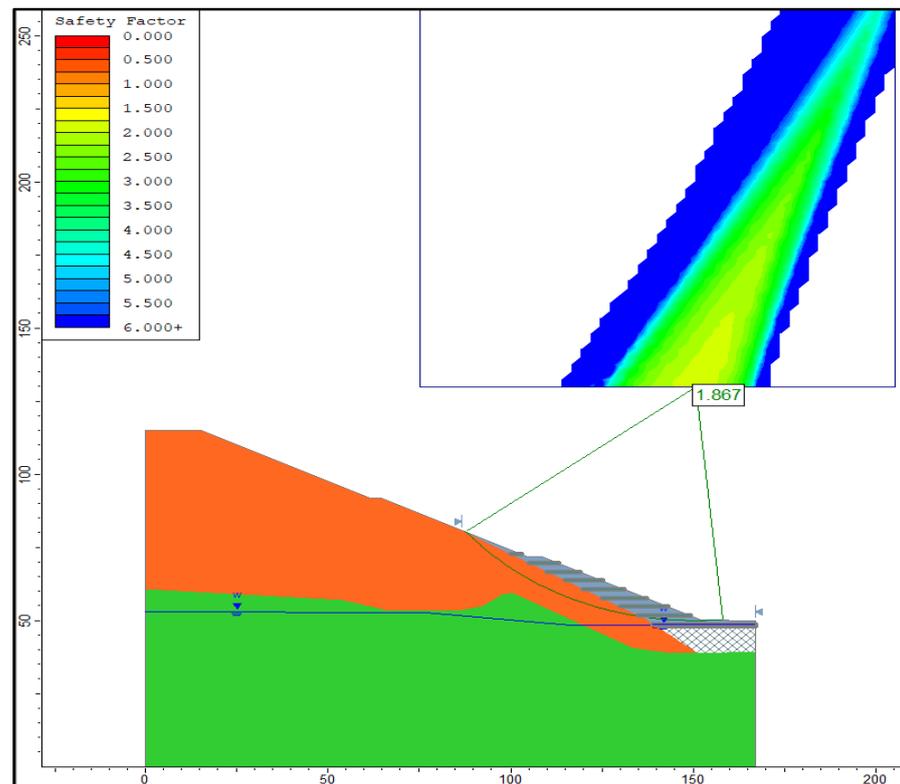
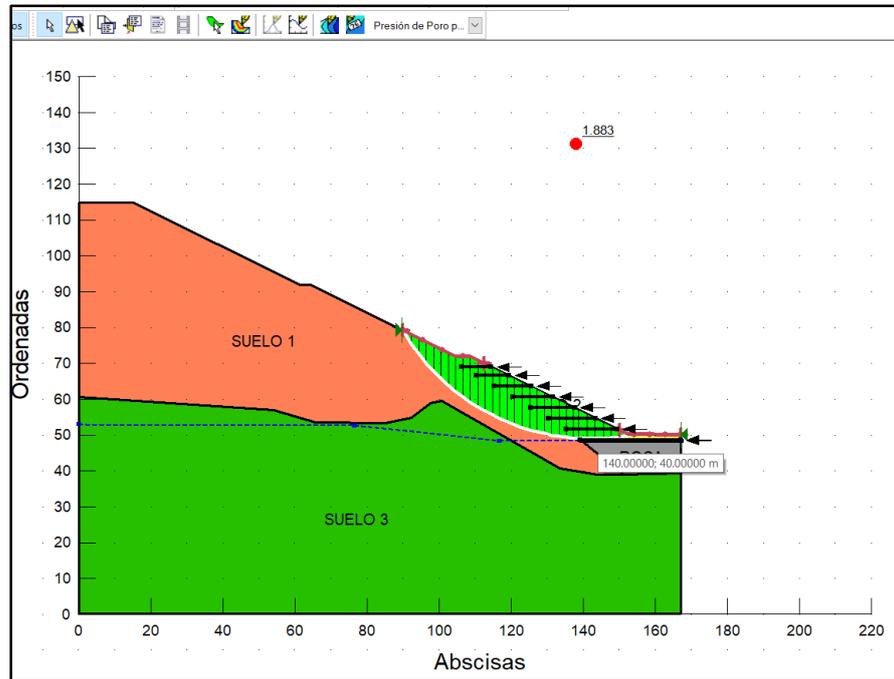


Figura 48

Análisis Estático - Software Slope



El diseño del talud con reforzamiento en el software Slide y Slope que se encuentra en la progresiva 0+220 – 0+340 cuenta con el siguiente factor de seguridad:

Tabla 39

Factor de seguridad - progresiva 0+220 - 0+340

Factor de seguridad	
Slide	Slope
1,867	1,883

- Zona 3: progresiva 0+420 – 0+500 – con reforzamiento Falla Local.

Tabla 40

Análisis de estabilidad de talud - Falla Local

Análisis de Estabilidad de taludes – con reforzamiento					
Tipo de análisis	Suelo	γ suelo (kN/m ³)	C (kN/m ²)	Φ	FS
Estático	GP-GC, A-2-4(0)	21,48	20,43	30,39	2,394
	GW-GC, A-2-6(0)	21,28	19,39	30,66	
	Morrena	21,00	20,00	36,00	
	Geomalla				
	Roca	30,01	304,01	30,14	

Figura 49

Análisis Estático - Software Slide

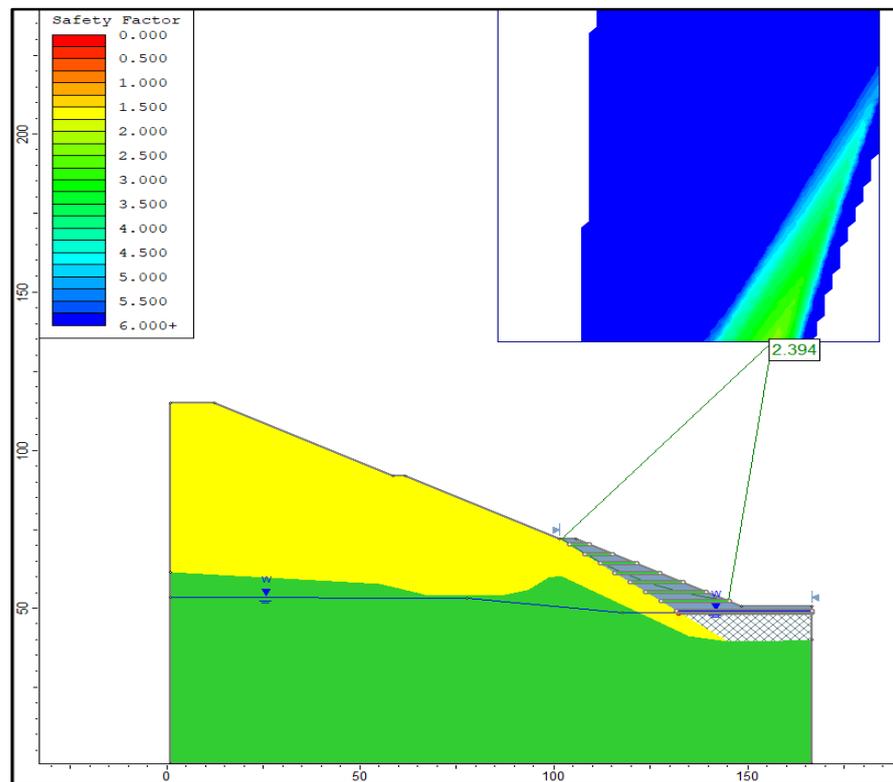
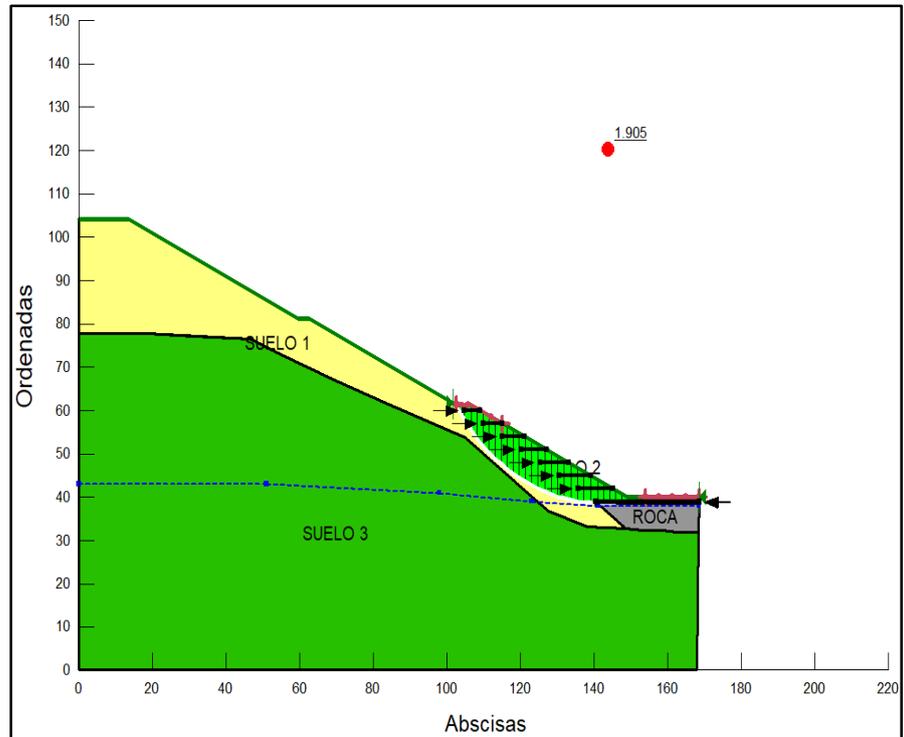


Figura 50

Análisis Estático - Software Slope



El diseño del talud con reforzamiento en el software Slide y Slope que se encuentra en la progresiva 0+420 – 0+500 cuenta con el siguiente factor de seguridad:

Tabla 41

Factor de seguridad - progresiva 0+420 - 0+500

Factor de seguridad	
Slide	Slope
2,394	1,905

- Zona 4: progresiva 0+500 – 0+675 – con reforzamiento Falla Local

Tabla 42

Análisis de estabilidad de talud - Falla Local

Análisis de Estabilidad de taludes – con reforzamiento					
Tipo de análisis	Suelo	γ suelo (kN/m ³)	C (kN/m ²)	Φ	FS
Estático	GW-GC, A-2-6(0)	21,28	19,39	30,66	1,909
	GP-GC, A-2-6(0)	21,08	20,43	30,39	
	Morrena	21,00	20,00	36,00	
	Geomalla				
	Roca	30,01	304,01	30,14	

Figura 51

Análisis Estático - Software Slide

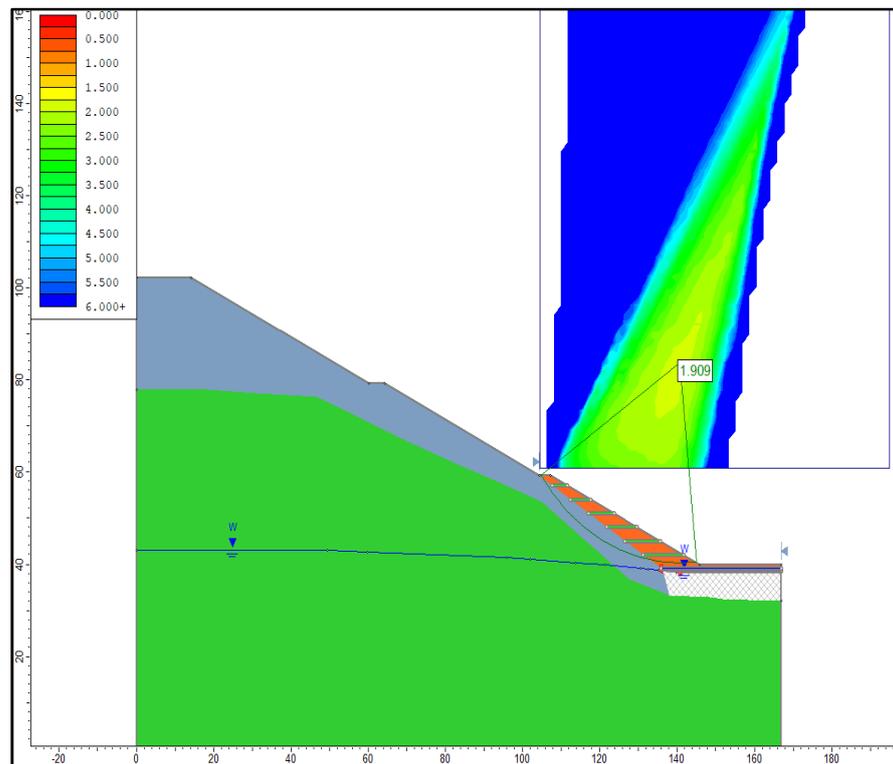
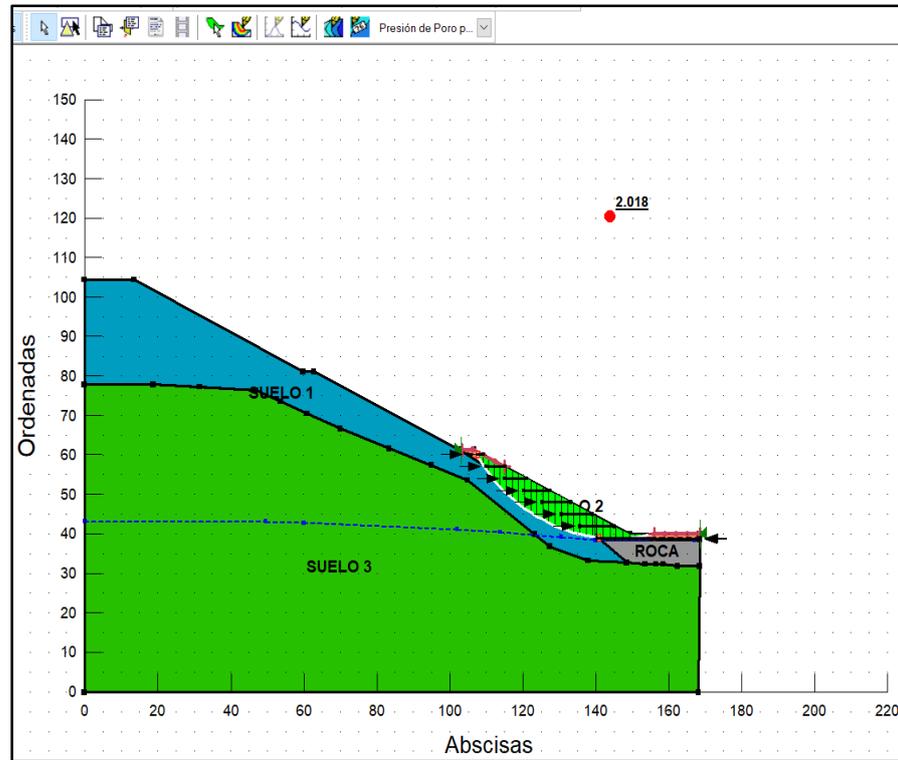


Figura 52

Análisis Estático - Software Slope



El diseño del talud con reforzamiento en el software Slide y Slope que se encuentra en la progresiva 0+500 – 0+675 cuenta con el siguiente factor de seguridad:

Tabla 43

Factor de seguridad - progresiva 0+500 - 0+675

Factor de seguridad	
Slide	Slope
1,909	2,018

4.2.1.5. Falla Global de talud sin reforzamiento – Pseudo estático.

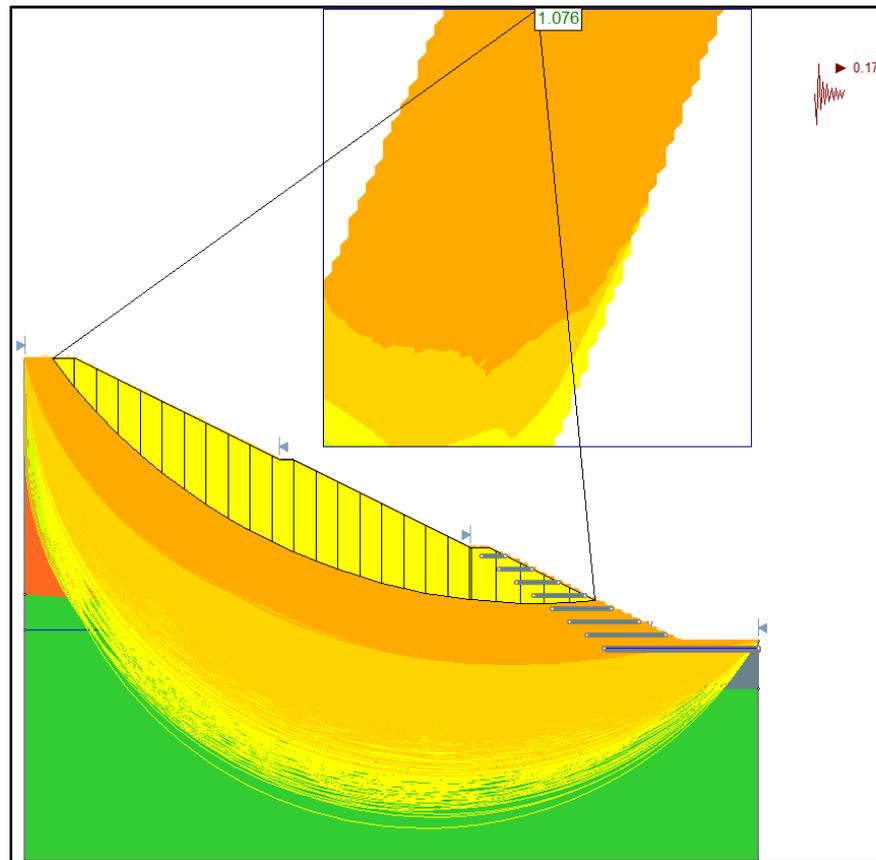
Para el diseño de estabilidad de talud global sin reforzamiento Pseudo estático se añadirá la aceleración de diseño de taludes, donde la norma AASHTO y la FHWA sugieren reducir el valor a la mitad.

$$K_h = 0.17$$

Esta aceleración horizontal se aplicará a todos los diseños de taludes más desfavorables del proyecto.

Figura 53

Estabilidad de talud Pseudo estático.



- Zona 1: progresiva 0+120 – 0+160 – Análisis de estabilidad de talud Pseudo Estático – Falla Global.

Tabla 44

Análisis de estabilidad de talud Pseudo estático - Falla Global.

Análisis de Estabilidad de taludes – sin reforzamiento					
Tipo de análisis	Suelo	γ suelo (kN/m ³)	C (kN/m ²)	Φ	FS
Estático	GP-GC, A-2-6(0)	21,08	20,43	30,39	1,103
	GP-GC, A-2-4(0)	21,48	20,43	30,39	
	Morrena	21,00	20,00	36,00	
	Relave	23,68	0,00	20,27	

Figura 54

Análisis Pseudo estático - Software Slide

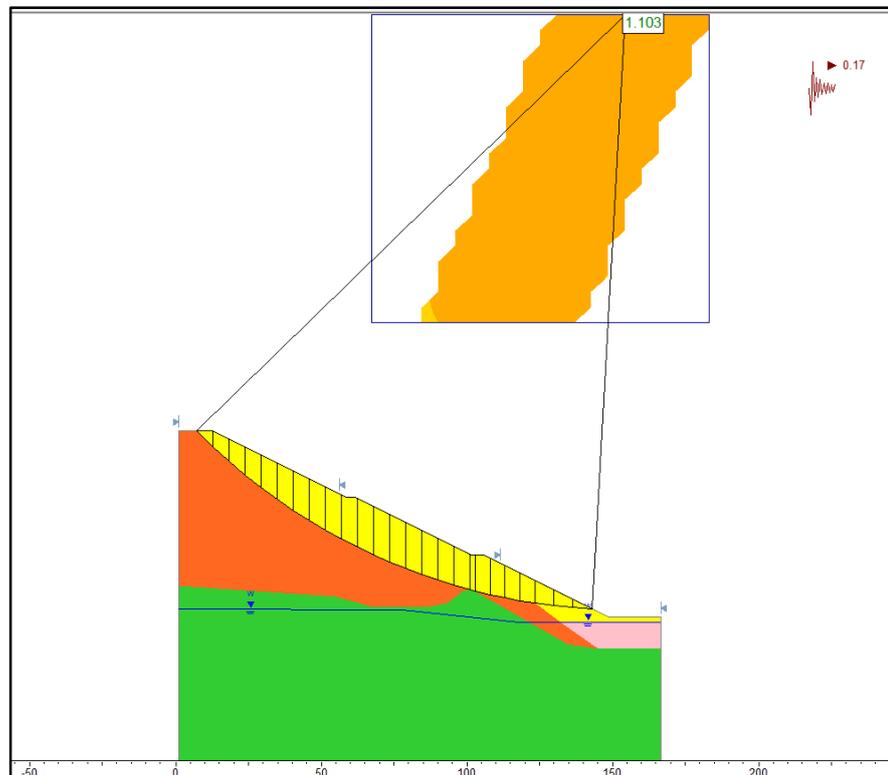
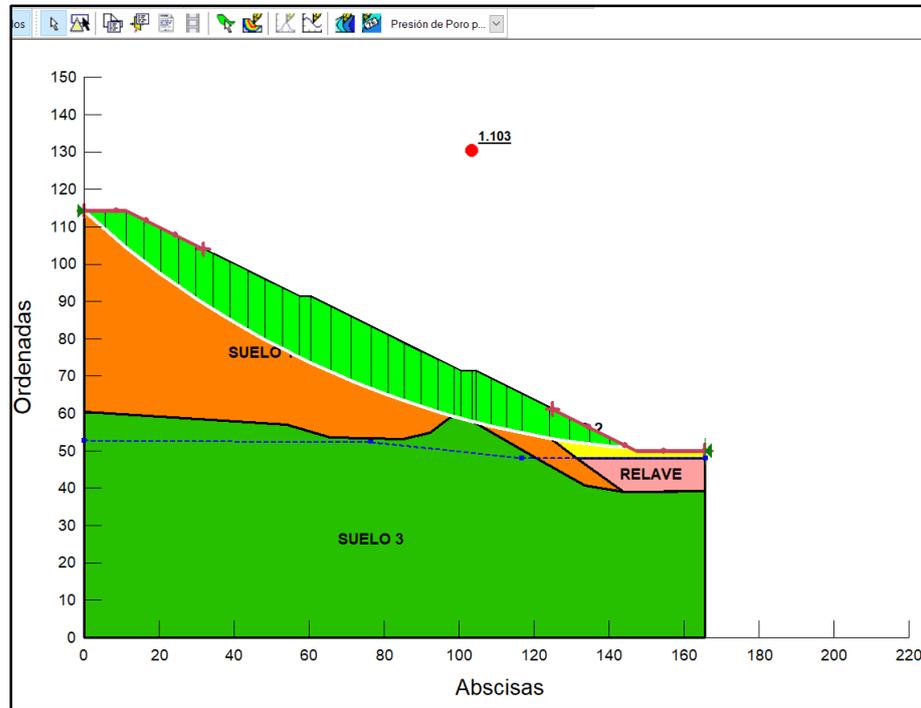


Figura 55

Análisis Pseudo estático - Software Slope



El análisis de estabilidad de talud Pseudo estático que se encuentra en la progresiva 0+120 – 0+160 cuenta con el siguiente factor de seguridad:

Tabla 45

Factor de seguridad - progresiva 0+120 - 0+160

Factor de seguridad	
Slide	Slope
1,103	1,103

- Zona 2: progresiva 0+220 – 0+340 – Análisis de estabilidad de talud Pseudo Estático – Falla Global.

Tabla 46

Análisis de estabilidad de talud Pseudo estático - Falla Global.

Análisis de Estabilidad de taludes – sin reforzamiento					
Tipo de análisis	Suelo	γ suelo (kN/m ³)	C (kN/m ²)	Φ	FS
Estático	GP-GC, A-2-6(0)	21,08	20,43	30,39	
	GW-GC, A-2-6(0)	21,28	19,39	30,66	1,096
	Morrena	21,00	20,00	36,00	1,095
	Relave	23,68	0,00	20,27	

Figura 56

Análisis Pseudo estático - Software Slide

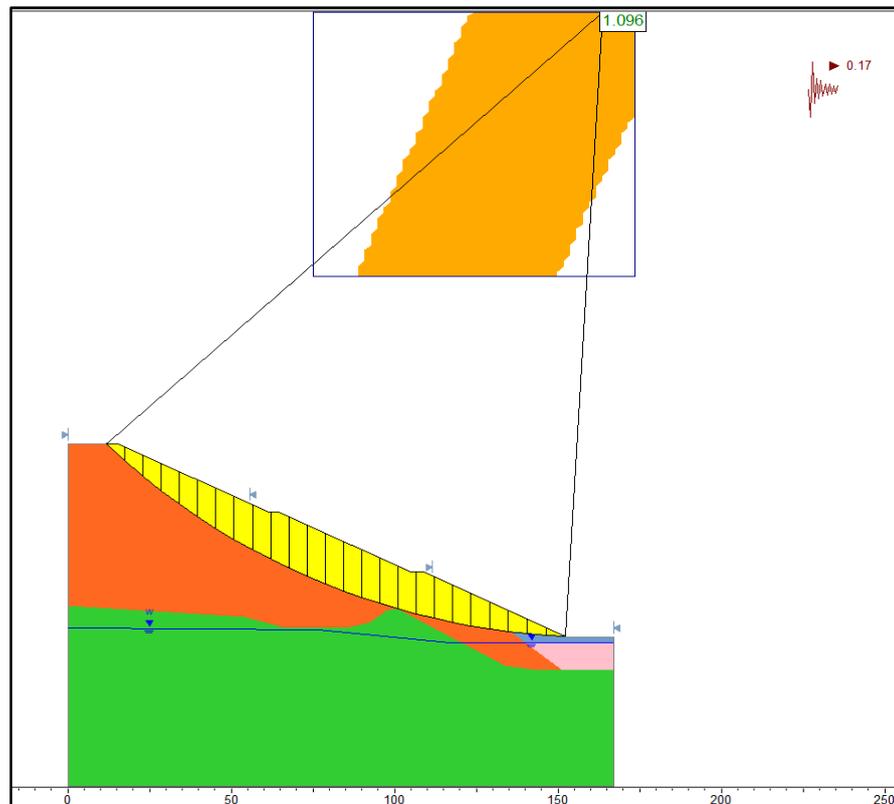
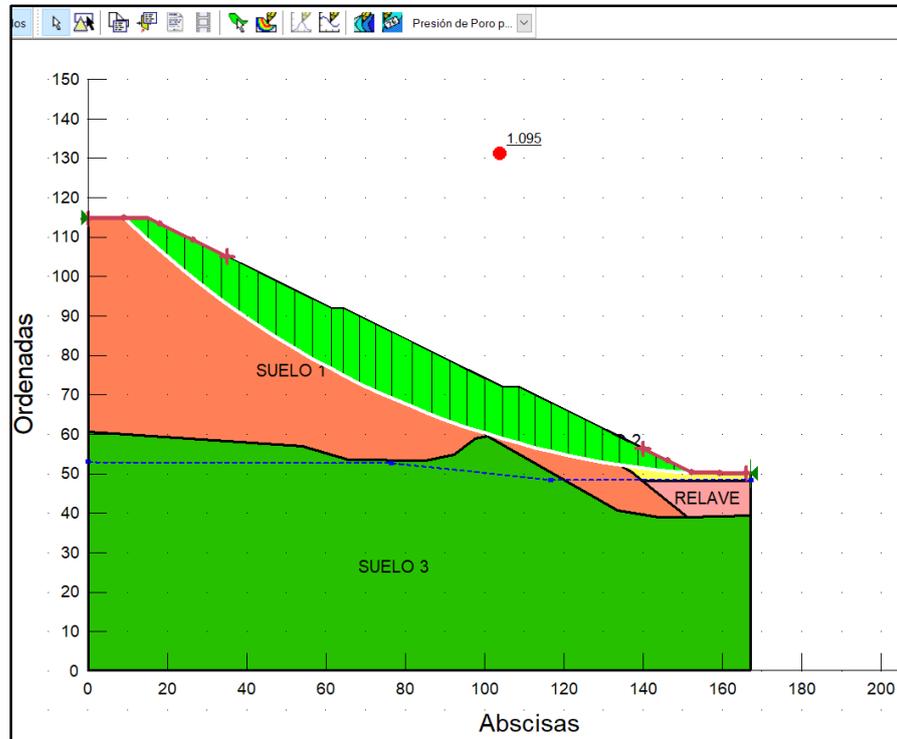


Figura 57

Análisis Pseudo estático - Software Slope



El análisis de estabilidad de talud Pseudo estático que se encuentra en la progresiva 0+220 – 0+340 cuenta con el siguiente factor de seguridad:

Tabla 47

Factor de seguridad - progresiva 0+220 - 0+340

Factor de seguridad	
Slide	Slope
1,096	1,095

- Zona 3: progresiva 0+420 – 0+500 – Análisis de estabilidad de talud Pseudo Estático – Falla Global.

Tabla 48

Análisis de estabilidad de talud Pseudo estático - Falla Global.

Análisis de Estabilidad de taludes – sin reforzamiento					
Tipo de análisis	Suelo	Y suelo (kN/m ³)	C (kN/m ²)	Φ	FS
Estático	GP-GC, A-2-4(0)	21,48	20,43	30,39	
	GW-GC, A-2-6(0)	21,28	19,39	30,66	1,107
	Morrena	21,00	20,00	36,00	1,237
	Relave	23,68	0,00	20,27	

Figura 58

Análisis Pseudo estático - Software Slide

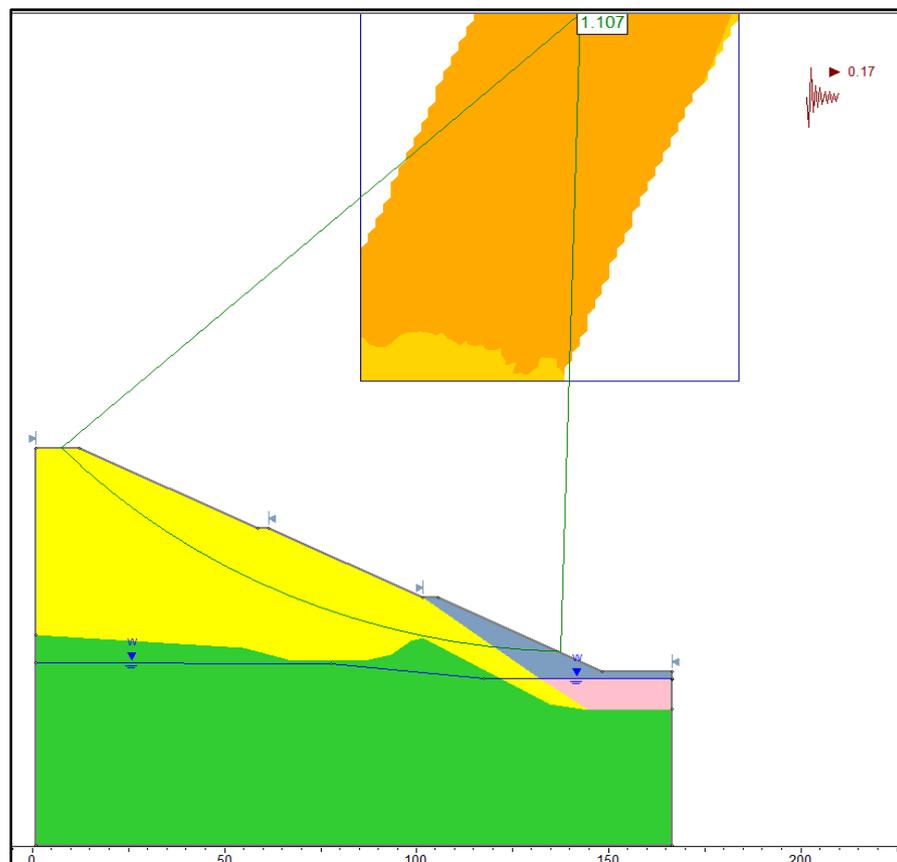
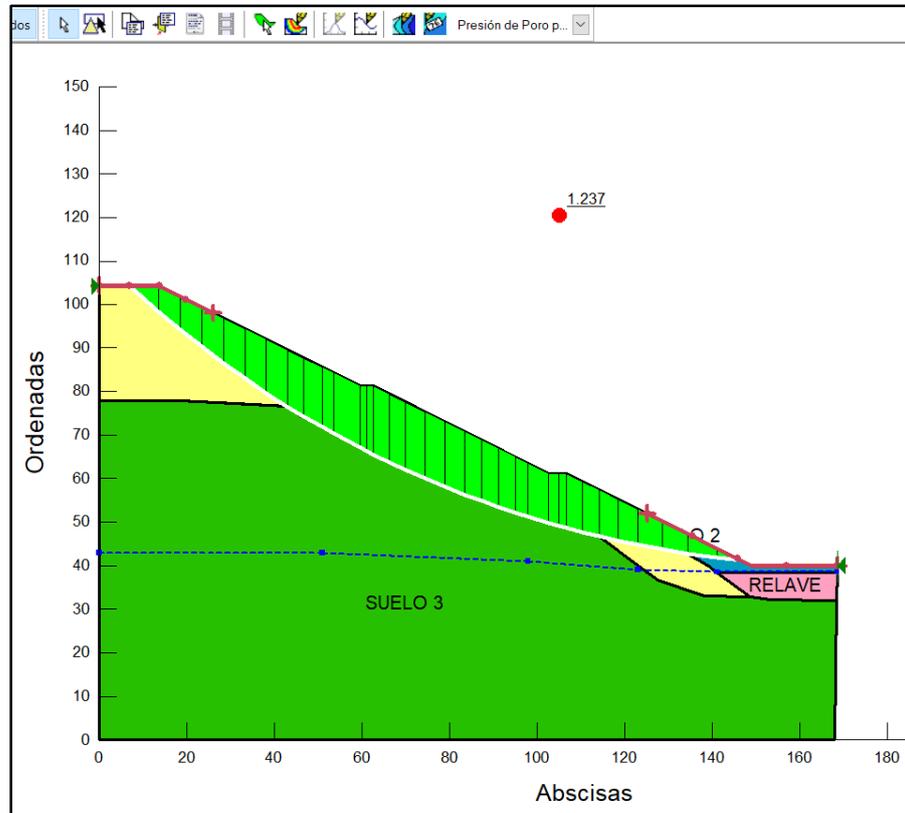


Figura 59

Análisis Pseudo estático - Software Slope



El análisis de estabilidad de talud Pseudo estático que se encuentra en la progresiva 0+420 – 0+500 cuenta con el siguiente factor de seguridad:

Tabla 49

Factor de seguridad - progresiva 0+420 - 0+500

Factor de seguridad	
Slide	Slope
1,107	1,237

- Zona 4: progresiva 0+500 – 0+675 – Análisis de estabilidad de talud Pseudo Estático – Falla Global.

Tabla 50

Análisis de estabilidad de talud Pseudo estático - Falla Global.

Análisis de Estabilidad de taludes – sin reforzamiento					
Tipo de análisis	Suelo	γ suelo (kN/m ³)	C (kN/m ²)	Φ	FS
Estático	GW-GC, A-2-6(0)	21,28	19,39	30,66	1,269
	GP-GC, A-2-6(0)	21,08	20,43	30,39	
	Morrena	21,00	20,00	36,00	1,238
	Relave	23,68	0,00	20,27	

Figura 60

Análisis Pseudo estático - Software Slide

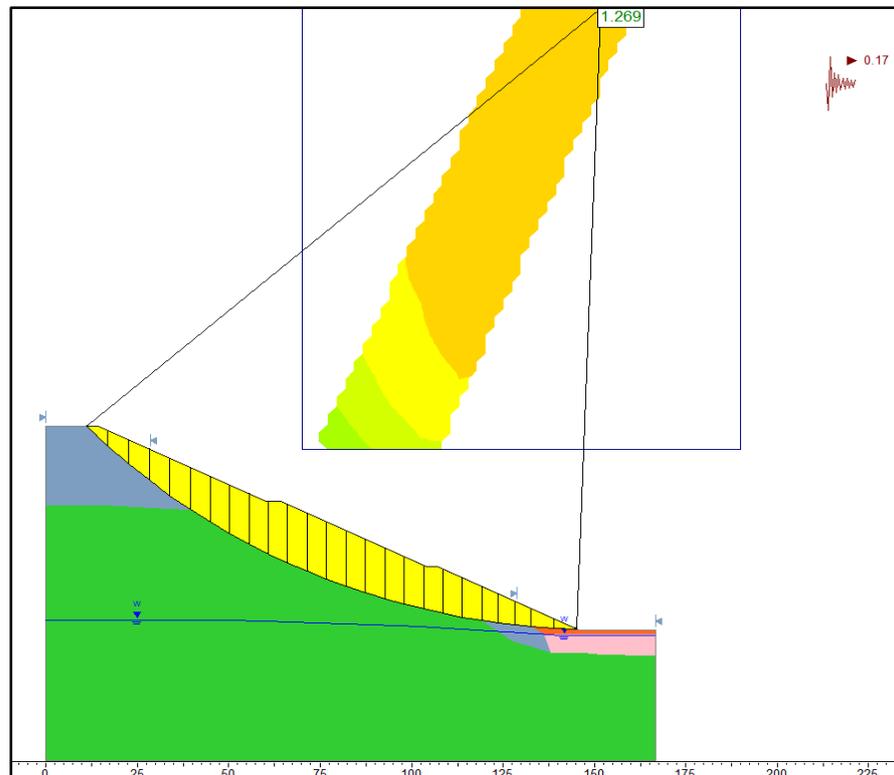
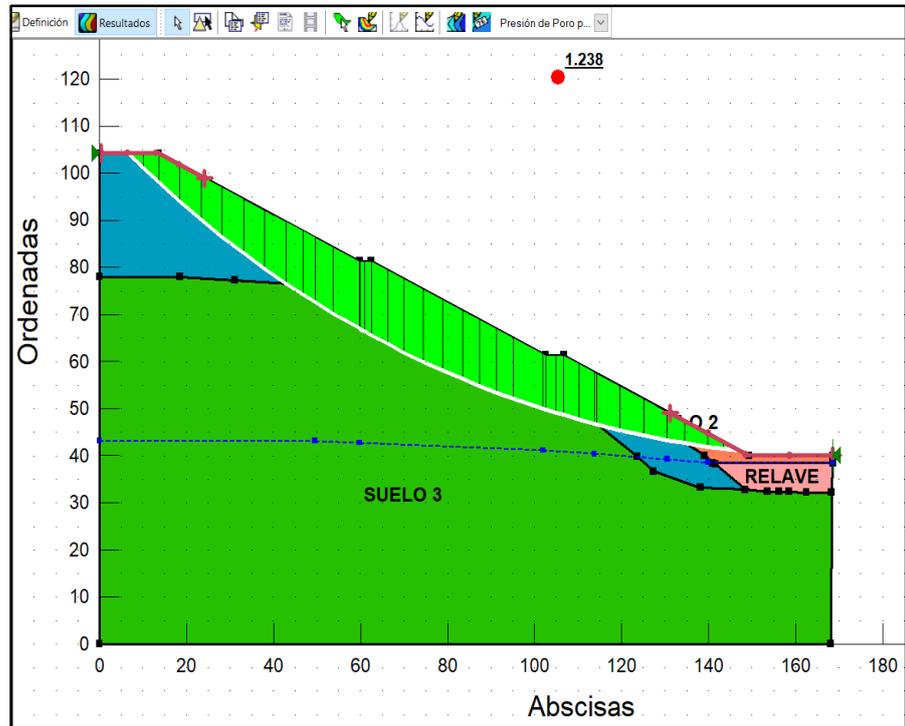


Figura 61

Análisis Pseudo estático - Software Slope



El análisis de estabilidad de talud Pseudo estático que se encuentra en la progresiva 0+500 – 0+675 cuenta con el siguiente factor de seguridad:

Tabla 51

Factor de seguridad - progresiva 0+500 - 0+675

Factor de seguridad	
Slide	Slope
1,269	1,238

4.2.1.6. Falla Global de talud con reforzamiento – Pseudo estático.

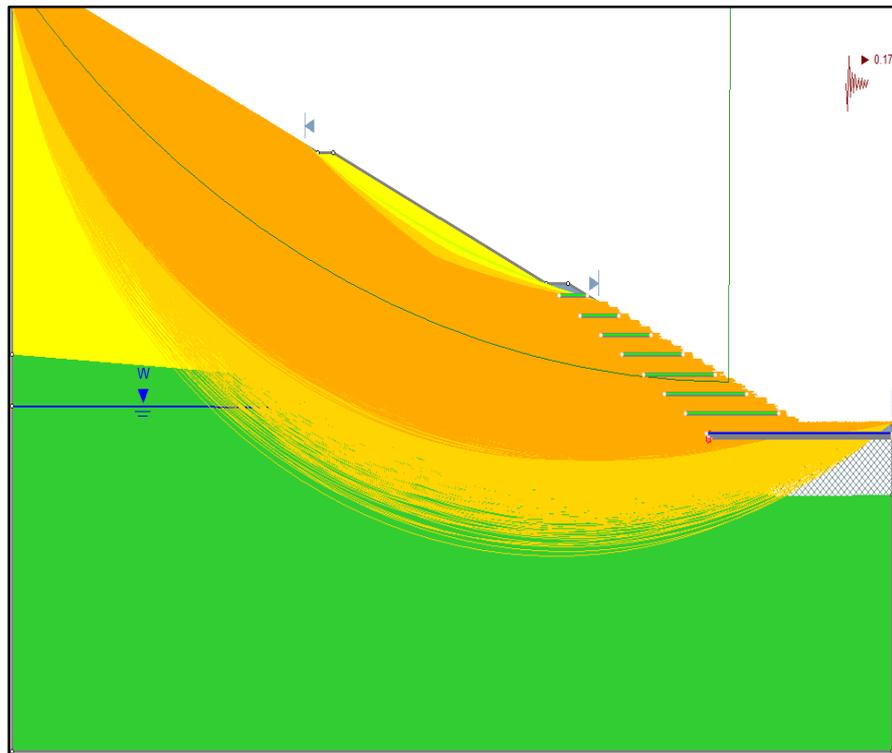
Para el diseño de estabilidad de talud global con reforzamiento se añadirá la aceleración horizontal, donde sugiere la norma AASHTO y la FHWA reducir el valor a la mitad.

$$K_h = 0.17$$

Esta aceleración horizontal se aplicará a todos los diseños de taludes más desfavorables del proyecto.

Figura 62

Estabilidad de talud reforzado – Pseudo estático.



- Zona 1: progresiva 0+120 – 0+160 – Análisis de estabilidad de talud Pseudo Estático – Falla Global.

Tabla 52

Análisis de estabilidad de talud reforzado Pseudo estático - Falla Global.

Análisis de Estabilidad de taludes – con reforzamiento					
Tipo de análisis	Suelo	γ suelo (kN/m ³)	C (kN/m ²)	Φ	FS
Estático	GP-GC, A-2-6(0)	21,08	20,43	30,39	
	GP-GC, A-2-4(0)	21,48	20,43	30,39	1,147
	Morrena	21,00	20,00	36,00	1,104
	Geomalla				
	Roca	30,01	304,01	30,14	

Figura 63

Análisis Pseudo estático - Software Slide

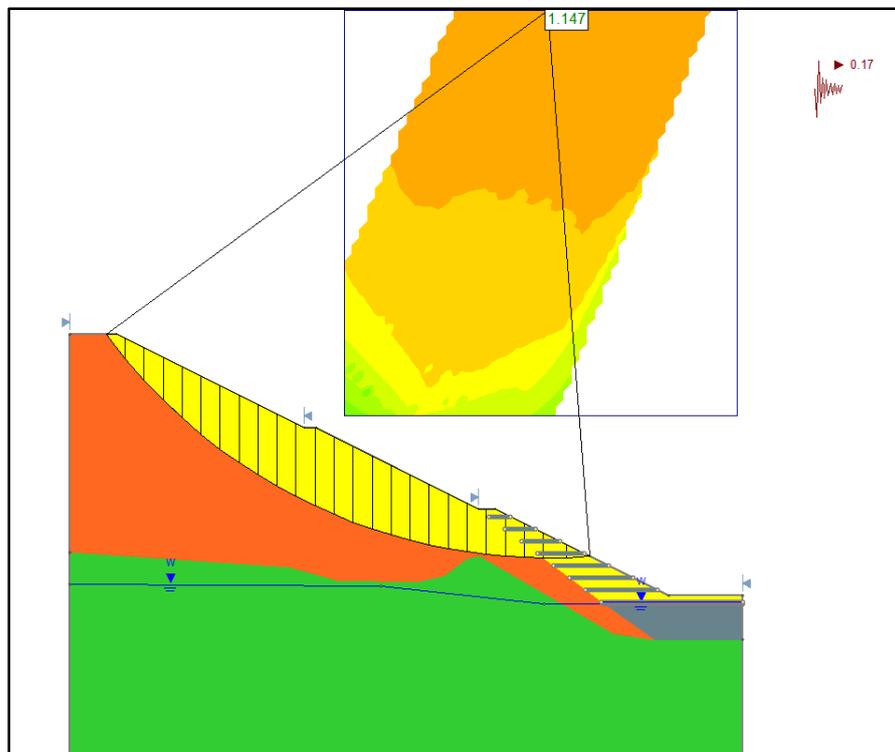
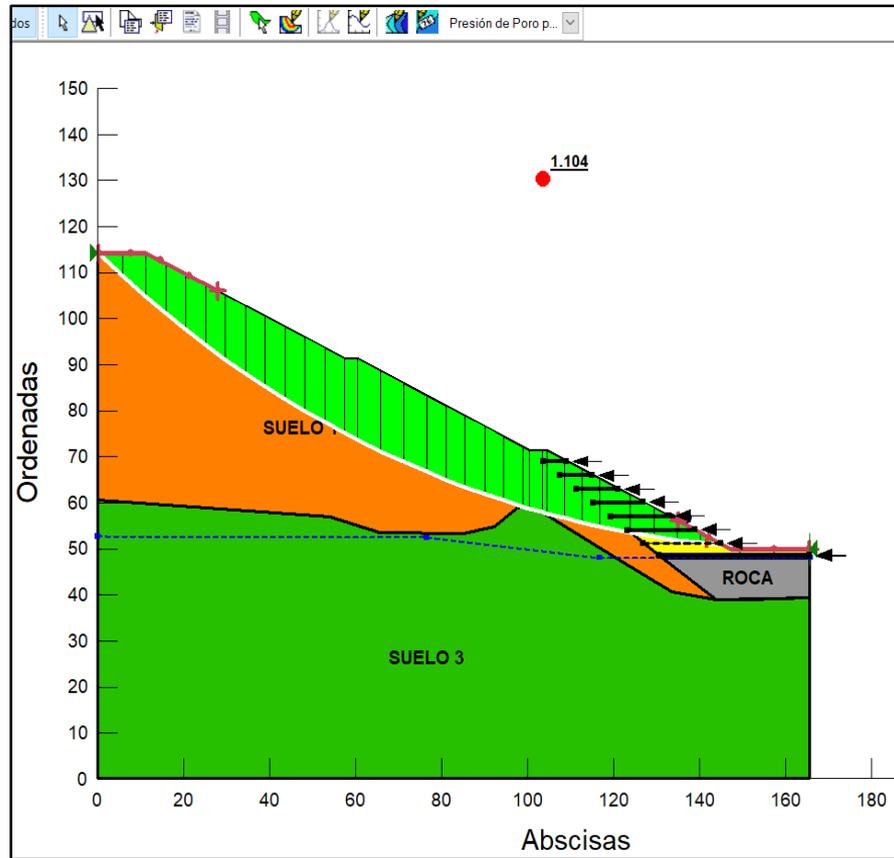


Figura 64

Análisis Pseudo estático - Software Slope



El análisis de estabilidad de talud reforzado Pseudo estático, la que se encuentra en la progresiva 0+120 – 0+160 cuenta con el siguiente factor de seguridad:

Tabla 53

Factor de seguridad - progresiva 0+120 - 0+160

Factor de seguridad	
Slide	Slope
1,147	1,104

- Zona 2: progresiva 0+220 – 0+340 – Análisis de estabilidad de talud Pseudo Estático – Falla Global.

Tabla 54

Análisis de estabilidad de talud reforzado Pseudo estático - Falla Global.

Análisis de Estabilidad de taludes – con reforzamiento					
Tipo de análisis	Suelo	γ suelo (kN/m ³)	C (kN/m ²)	Φ	FS
Estático	GP-GC, A-2-6(0)	21,08	20,43	30,39	1,098
	GW-GC, A-2-6(0)	21,28	19,39	30,66	
	Morrena	21,00	20,00	36,00	
	Geomalla				
	Roca	30,01	304,01	30,14	

Figura 65

Análisis Pseudo estático - Software Slide

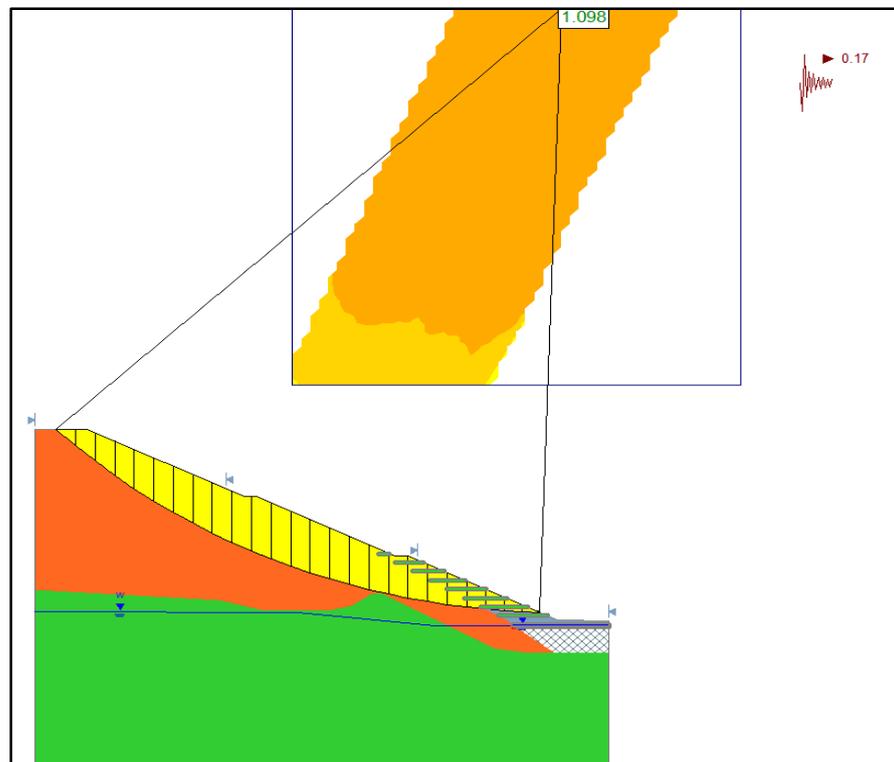
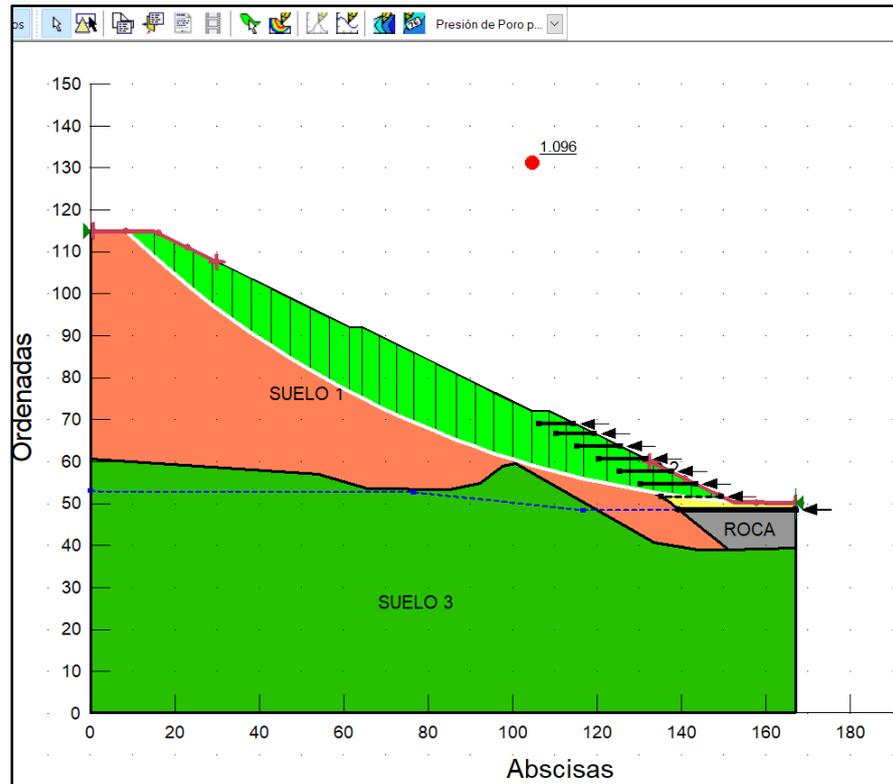


Figura 66

Análisis Pseudo estático - Software Slope



El análisis de estabilidad de talud reforzado Pseudo estático, la que se encuentra en la progresiva 0+220 – 0+340 cuenta con el siguiente factor de seguridad:

Tabla 55

Factor de seguridad - progresiva 0+220 - 0+340

Factor de seguridad	
Slide	Slope
1,098	1,096

- Zona 3: progresiva 0+420 – 0+500 – Análisis de estabilidad de talud Pseudo Estático – Falla Global.

Tabla 56

Análisis de estabilidad de talud reforzado Pseudo estático - Falla Global.

Análisis de Estabilidad de taludes – con reforzamiento					
Tipo de análisis	Suelo	γ suelo (kN/m ³)	C (kN/m ²)	Φ	FS
Estático	GP-GC, A-2-4(0)	21,48	20,43	30,39	
	GW-GC, A-2-6(0)	21,28	19,39	30,66	1,109
	Morrena	21,00	20,00	36,00	1,237
	Geomalla				
	Roca	30,01	304,01	30,14	

Figura 67

Análisis Pseudo estático - Software Slide

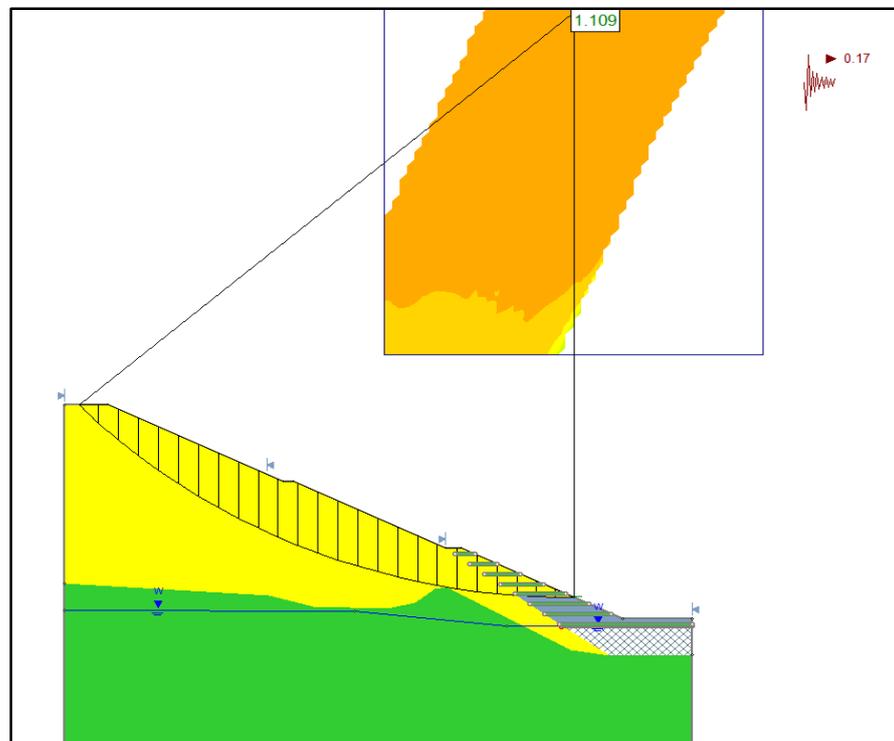
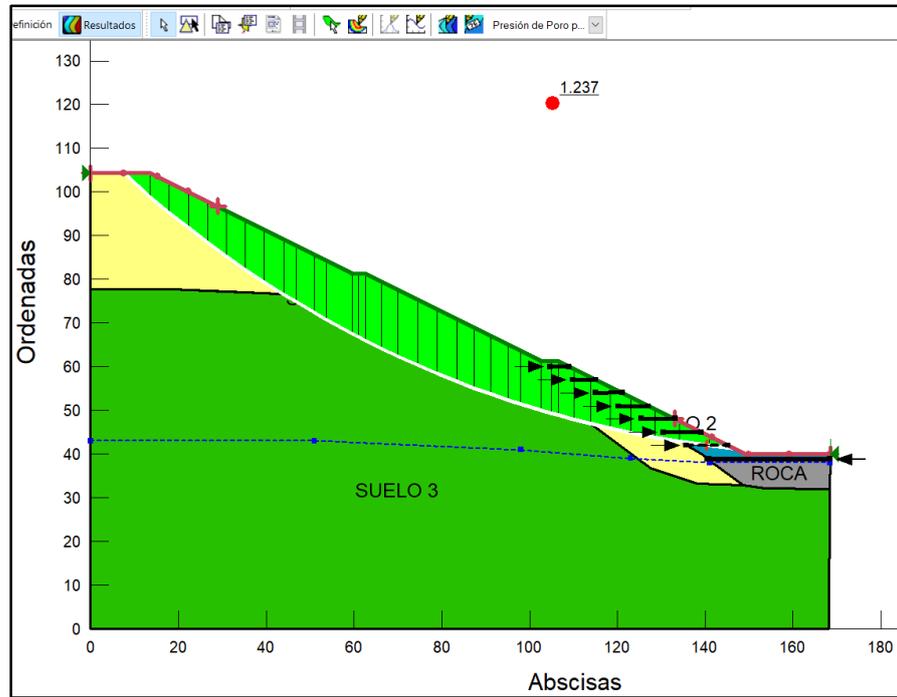


Figura 68

Análisis Pseudo estático - Software Slope



El análisis de estabilidad de talud reforzado Pseudo estático, la que se encuentra en la progresiva 0+420 – 0+500 cuenta con el siguiente factor de seguridad:

Tabla 57

Factor de seguridad - progresiva 0+420 - 0+500

Factor de seguridad	
Slide	Slope
1,109	1,237

- Zona 4: progresiva 0+500 – 0+675 – Análisis de estabilidad de talud Pseudo Estático – Falla Global.

Tabla 58

Análisis de estabilidad de talud reforzado Pseudo estático - Falla Global.

Análisis de Estabilidad de taludes – con reforzamiento					
Tipo de análisis	Suelo	γ suelo (kN/m ³)	C (kN/m ²)	Φ	FS
Estático	GW-GC, A-2-6(0)	21,28	19,39	30,66	1,344
	GP-GC, A-2-6(0)	21,08	20,43	30,39	
	Morrena	21,00	20,00	36,00	
	Geomalla				
	Roca	30,01	304,01	30,14	

Figura 69

Análisis Pseudo estático - Software Slide

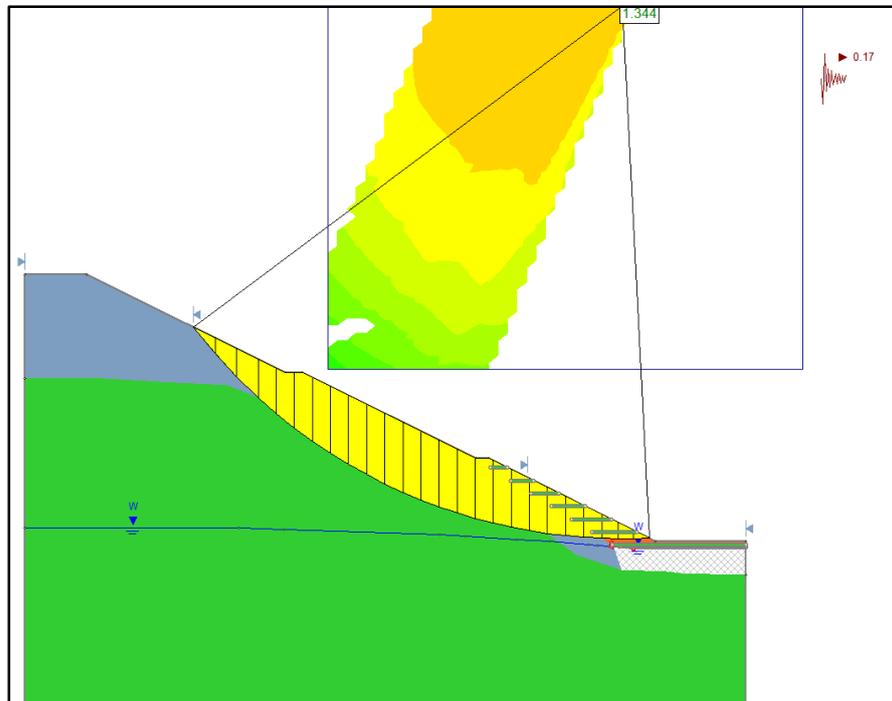
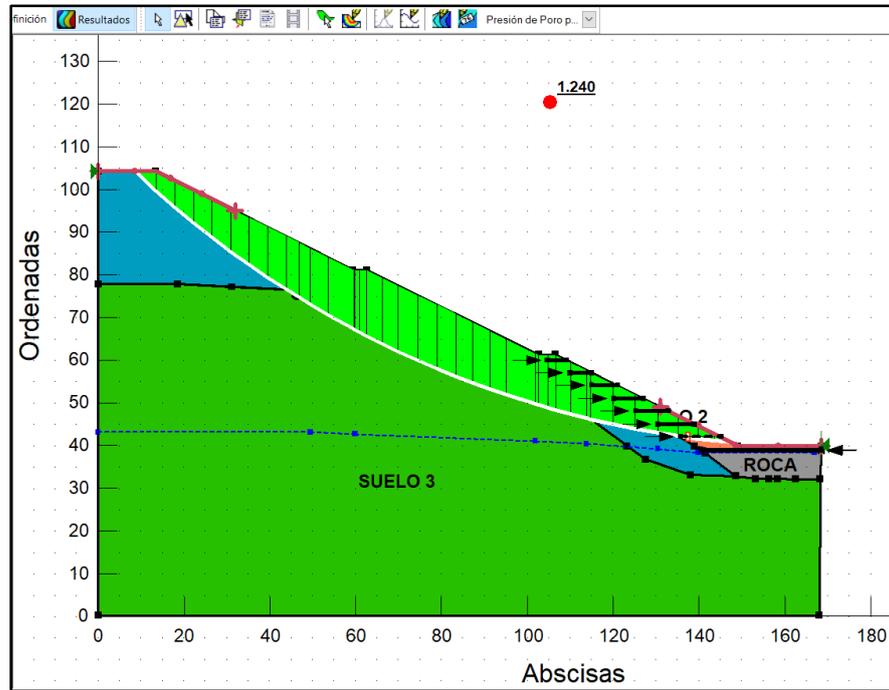


Figura 70

Análisis Pseudo estático - Software Slope



El análisis de estabilidad de talud reforzado Pseudo estático, la que se encuentra en la progresiva 0+500 – 0+675 cuenta con el siguiente factor de seguridad:

Tabla 59

Factor de seguridad - progresiva 0+500 - 0+675

Factor de seguridad	
Slide	Slope
1,344	1,240

4.2.1.7. Falla local de talud sin reforzamiento – Pseudo estático.

- Zona 1: progresiva 0+120 – 0+160 – Análisis de estabilidad de talud
Pseudo Estático – Falla Local.

Tabla 60

Análisis de estabilidad de talud Pseudo estático - Falla local.

Análisis de Estabilidad de taludes – sin reforzamiento					
Tipo de análisis	Suelo	γ suelo (kN/m ³)	C (kN/m ²)	Φ	FS
Estático	GP-GC, A-2-6(0)	21,08	20,43	30,39	
	GP-GC, A-2-4(0)	21,48	20,43	30,39	1,124
	Morrena	21,00	20,00	36,00	1,145
	Relave	23,68	0,00	20,27	

Figura 71

Análisis Pseudo estático - Software Slide

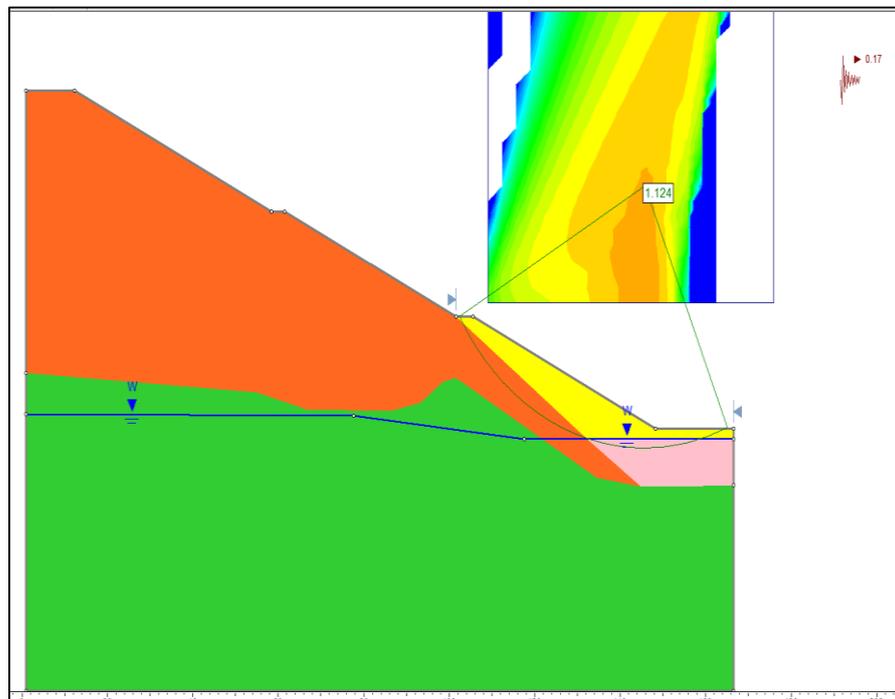
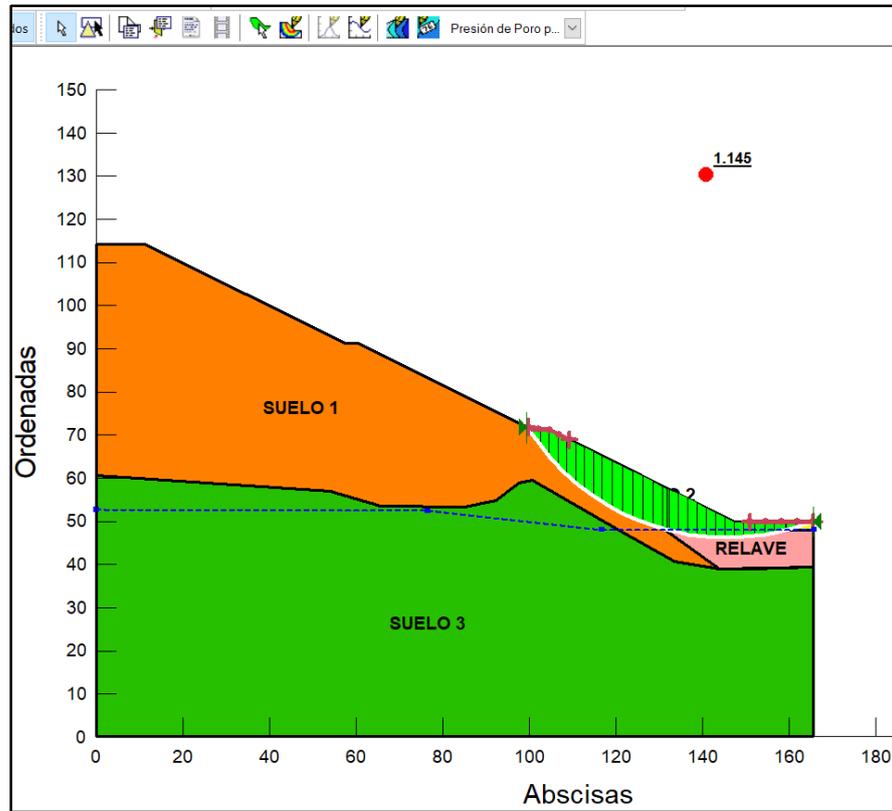


Figura 72

Análisis Pseudo estático - Software Slope



El análisis de estabilidad de talud sin reforzar Pseudo estático, la cual se encuentra en la progresiva 0+120 – 0+160 cuenta con el siguiente factor de seguridad:

Tabla 61

Factor de seguridad - progresiva 0+120 - 0+160

Factor de seguridad	
Slide	Slope
1,124	1,145

- Zona 2: progresiva 0+220 – 0+340 – Análisis de estabilidad de talud Pseudo Estático – Falla Local.

Tabla 62

Análisis de estabilidad de talud Pseudo estático - Falla Local.

Análisis de Estabilidad de taludes – sin reforzamiento					
Tipo de análisis	Suelo	γ suelo (kN/m ³)	C (kN/m ²)	Φ	FS
Estático	GP-GC, A-2-6(0)	21,08	20,43	30,39	
	GW-GC, A-2-6(0)	21,28	19,39	30,66	1,280
	Morrena	21,00	20,00	36,00	1,198
	Relave	23,68	0,00	20,27	

Figura 73

Análisis Pseudo estático - Software Slide

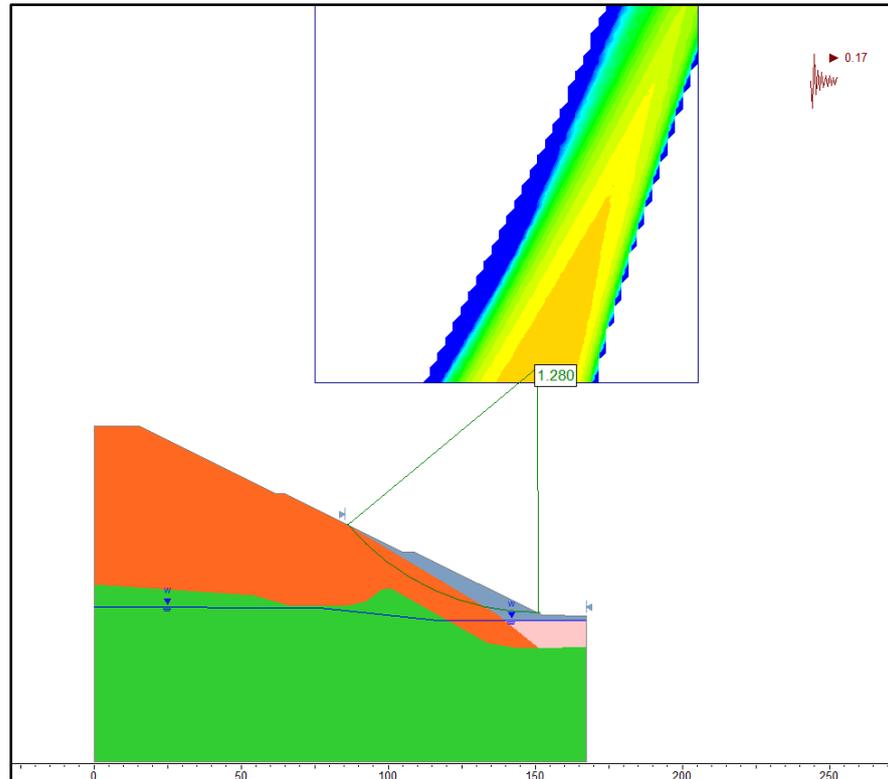
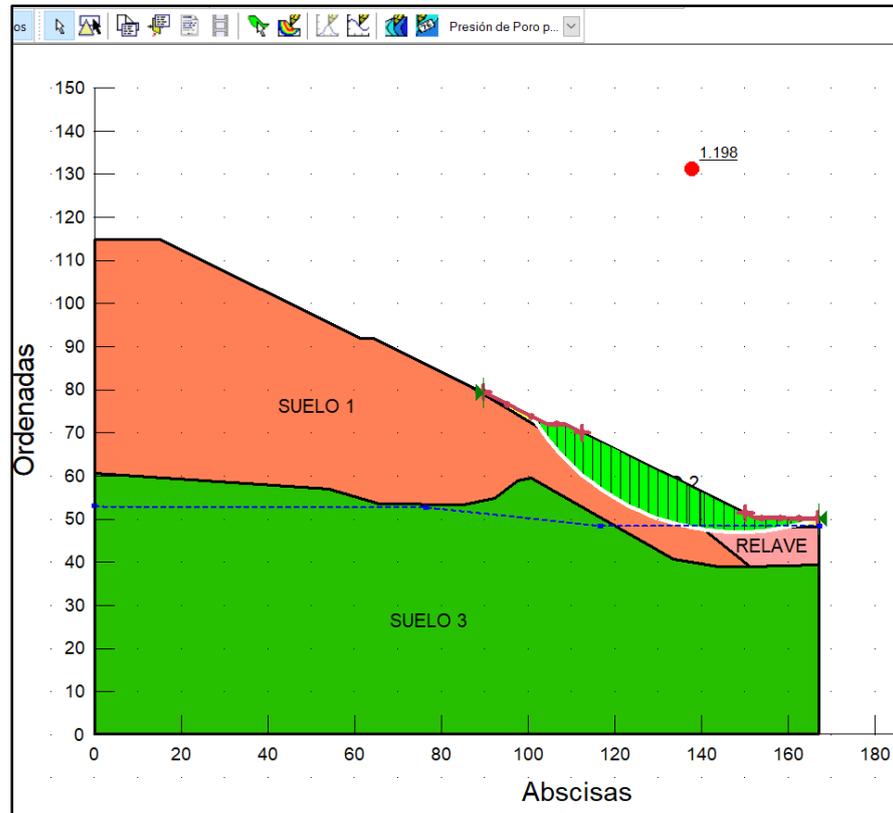


Figura 74

Análisis Pseudo estático - Software Slope



El análisis de estabilidad de talud sin reforzar Pseudo estático, la cual se encuentra en la progresiva 0+220 – 0+340 cuenta con el siguiente factor de seguridad:

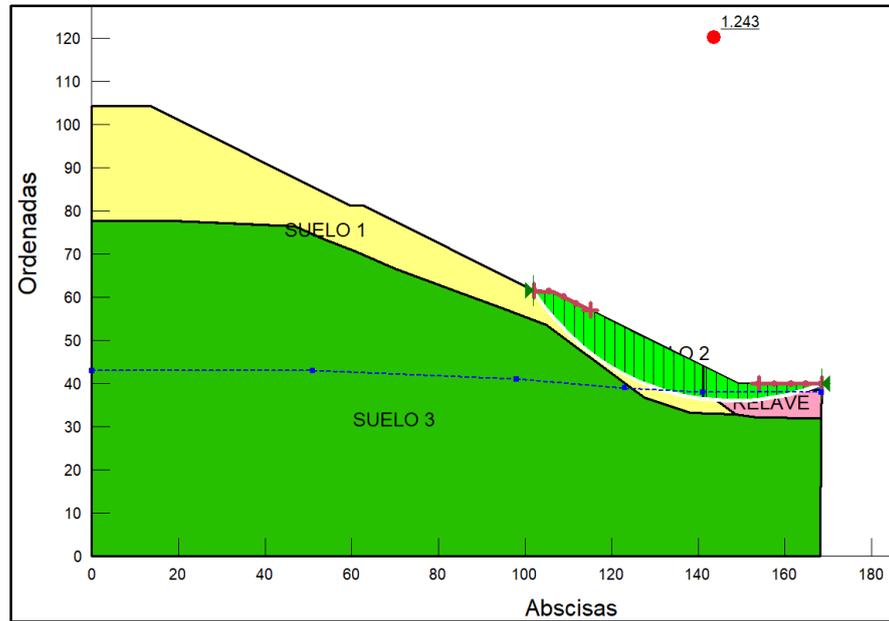
Tabla 63

Factor de seguridad - progresiva 0+220 - 0+340

Factor de seguridad	
Slide	Slope
1,280	1,198

Figura 76

Análisis Pseudo estático - Software Slope



El análisis de estabilidad de talud sin reforzar Pseudo estático, la cual se encuentra en la progresiva 0+420 – 0+500 cuenta con el siguiente factor de seguridad:

Tabla 65

Factor de seguridad - progresiva 0+420 - 0+500

Factor de seguridad	
Slide	Slope
1,388	1,243

- Zona 4: progresiva 0+500 – 0+675 – Análisis de estabilidad de talud Pseudo Estático – Falla Local.

Tabla 66

Análisis de estabilidad de talud Pseudo estático - Falla Local.

Análisis de Estabilidad de taludes – sin reforzamiento					
Tipo de análisis	Suelo	γ suelo (kN/m ³)	C (kN/m ²)	Φ	FS
Estático	GW-GC, A-2-6(0)	21,28	19,39	30,66	1,188
	GP-GC, A-2-6(0)	21,08	20,43	30,39	
	Morrena	21,00	20,00	36,00	1,232
	Relave	23,68	0,00	20,27	

Figura 77

Análisis Pseudo estático - Software Slide

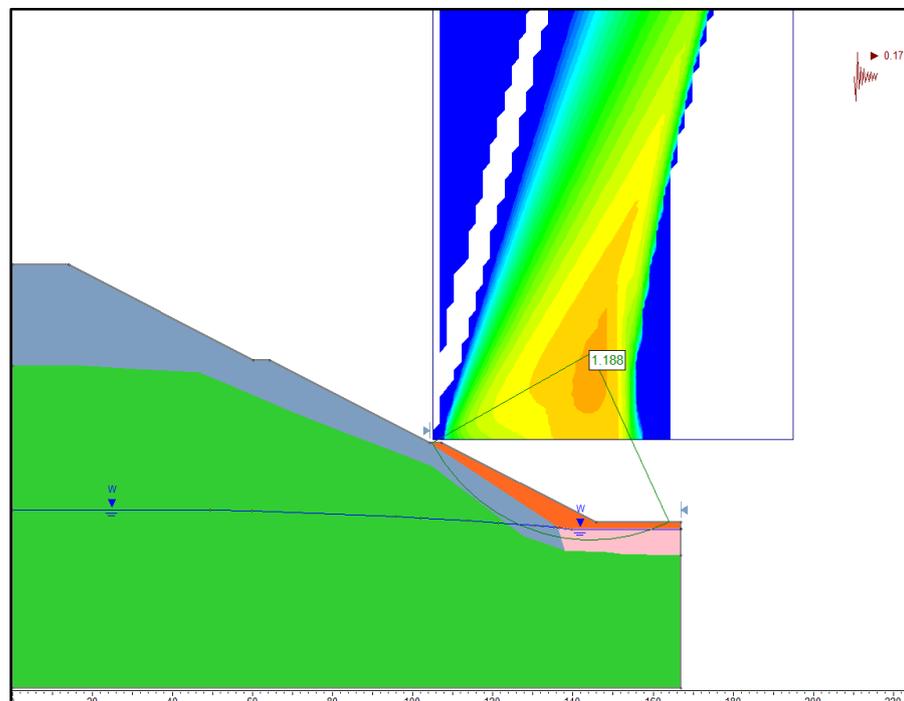
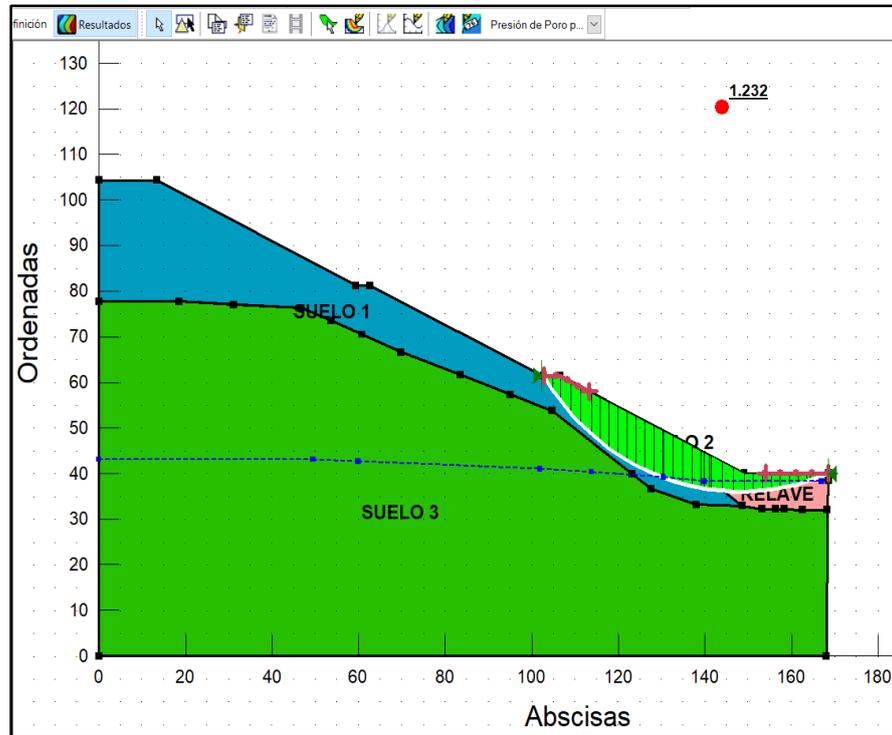


Figura 78

Análisis Pseudo estático - Software Slope



El análisis de estabilidad de talud sin reforzar Pseudo estático, la cual se encuentra en la progresiva 0+500 – 0+675 cuenta con el siguiente factor de seguridad:

Tabla 67

Factor de seguridad - progresiva 0+500 - 0+675

Factor de seguridad	
Slide	Slope
1,188	1,232

4.2.1.8. Falla local de talud con reforzamiento – Pseudo estático.

- Zona 1: progresiva 0+120 – 0+160 – Análisis de estabilidad de talud
Pseudo Estático – Falla Local.

Tabla 68

Análisis de estabilidad de talud reforzado Pseudo estático - Falla Local.

Análisis de Estabilidad de taludes – con reforzamiento					
Tipo de análisis	Suelo	γ suelo (kN/m ³)	C (kN/m ²)	Φ	FS
Estático	GP-GC, A-2-6(0)	21,08	20,43	30,39	
	GP-GC, A-2-4(0)	21,48	20,43	30,39	
	Morrena	21,00	20,00	36,00	1,368
	Geomalla				
	Roca	30,01	304,01	30,14	

Figura 79

Análisis Pseudo estático - Software Slide

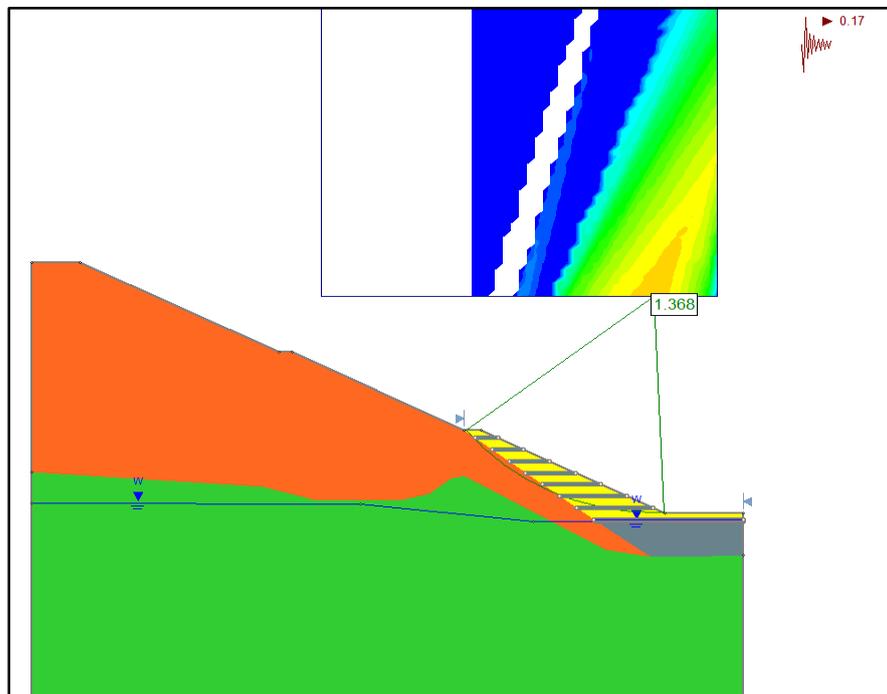
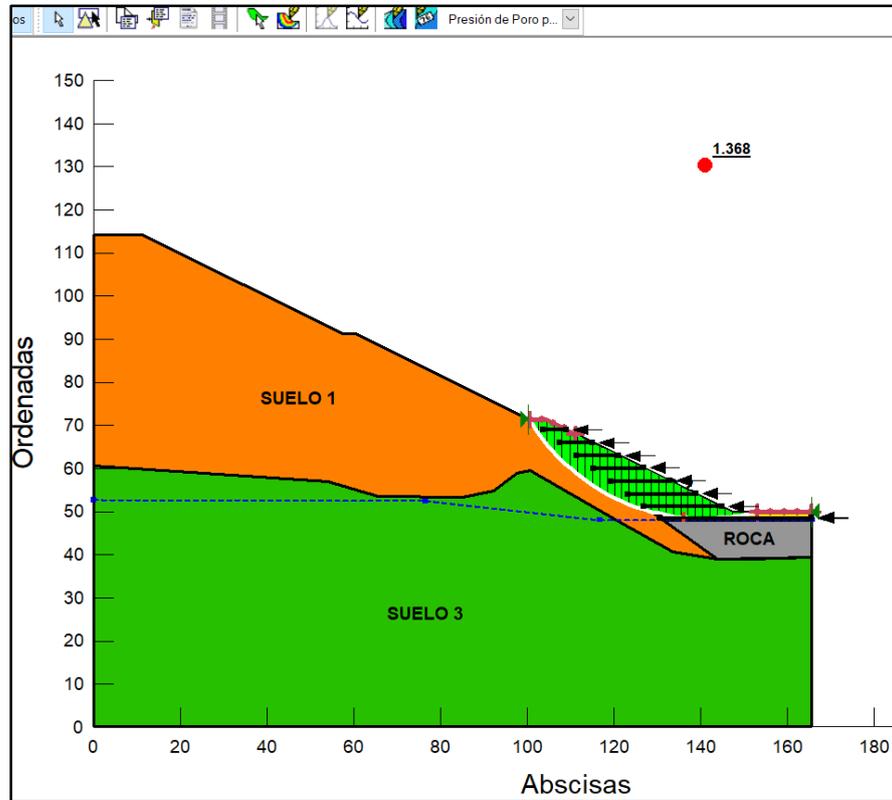


Figura 80

Análisis Pseudo estático - Software Slope



El análisis de estabilidad de talud reforzado Pseudo estático, la cual se encuentra en la progresiva 0+120 – 0+160 cuenta con el siguiente factor de seguridad:

Tabla 69

Factor de seguridad - progresiva 0+120 - 0+160

Factor de seguridad	
Slide	Slope
1,368	1,368

- Zona 2: progresiva 0+220 – 0+340 – Análisis de estabilidad de talud Pseudo Estático – Falla local.

Tabla 70

Análisis de estabilidad de talud reforzado Pseudo estático - Falla Local.

Análisis de Estabilidad de taludes – con reforzamiento					
Tipo de análisis	Suelo	γ suelo (kN/m ³)	C (kN/m ²)	Φ	FS
Estático	GP-GC, A-2-6(0)	21,08	20,43	30,39	1,293
	GW-GC, A-2-6(0)	21,28	19,39	30,66	
	Morrena	21,00	20,00	36,00	
	Geomalla				
	Roca	30,01	304,01	30,14	

Figura 81

Análisis Pseudo estático - Software Slide

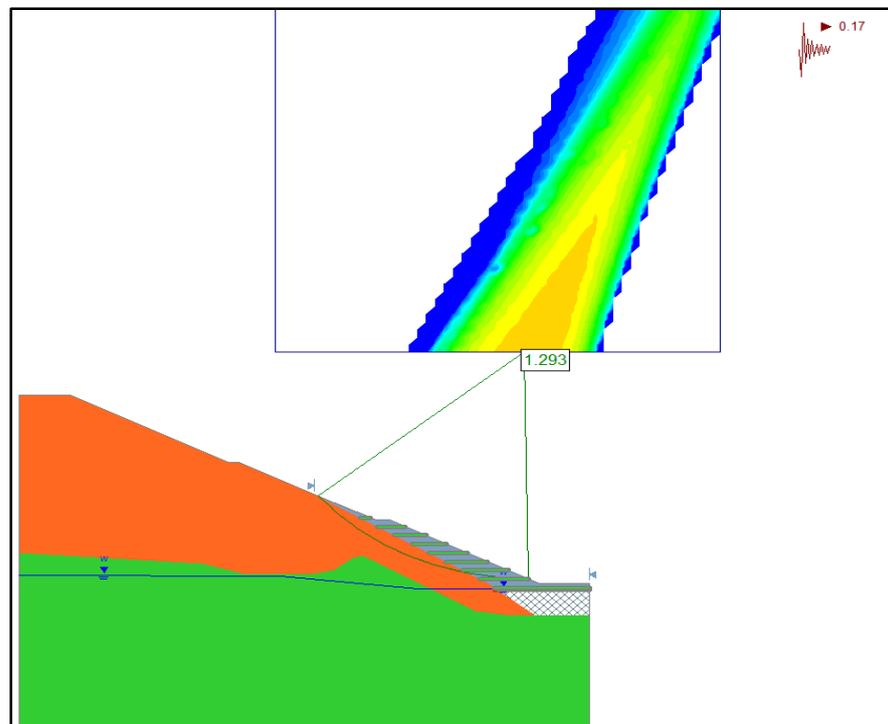
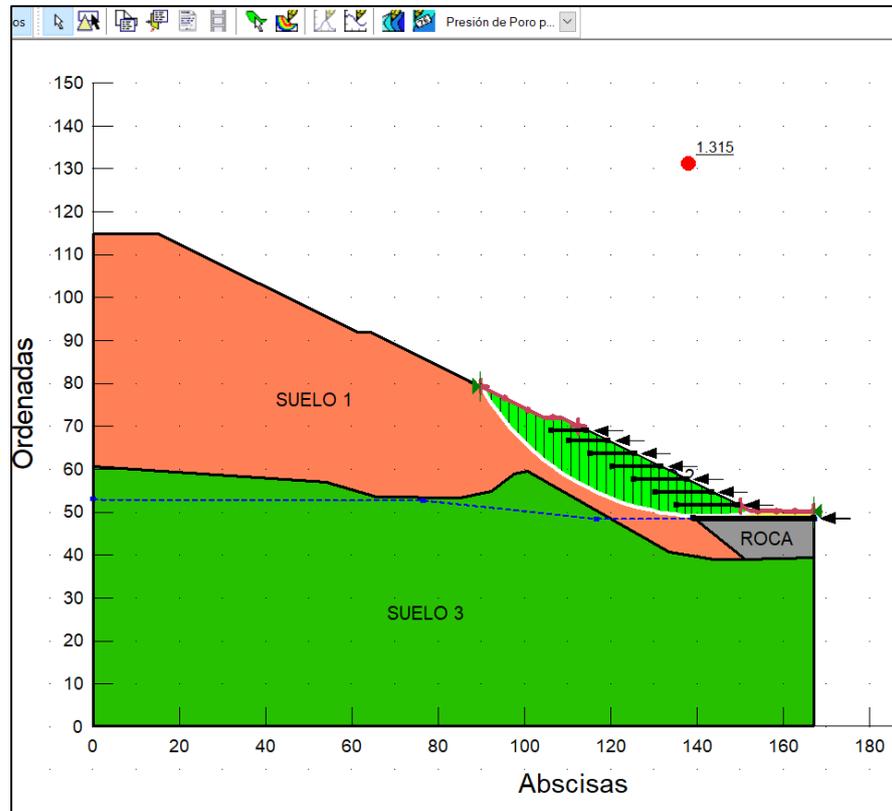


Figura 82

Análisis Pseudo estático - Software Slope



El análisis de estabilidad de talud reforzado Pseudo estático, la cual se encuentra en la progresiva 0+220 – 0+340 cuenta con el siguiente factor de seguridad:

Tabla 71

Factor de seguridad - progresiva 0+220 - 0+340

Factor de seguridad	
Slide	Slope
1,293	1,315

- Zona 3: progresiva 0+420 – 0+500 – Análisis de estabilidad de talud Pseudo Estático – Falla Local.

Tabla 72

Análisis de estabilidad de talud reforzado Pseudo estático - Falla Local.

Análisis de Estabilidad de taludes – con reforzamiento					
Tipo de análisis	Suelo	γ suelo (kN/m ³)	C (kN/m ²)	Φ	FS
Estático	GP-GC, A-2-4(0)	21,48	20,43	30,39	
	GW-GC, A-2-6(0)	21,28	19,39	30,66	1,619
	Morrena	21,00	20,00	36,00	1,352
	Geomalla				
	Roca	30,01	304,01	30,14	

Figura 83

Análisis Pseudo estático - Software Slide

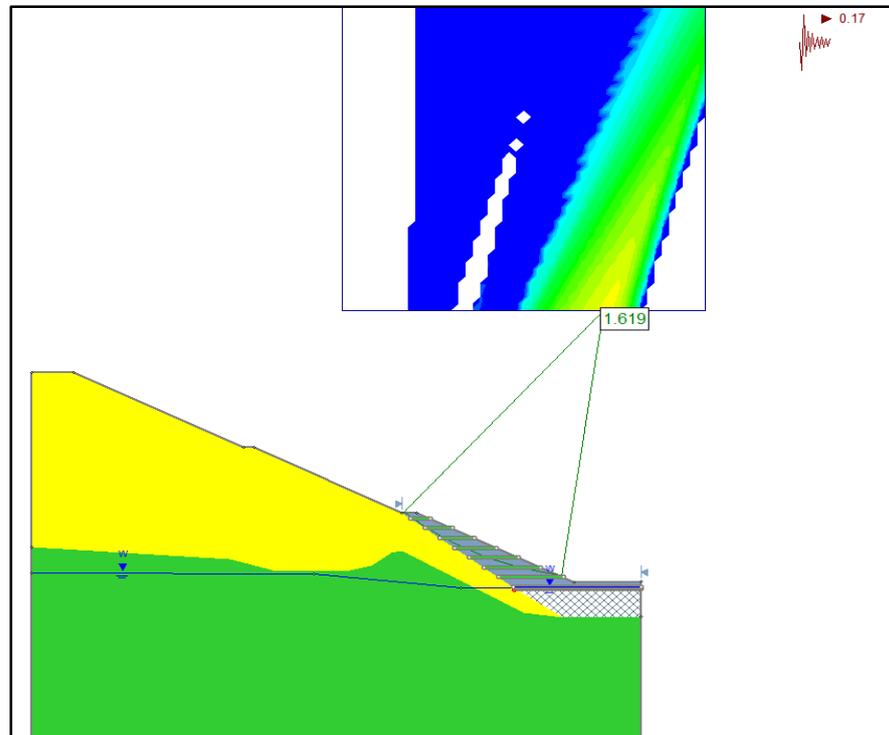
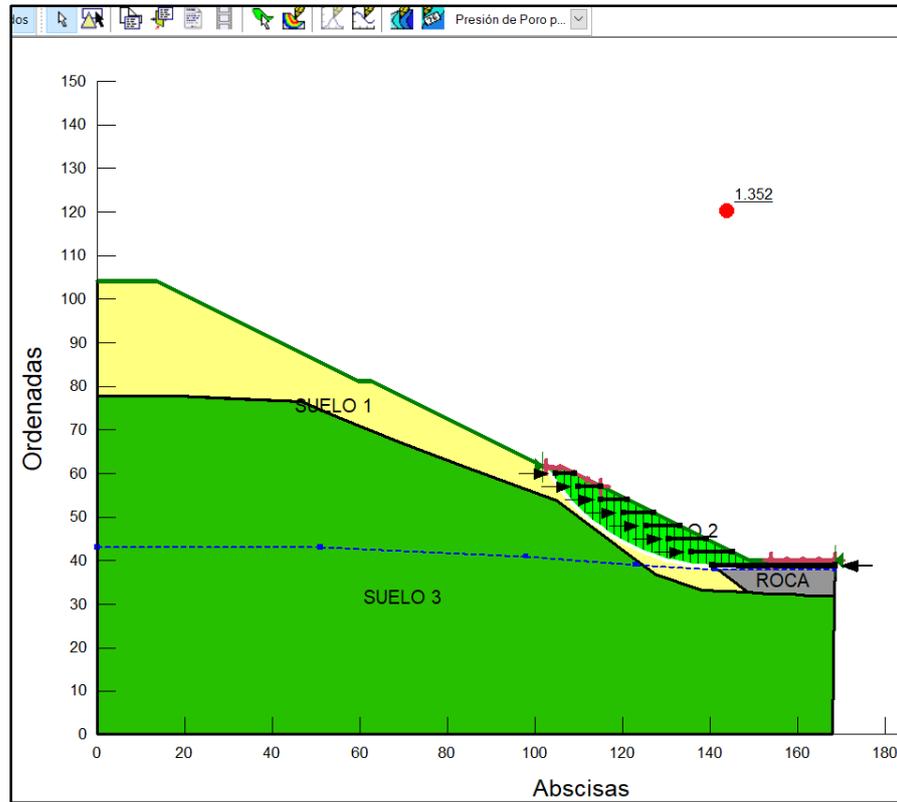


Figura 84

Análisis Pseudo estático - Software Slope



El análisis de estabilidad de talud reforzado Pseudo estático, la cual se encuentra en la progresiva 0+420 – 0+500 cuenta con el siguiente factor de seguridad:

Tabla 73

Factor de seguridad - progresiva 0+420 - 0+500

Factor de seguridad	
Slide	Slope
1,619	1,352

- Zona 4: progresiva 0+500 – 0+675 – Análisis de estabilidad de talud Pseudo Estático – Falla Local.

Tabla 74

Análisis de estabilidad de talud reforzado Pseudo estático - Falla Local.

Análisis de Estabilidad de taludes – con reforzamiento					
Tipo de análisis	Suelo	γ suelo (kN/m ³)	C (kN/m ²)	Φ	FS
Estático	GW-GC, A-2-6(0)	21,28	19,39	30,66	1,358
	GP-GC, A-2-6(0)	21,08	20,43	30,39	
	Morrena	21,00	20,00	36,00	
	Geomalla				
	Roca	30,01	304,01	30,14	

Figura 85

Análisis Pseudo estático - Software Slide

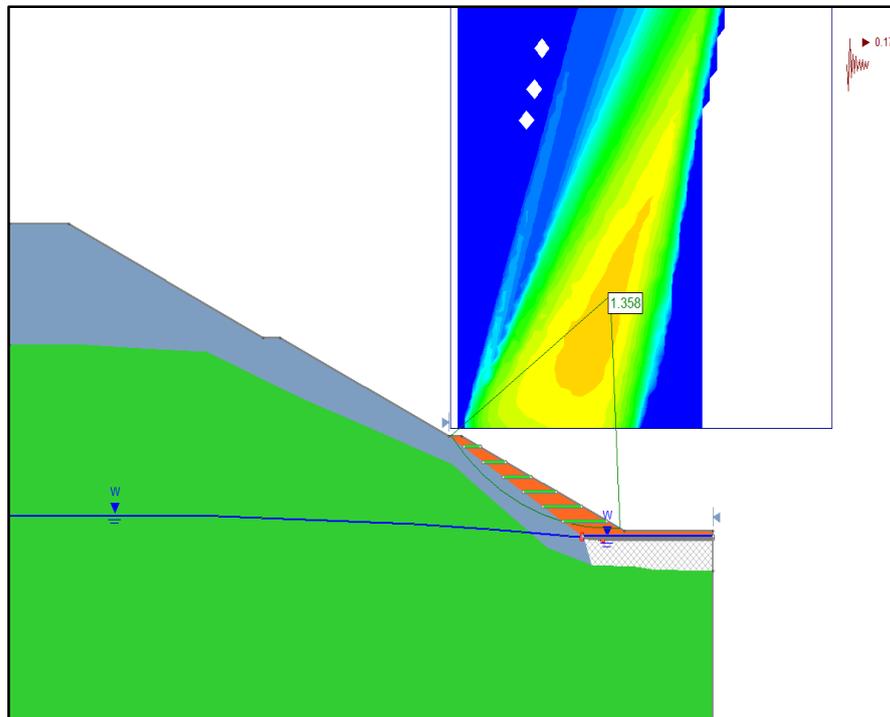
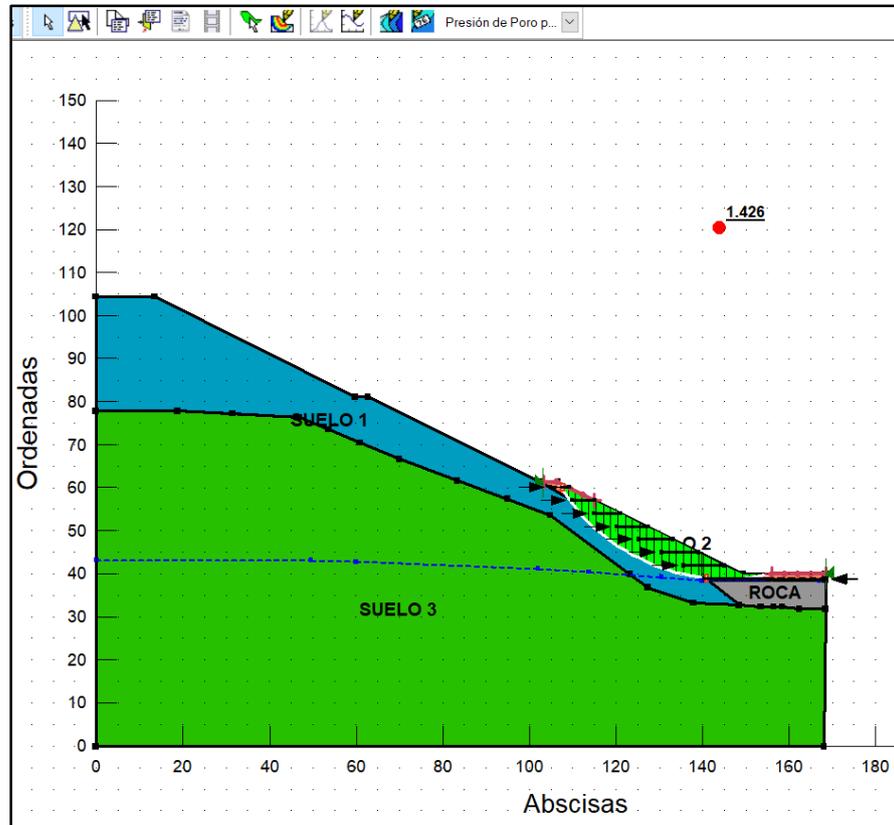


Figura 86

Análisis Pseudo estático - Software Slope



El análisis de estabilidad de talud reforzado Pseudo estático, la cual se encuentra en la progresiva 0+500 – 0+675 cuenta con el siguiente factor de seguridad:

Tabla 75

Factor de seguridad - progresiva 0+500 – 0+675

Factor de seguridad	
Slide	Slope
1,358	1,426

4.2.2. Resultados

De acuerdo a todos los diseños realizados en los softwares slide y slope presento los siguientes resultados:

4.2.2.1. Diseño Estático

Para el diseño estático se tomará en cuenta la falla circular global y la falla circular local donde se adicionó material propio para completar el diseño del talud según el expediente técnico.

El análisis del factor de seguridad será de los taludes sin reforzamiento y con reforzamiento (roca y geomalla), para comparar si el tipo de reforzamiento era el más adecuado o no.

Tabla 76

Análisis de estabilidad de talud estático – Falla Global con el software Slide

Progresiva	Factor de seguridad - Diseño Estático	
	Sin reforzamiento	Con reforzamiento
0+120 - 0+160	1,604	1,656
0+220 - 0+340	1,593	1,598
0+420 - 0+500	1,605	1,605
0+500 - 0+675	1,841	1,958

Tabla 77*Análisis de estabilidad de talud estático – Falla Global con el**Software Slope*

Progresiva	Factor de seguridad - Diseño Estático	
	Sin reforzamiento	Con reforzamiento
0+120 - 0+160	1,605	1,606
0+220 - 0+340	1,592	1,593
0+420 - 0+500	1,798	1,798
0+500 - 0+675	1,800	1,801

Tabla 78*Análisis de estabilidad de talud estático – Falla Local con el**Software Slide*

Progresiva	Factor de seguridad - Diseño Estático	
	Sin reforzamiento	Con reforzamiento
0+120 - 0+160	1,653	1,953
0+220 - 0+340	1,845	1,867
0+420 - 0+500	1,969	2,394
0+500 - 0+675	1,768	1,909

Tabla 79

Análisis de estabilidad de talud estático – Falla Local con el software Slope

Progresiva	Factor de seguridad Diseño Estático	
	Sin reforzamiento	Con reforzamiento
0+120 - 0+160	1,689	1,929
0+220 - 0+340	1,743	1,883
0+420 - 0+500	1,811	1,905
0+500 - 0+675	1,800	2,018

4.2.2.2. Diseño Pseudo estático

Para el diseño pseudo estático se modelará con una aceleración horizontal de 0,17 según la zona donde se encuentra ubicada la desmontera Excélsior.

El análisis del factor de seguridad bajo acción sísmica se realizará para los taludes más desfavorables sin reforzamiento y con reforzamiento y se analizarán para un talud con falla global y un talud con local para verificar si cumplen o no con los coeficientes de seguridad que indica la normativa AASHTO LRFD tal como se muestra en las siguientes tablas:

Tabla 80

Análisis de estabilidad de talud Pseudo estático – Falla Global con el software Slide

Progresiva	Factor de seguridad Diseño Pseudo estático	
	Sin reforzamiento	Con reforzamiento
0+120 - 0+160	1,103	1,147
0+220 - 0+340	1,096	1,098
0+420 - 0+500	1,107	1,109
0+500 - 0+675	1,269	1,344

Tabla 81

Análisis de estabilidad de talud Pseudo estático – Falla Global con el software Slope

Progresiva	Factor de seguridad Diseño Pseudo estático	
	Sin reforzamiento	Con reforzamiento
0+120 - 0+160	1,103	1,104
0+220 - 0+340	1,095	1,096
0+420 - 0+500	1,237	1,237
0+500 - 0+675	1,238	1,240

Tabla 82

Análisis de estabilidad de talud Pseudo estático – Falla Local con el software Slide

Progresiva	Factor de seguridad Diseño Pseudo estático	
	Sin reforzamiento	Con reforzamiento
0+120 - 0+160	1,124	1,368
0+220 - 0+340	1,280	1,293
0+420 - 0+500	1,388	1,619
0+500 - 0+675	1,188	1,358

Tabla 83

Análisis de estabilidad de talud Pseudo estático – Falla Local con el software Slope

Progresiva	Factor de seguridad Diseño Pseudo estático	
	Sin reforzamiento	Con reforzamiento
0+120 - 0+160	1,145	1,368
0+220 - 0+340	1,198	1,315
0+420 - 0+500	1,243	1,352
0+500 - 0+675	1,232	1,426

4.3. Prueba de Hipótesis.

4.3.1. Para la hipótesis general

Si el análisis de hincado de rocas y la aplicación de geomalla uniaxial en la estabilización del suelo del depósito de relave en la desmontera Excelsior del distrito de Simón Bolívar – Pasco. Podemos indicar que el hincado de rocas y colocación de geomalla uniaxial de 400 x 50 kN/ m² estabilizaron el suelo del depósito de relave de la desmontera Excelsior que se encontraba en el pie de talud, este relleno sirvió para el traslado de los equipos pesados para el corte y relleno de material de talud, y como se puede verificar según los softwares slide y slope el factor de seguridad de los taludes con el mejoramiento de suelo con falla local es mayor que el talud sin reforzamiento.

4.3.2. Para las hipótesis específicas

Las pruebas fueron satisfactorias ya que el hincado de rocas refuerza el suelo del depósito de relave en la desmontera Excelsior del distrito de Simón Bolívar – Pasco. Porque este trabaja como filtro del agua subterránea y como material de relleno con una buena capacidad de soporte tal como se muestra en las fotografías siguientes:

Por otro lado, podemos afirmar que la aplicación de la geomalla uniaxial de 400 x 50 KN/m² y de 400 x 30 KN/m² influyen en la estabilización del suelo del depósito de relave de la desmontera Excelsior del distrito de Simón Bolívar – Pasco, por que generó mayor resistencia tanto en el relleno para el acceso de los equipos pesados como para el relleno del talud que pedía el expediente técnico y con el análisis en los softwares slide y slope contamos con factores de seguridad mínimos que indican en la norma AASHTO LRFD y CE 0.20.

Así mismo podemos afirmar que el factor de seguridad estático y pseudo estático influye en la estabilización de suelos con hincado de rocas y aplicación de geomalla uniaxial de la desmontera Excelsior del distrito de Simón Bolívar – Pasco, ya que el factor de seguridad en el análisis estático es mayor que el factor de seguridad en el análisis pseudo estático por la aplicación de la aceleración horizontal de 0,17 y ambos cumplen con los coeficientes mínimos que indican las normativas AASHTO LRFD mientras que para la norma peruana CE 0.20 cumplen con el coeficiente estático pero no para el coeficiente pseudo estático.

4.4. Discusión de Resultados.

Para esta tesis se realizaron diferentes tipos de ensayos tanto al suelo como a la roca y algunos proporcionados por la empresa contratista para realizar los diseños de estabilidad de talud tanto en el software Slide y como el slope que nos ayudaron a identificar el factor de seguridad que deberían contar los taludes que se encontraban encima de un suelo con relave y un suelo mejorado con roca - geomalla uniaxial.

El análisis de estabilidad de taludes se llevó a cabo en las zonas más desfavorables de la desmontera Excelsior para verificar si el coeficiente de seguridad estático y pseudo estático cumplen con la normativa AASHTO LRFD y CE 0.20 para talud permanente.

Tabla 84

Coeficiente de seguridad

Normativa	Talud temporal		Talud permanente	
	Estática	Sísmica	Estática	Sísmica
AASHTO	1,33 - 1,53	1,1	1,33 - 1,53	1,1
CE 0.20	-	-	1,5	1,25

Como podemos verificar de acuerdo al análisis en ambos softwares el factor de seguridad por cada progresiva fueron los siguientes:

Tabla 85

Análisis del factor de seguridad para un talud con falla global

Software	Progresiva	Factor de seguridad Diseño Estático		Factor de seguridad Diseño Pseudo estático	
		Sin reforzamiento	Con reforzamiento	Sin reforzamiento	Con reforzamiento
Slide	0+120 - 0+160	1,604	1,656	1,103	1,147
	0+220 - 0+340	1,593	1,598	1,096	1,098
	0+420 - 0+500	1,605	1,605	1,107	1,109
	0+500 - 0+675	1,841	1,958	1,269	1,344
Slope	0+120 - 0+160	1,605	1,606	1,103	1,104
	0+220 - 0+340	1,592	1,593	1,095	1,096
	0+420 - 0+500	1,798	1,798	1,237	1,237
	0+500 - 0+675	1,800	1,801	1,238	1,240

Tabla 86

Análisis del factor de seguridad para un talud con falla local

Software	Progresiva	Factor de seguridad Diseño Estático		Factor de seguridad Diseño Pseudo estático	
		Sin reforzamiento	Con reforzamiento	Sin reforzamiento	Con reforzamiento
Slide	0+120 - 0+160	1,653	1,953	1,124	1,368
	0+220 - 0+340	1,845	1,867	1,280	1,293
	0+420 - 0+500	1,969	2,394	1,388	1,619
	0+500 - 0+675	1,768	1,909	1,188	1,358
Slope	0+120 - 0+160	1,689	1,929	1,145	1,368
	0+220 - 0+340	1,743	1,883	1,198	1,315
	0+420 - 0+500	1,811	1,905	1,243	1,352
	0+500 - 0+675	1,800	2,018	1,232	1,426

Según la tabla 84 indica que para taludes permanentes el coeficiente de seguridad estático norma AASHTO está entre 1,33 - 1,53 y norma CE 0.20 está en 1,5 por lo que podemos afirmar de acuerdo al análisis en ambos softwares

slide y slope los coeficientes de seguridad estáticos para el talud sin reforzamiento con falla global se encuentran entre 1,593 – 1,841 para el software slide; mientras que en el software slope cuenta con un factor de seguridad entre 1,592 – 1,800 , esto quiere decir que el factor de seguridad estático con falla global es mayor que el factor de seguridad estático que indica la norma AASHTO LRFD y CE 0.20. Por tanto, cumple con la estabilidad del talud en todas sus progresivas desfavorables.

Así mismo podemos afirmar que el factor de seguridad estático para los taludes sin reforzamiento con falla local en ambos softwares slide, slope se encuentra entre 1,653 – 1,969 y 1,689 – 1,811 sucesivamente, esto quiere decir que el factor de seguridad estático para la falla local cumple con lo que indica la norma AASHTO LRFD y con la norma CE 0.20.

De la misma forma el análisis del factor de seguridad en taludes con reforzamiento con falla global en ambos softwares slide, slope están entre 1,598 – 1,958 y 1,593 – 1,801 sucesivamente, esto quiere decir que el factor de seguridad estático en taludes con reforzamiento para falla global cumple con las normas AASHTO LRFD Y CE 0.20.

Para taludes con reforzamiento y con falla local el factor de seguridad estático en ambos softwares oscila entre 1,867 – 2,394 y 1,883 – 2,018 sucesivamente, esto nos indica que el coeficiente de seguridad estático en taludes con reforzamiento con falla local cumple con las normas AASHTO LRFD Y CE 0.20.

Para taludes sin reforzamiento con falla global contamos con coeficientes de seguridad pseudo estáticos para ambos softwares slide, slope entre 1,096 – 1,269 y 1,095 – 1,238 sucesivamente; no obstante la tabla 84 indica que para

taludes permanentes el coeficiente de seguridad pseudo estático según norma AASHTO está 1,1 y la norma CE 0.20 está en 1,25 por lo que podemos afirmar que cumplen con la estabilidad de talud con la norma AASHTO LRFD mientras que para la norma peruana CE 0.20 el factor de seguridad está por debajo de 1,25 por lo que sería necesario realizar mejoramientos como lo viene realizando el contratista de confinar todo el talud para evitar que el agua produzca cortes en la cresta del talud.

Para taludes con reforzamiento y falla global contamos con coeficientes de seguridad pseudo estáticos para ambos softwares slide, slope entre 1,098 – 1,344 y 1,096 – 1,240 sucesivamente; sin embargo la tabla 84 indica que para taludes permanentes el coeficiente de seguridad pseudo estático según norma AASHTO está 1,1 y la norma CE 0.20 está en 1,25 por lo que podemos afirmar que cumplen con la estabilidad de talud con la norma AASHTO LRFD mientras que para la norma peruana CE 0.20 el factor de seguridad está por debajo de 1,25 en algunos taludes.

Así mismo podemos afirmar que el factor de seguridad pseudo estático para los taludes sin reforzamiento con falla local en ambos softwares slide, slope oscilan entre 1,188 – 1,388 y 1,145 – 1,243 sucesivamente, esto quiere decir que el factor de seguridad pseudo estático para taludes sin reforzamiento y con la falla local cumple con lo que indica la norma AASHTO LRFD mientras que para la norma peruana CE 0.20 algunos taludes se encuentran por debajo del factor de seguridad de 1,25 incumpliendo con la estabilidad del talud.

De la misma forma el análisis del factor de seguridad pseudo estático en taludes con reforzamiento y con falla local en ambos softwares slide, slope oscilan entre 1,293 – 1,619 y 1,315 – 1,426 sucesivamente, esto quiere decir que

el factor de seguridad pseudo estático en taludes con reforzamiento para falla local cumple con las normas AASHTO LRFD Y CE 0.20 según la tabla 84.

CONCLUSIONES

Por tanto, concluyo que el factor de seguridad estático para taludes sin reforzamiento y con reforzamiento de falla global cumplen con el factor de seguridad de acuerdo a la norma AASHTO LRFD y para la norma CE 0.20. Mientras que para taludes sin reforzamiento y con reforzamiento de falla global, el factor de seguridad pseudo estático cumple para las progresivas 0+120 – 0+160, 0+420 – 0+500, 0+500 – 0+675 lo indicado en la norma AASHTO LRFD, mientras que en la progresiva 0+220 – 0+340 no cumple con la norma AASTHO LRFD, de igual manera el factor de seguridad pseudo estático para el talud con reforzamiento de falla global cumple para la progresiva 0+500 – 0+675 con el software slide con el factor de seguridad de 1,25 de la norma CE 0.20, mientras que para todas las progresivas y para ambos análisis en los softwares slide y slope no cumplen con el factor de seguridad pseudo estático.

Para los taludes sin reforzamiento y con reforzamiento de falla local el factor de seguridad estático cumple para la norma AASHTO LRFD y norma CE 0.20. así como también el factor de seguridad pseudo estático para taludes sin reforzamiento y con reforzamiento de falla local cumplen con lo indicado por la norma AASHTO LRFD y CE 0.20, esto se debe a que el mejoramiento de suelo con roca y geomalla se realizó en la zona donde ocurre la falla local.

RECOMENDACIONES

Esta investigación cuenta con las recomendaciones siguientes:

1. Recomendar que las muestras de relave se deberían de sacar de la zona a ejecutar para que los análisis de talud sin reforzamiento sean exactos.
2. Se recomienda que la piedra usada para el relleno al pie del talud debe contar con ensayos de corte para obtener los datos exactos al momento de analizar el talud con los softwares slide y slope.
3. Se recomienda que deberían realizar el engrampe de material nuevo con el antiguo para el mejor funcionamiento del talud

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abecasis Hachuel, J., & Rocci Boccaleri, S. (1987). Sistematización de los medios de compactación y su control. Centro de publicaciones.
- Activos Mineros S.A.C. (Marzo de 2018). Expediente Técnico - Adicional de obra N° 01. *Retiro y disposición final de geomalla existente*. Perú.
- ASTM. (marzo de 1994). Density of Soil and Rock in Place by the Water Replacement. *D 5030 – 89*. Estado Unidos.
- Correa Julcarima, I. S. (2018). Análisis del uso de geosintéticos como componentes en la estabilización de taludes y refuerzo de la presa de relaves Animón. Pasco, Perú.
- Doroteo Cid, C. (Setiembre de 2014). Mejoramiento de suelo por sustitución de material. Puebla, México.
- Duncan, Duncan, J., Wright, S., & Brandon, T. (2014). Soil Strength and Slope Stability. New Jersey: John Wiley and Sons.
- Gandaillas Antezana, H., & Gandarillas Rodríguez, L. (2010). Enfoques de diseño de presas de enrocado con membrana impereable. Bolívia.
- Gavidia Paredes, E. (Enero de 2012). Presas de enrocamiento. El Salvador.
- Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, P. (2003). *Metodología de la Investigación*. México: McGraw-Hill.
- Lloni Novoa, F. (2017). Aplicación de la geomalla triaxial para mejorar la estabilidad de suelos blandos en la avenida Trapiche Chillón, Carabayllo. Lima, Perú.
- Montejo Fonseca, A. (2002). Ingeniería de pavimentos para carreteras. Bogota, Colombia: Universidad Católica de Colombia.
- Norma CE.020 Suelos y Taludes. (2019). Lima, Perú.
- Norma Técnica E.030 Diseño Sismorresistente. (2019). Lima, Perú.
- Pavco S.A. (Junio de 2009). Manual de diseño con Geosintéticos. Bogotá, Colombia.

Taipe Sarmiento, W., & Tovar Choccelahua, E. (2012). Comportamiento del pavimento flexible con el uso de geomalla en el Distrito de Lirkay Km 0+010 camino Ocopa, Departamento de Huancavelica. Huancavelica, Perú.

Valiente Zanz, R., Sobrecases Martí, S., & Díaz Orrego, A. (2015). Estabilidad de taludes: conceptos básicos, parámetros de diseño y métodos de cálculo. *Civilizate*, 5.

ANEXOS

ENSAYOS DE LABORATORIO

1. Muestra 01 (progresiva:)



LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS,
TECNOLOGÍA DE CONCRETOS Y MECÁNICA DE ROCAS

INFORME DE ENSAYO

128.01/2022

Pág. 1 de 9

Estudio Proyecto Solicitante
ZI.128.01/22 ANÁLISIS DE HINCADO DE ROCAS Y LA APLICACIÓN DE GEOMALLA UNIAXIAL EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS DEL DEPÓSITO DE RELAVE EN LA DESMONTERA EXCELSIOR DEL DISTRITO DE SIMÓN BOLÍVAR – PASCO

Descripción del proceso:

Caracterización del Suelo

Requisitos y especificaciones del solicitante:

Ninguna

Fecha de reporte de resultados:

21/12/2022

Datos del solicitante

JIMENEZ FERNANDEZ DEIVIS EDUAR

Tesista de la Facultad de Ingeniería, Escuela de Formación Profesional Civil de la Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión

Muestra N° Ref. Solicitante

ZI.128.01/22

C 01 - M 01

Fecha de recepción:

14/12/2022

Muestreo

La muestra fue remitida e identificada por el Solicitante

Descripción/Procedencia

Caracterización del Suelo/Desmontera Excelsior - Distrito de Simon Bolivar - Provincia de Pasco - Departamento de Pasco

INFORME:

ENSAYO	MÉTODO	RESULTADO	REPORTE DE ENSAYO N°
01.01 - Análisis Granulométrico por Tamizado	ASTM D6913/D6913M-17	Fracción Retenida del Suelo	
		T # 3' = 0.0	T # N° 20 = 9714.00
		T # 2' = 0.0	T # N° 40 = 6558.00
		T # 1 1/2' = 10464.0	T # N° 60 = 5126.00
		T # 1' = 9212.0	T # N° 100 = 4114.00
		T # 3/4' = 10204.0	T # N° 140 = 715.00
		T # 3/8' = 6498.0	T # N° 200 = 1814.00
		T # N° 4 = 4996.0	T <# N°200 = 9258.00
		T # N° 10 = 10496.00	
		01.02 - Limite Líquido, Limite Plástico e Índice de Plasticidad de Suelos	ASTM D4318-17e1
01.03. Clasificación de Suelos (*)	SUCS-Unificada / AASHTO	GP-GC : GRAVA POBREMENTE GRADADA CON ARCILLA AASHTO : A-2-6(0)	CS.ZI003.22
01.04. Contenido de Humedad	ASTM D2216-19	Contenido de humedad (%) = 8.80	W.ZI004.22
01.05. Peso Especifico del Suelo	ASTM D854 - 14	Peso Especifico (gr/cm3) = 2.15	PE.ZI005.22
01.06. Corte Directo	ASTM D3080/D3080M-11	Angulo de Fricción (°) = 30.39 Cohesión (KN/m2) = 20.43	CD.ZI006.22
01.07. Capacidad Portante	ASTM D3080 M-11	Capacidad Portante(Kg/cm2) = 2.14	CP.ZI007.22

Anexos : 07 Reportes de Ensayo (9 Páginas)

Los resultados del presente informe no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

Los resultados presentados se refieren únicamente a la muestra ensayada.

La fecha de ejecución de los ensayos se indica en los reportes de ensayo adjuntos que forman parte del presente informe.

El presente documento no debiera reproducirse sin la autorización escrita del laboratorio, salvo que la reproducción sea en su totalidad (GUIA PERUANA INDECOPI : G004:1993)

REPORTE DE ENSAYO

Muestra N°
ZI.128.01/22

Reporte N°
AG.ZI001.22

Pagina
2/9

Fecha
21/12/2022

**01.01 - Analisis Granulométrico por Tamizado
ASTM D6913/D6913M-17**

AGRANULOMETRIA POR TAMIZADO - D6913/D6913M-17

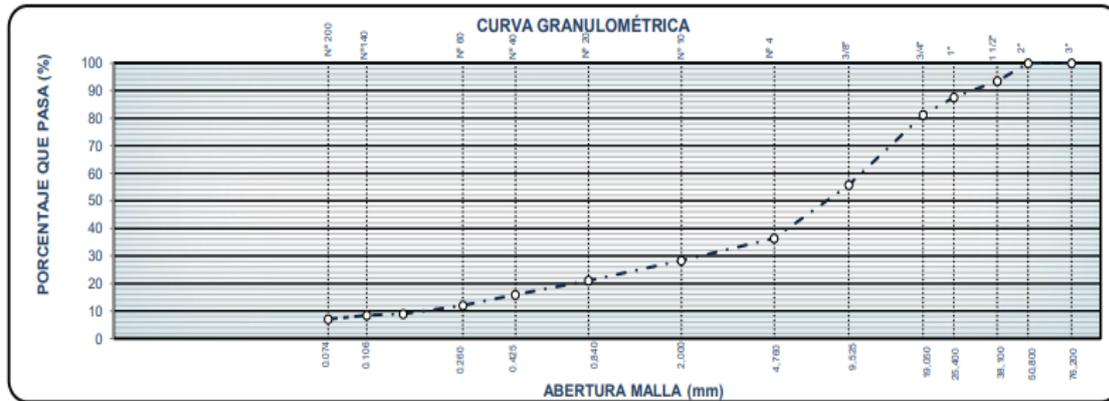
Tamiz (Abertura)		Masa Retenida	Parcial Retenido	Acumulado Retenido	Acumulado Pasante
		P'i	$N'i = \frac{P'i}{P1} \times 100$	N'i	$N'i = 100 - N'i$
("/N°)	(mm)	0.1 g	0.1%	0.1%	0.1%
3"	75.00	--	--	0.0	100.0
2"	50.00	--	--	0.0	100.0
1 1/2"	37.50	10464.0	6.6	6.6	93.4
1"	25.00	9212.0	5.8	12.4	87.6
3/4"	19.00	10204.0	6.4	18.9	81.1
3/8"	9.50	6498.0	25.4	44.2	55.8
N° 4	4.75	4996.0	19.5	63.7	36.3
N° 10	2.00	10496.0	8.0	71.7	28.3
N° 20	0.840	9714.0	7.4	79.1	20.9
N° 40	0.425	6558.0	5.0	84.0	16.0
N° 60	0.250	5126.0	3.9	87.9	12.1
N° 100	0.150	4114.0	3.1	91.1	8.9
N° 140	0.106	715.0	0.5	91.6	8.4
N° 200	0.075	1814.0	1.4	93.0	7.0
< N° 200	0.000	9258.0	7.0	100.0	--

Metodo de Ensayo = A
Tipo de Tamizado = Compuesto

Separacion de Especimen	Tamiz	% Retenido
1er Fraccionamiento	3/4"	18.86
2do Fraccionamiento	N° 4	55.3

% Grava	=	63.7
% Arena	=	29.3
% Finos	=	7.0

D10 (%)	=	0.19
D30 (%)	=	2.58
D60 (%)	=	11.11
Cu	=	59.61
Cc	=	3.22



Observaciones : La muestra fue identificada, muestreada y remitida por el solicitante.

REPORTE DE ENSAYO
Muestra N°
 ZI.128.01/22

Reporte N°
 LC.ZI002.22

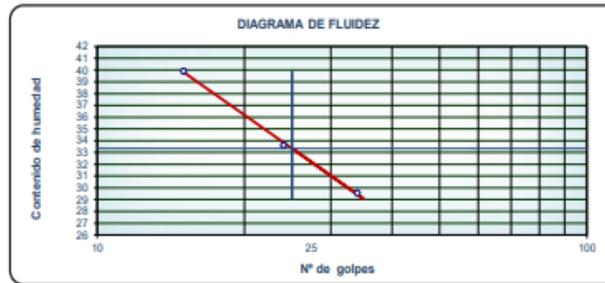
Página
 3/9

Fecha
 21/12/2022

01.02 - Limite Liquido, Limite Plastico e Indice de Plasticidad de Suelos
ASTM D4318-17e1

Preparacion de la muestra		Equipo de ensayo utilizado	
Humedad: <input type="checkbox"/>	Lavado de tamiz # 40: <input checked="" type="checkbox"/>	Limite Plástico:	Manual <input type="checkbox"/>
Secado al aire: <input checked="" type="checkbox"/>	Tamizado en seco en tamiz # 40: <input checked="" type="checkbox"/>		Mecánico <input checked="" type="checkbox"/>
Secado al horno: <input type="checkbox"/>	Mecanicamente por tamiz # 40: <input checked="" type="checkbox"/>	Limite Liquido:	Manual <input type="checkbox"/>
Mezcladas sobre plato de vidrio y retiradas las particulas medianas de arena: <input type="checkbox"/>			Mecánico <input checked="" type="checkbox"/>
Agua Mezclada:		Espátula Casagrande:	Manual <input type="checkbox"/>
Destilada: <input type="checkbox"/>	Desmineralizada: <input checked="" type="checkbox"/>		Otras: <input type="checkbox"/>

Limite Liquido					
Ensayo N°			1	2	3
Peso de la lata	m1	(0.01g)	13.80	14.10	18.80
Peso de la lata + Suelo húmedo	m2	(0.01g)	40.10	42.70	44.00
Peso de la lata + Suelo Seco	m3	(0.01g)	34.10	35.50	36.81
Peso del agua	ws=m3-m1	(0.01g)	6.00	7.2	7.19
Peso del suelo seco	ww=m2-m3	(0.01g)	20.3	21.4	18.01
Contenido de agua	$w = \frac{W_w}{W_s} \times 100$	0.1%	29.56	33.64	39.92
Numero de golpes			34	24	15
Limite Liquido	(%)		33		



Limite de Plasticidad				
Ensayo N°			1	2
Peso de la lata	m1	(0.01g)	14.10	13.90
Peso de la lata + Suelo húmedo	m2	(0.01g)	18.80	18.80
Peso de la lata + Suelo Seco	m3	(0.01g)	18.00	17.90
Peso del agua	ws=m3-m1	(0.01g)	0.8	0.9
Peso del suelo seco	ww=m2-m3	(0.01g)	3.9	4
Contenido de agua	$w = \frac{W_w}{W_s} \times 100$	0.1%	20.51	22.5
Limite de Plasticidad	(%)		22	
Indice de Plasticidad	(%)		11	

Observaciones : La muestra fue remitida e identificada por el Solicitante.

REPORTE DE ENSAYO

Muestra N°
ZI.128.01/22

Reporte N°
CS.ZI003.22

Página
4/9

Fecha
21/12/2022

01.03 - Clasificación de Suelos
Clasificación SUCS - Unificada / Clasificación AASHTO

Datos de la Muestra

Ubicación/ Referencia

Distrito de Simon Bolivar - Provincia de Pasco - Departamento de Pasco

Resultados Obtenidos en el Enayo de Aálisis Granulometrico (ASTM D6913-17) - % Acumulado Pasante

T#3"	T#2"	T#1 1/2"	T# 1"	T#3/4"	T#3/8"	T#N° 4	T#N° 10	T#N°20"	T#N° 40	T#N° 60	T#N° 100	T#N°140"	T#N° 200
(%)	CALICA	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)
100	100.0	93.4	87.6	81.1	55.8	36.3	28.3	20.9	16.0	12.1	8.9	8.4	7.0

Resultados Obtenidos en el Ensayo de Límites de Consistencia (AASHTM D4318)

L.L.	L.P.	I.P.
(%)	(%)	(%)
33	22	11

Clasificación de Suelos

SUCS - Unificada	GP-GC GRAVA POBREMENTE GRADADA CON ARCILLA
AASHTO	A-2-6(0)

Observaciones: La muestra fue remitida e identificada por el Solicitante.

REPORTE DE ENSAYO

Muestra N°
ZI.128.01/22

Reporte N°
W.ZI004.22

Página
5/9

Fecha
21/12/2022

01.04 - CONTENIDO DE HUMEDAD
ASTM D2216-19

METODO DE ENSAYO

Método A

Método B

Recipiente N°			1	2
Peso del Recipiente + Muestra húmeda	m1	(1g)	1407.9	1407.2
Peso de Recipiente + Muestra Seca	m2	(1g)	1326.1	1326.5
Peso del Recipiente	m3	(1g)	407.9	407.2
Peso del agua	Mw=m1-m2	(1g)	81.8	80.7
Peso de la Muestra seca	Ms=m2-m3	(1g)	918.2	919.3
Contenido de agua	$w = \frac{M_w}{M_s} \times 100$	0.1%	8.9	8.8
Contenido de Humedad		0.1%	8.8	

Observaciones: La muestra fue remitida e identificada por el Solicitante.

REPORTE DE ENSAYO

Muestra N°
ZI.128.01/22

Reporte N°
Y.ZI005.22

Pagina
6/9

Fecha
21/12/2022

01.05 - PESO ESPECÍFICO DEL SUELO ASTM D854 - 14

PESO ESPECÍFICO DE LA MUESTRA RETENIDA DE LA MALLA N° 4							
N°	DATOS	UND	M - 1	M - 2	M - 3	PROMEDIO	
1	P _{MNH}	A	gr	1665.00	1664.00	1664.00	1664.33
2	P _{MSH}	B	gr	1800.00	1800.00	1800.00	1800.00
3	P _{SSS} SUMERGIDO + CANASTILLA		gr	1900.00	1901.00	1901.00	1900.67
4	PESO DE LA CANASTILLA		gr	847.00	847.00	847.00	847.00
5	P _{MS} SUMERGIDO	C	gr	1053.00	1054.00	1054.00	1053.67
CÁLCULO							
5	PESO ESPECÍFICO APARENTE	$A/(B - C)$	gr/cm ³	2.23	2.23	2.23	2.23
6	PESO ESPECÍFICO APARENTE (S.S.S.)	$A/(B - C)$	gr/cm ³	2.23	2.23	2.23	2.23
6	PESO ESPECÍFICO NOMINAL	$A/(A - C)$	gr/cm ³	2.72	2.73	2.73	2.73

P_{MN}: Peso de la Muestra Natural

P_{MSH}: Peso de la Muestra Seca al Horno

P_{SSS}: Peso de la Muestra Superficialmente Seco

PESO ESPECÍFICO DE LA MUESTRA PASANTE A LA MALLA N°4							
N°	DATOS	UND	M - 1	M - 2	M - 3	PROMEDIO	
1	P _{MSH}			235.10	234.70	238.40	236.07
2	P _p +H ₂ O	A	gr	704.00	704.00	704.00	704.00
3	P _p +H ₂ O+P _M	B	gr	826.00	826.00	824.00	825.33
4	P _M	C	gr	250.00	250.00	250.00	250.00
CÁLCULO							
5	PESO ESPECÍFICO APARENTE	$C/(C+(A-B))$	gr/cm ³	2.08	2.08	2.01	2.06

P_p: Peso del Picnometro

P_M: Peso de la Muestra

P_{MSH}: Peso de la Muestra Seca al Horno

H₂O: Agua

PESO ESPECÍFICO DE LA MUESTRA TOTAL				
N°	DATOS	UND	Peso	
1	Peso total de la muestra	gr.	5092	
2	Peso retenido en la malla N° 4	gr.	2887	
3	Peso pasante a la malla N° 4	gr.	2205	
4	Porcentaje del peso retenido en la malla N° 4	%	56.70	
5	Porcentaje del peso pasante a la malla N° 4	%	43.30	
6	Peso Especifico de la muestra retenida de la malla N° 4	gr/cm ³	2.230	
7	Peso Especifico de la muestra pasante a la malla N° 4	gr/cm ³	2.06	
CÁLCULO				
8	PESO ESPECÍFICO DE LA MUESTRA TOTAL	$100/((B/D) + (A/C))$	gr/cm ³	2.15

Observaciones : La muestra fue remitida e identificada por el Solicitante.

REPORTE DE ENSAYO
Muestra N°
 ZI.128.01/22

Reporte N°
 CD.ZI006.22

Página N°
 7/9

Fecha
 21/12/2022

01.07 - CORTE DIRECTO
ASTM D3080/D3080M-11
METODO DE ENSAYO :

 CONSOLIDADAS DRENADAS

 CONSOLIDADAS NO DRENADAS

DATOS DE LA CAJA DE CORTE			
Diametro	:	6.24	cm
Altura	:	2.54	cm
Area	:	30.58	cm ²
Volumen	:	77.68	cm ³
Velocidad de corte	:	0.25	mm/min
		digitos	0.019

DATOS DEL SUELO		
Peso del suelo	:	167.01 gr
Humedad	:	8.80 %
den. Humeda para remoldeo	:	2.150 g/cm ³
den. Seca para remoldeo	:	1.976 g/cm ³

CONSOLIDACIÓN					
98 kN/m ²		196 kN/m ²		392 kN/m ²	
Tiempo	Lectura vertical (mm)	Tiempo	Lectura vertical (mm)	Tiempo	Lectura vertical (mm)
5"	0.171	5"	0.803	5"	3.591
10"	0.176	10"	0.808	10"	3.596
15"	0.182	15"	0.814	15"	3.602
30"	0.188	30"	0.820	30"	3.608
60"	0.193	60"	0.825	60"	3.613
2'	0.197	2'	0.829	2'	3.617
4'	0.202	4'	0.834	4'	3.622
8'	0.208	8'	0.840	8'	3.628
15'	0.212	15'	0.844	15'	3.632
30'	0.217	30'	0.849	30'	3.637

Aplicación de esfuerzo cortante							
LECTURAS	Tiempo transcurrido (min)	98 kN/m ²		196 kN/m ²		392 kN/m ²	
		Lectura de Carga (KN)	Deformacion Vertical (mm)	Lectura de Carga (KN)	Deformacion Vertical (mm)	Lectura de Carga (KN)	Deformacion Vertical (mm)
0.00	0.00	0.000	0.217	0.000	0.849	0.000	3.637
0.06	0.15	0.096	0.222	0.270	0.854	0.549	3.642
0.13	0.30	0.098	0.228	0.275	0.860	0.555	3.648
0.19	0.45	0.099	0.234	0.281	0.866	0.561	3.654
0.25	1.00	0.102	0.239	0.285	0.871	0.567	3.659
0.38	2.30	0.106	0.243	0.291	0.875	0.572	3.663
0.51	2.00	0.111	0.248	0.296	0.880	0.577	3.668
0.64	2.30	0.118	0.254	0.302	0.886	0.582	3.674
0.76	3.00	0.123	0.258	0.307	0.890	0.587	3.678
0.89	3.30	0.127	0.263	0.313	0.895	0.593	3.683
1.02	4.00	0.132	0.268	0.319	0.900	0.599	3.688
1.14	4.30	0.137	0.274	0.325	0.906	0.605	3.694
1.27	5.00	0.142	0.280	0.332	0.912	0.610	3.700
1.91	7.30	0.148	0.285	0.338	0.917	0.615	3.705
2.54	10.00	0.155	0.289	0.345	0.921	0.622	3.709
3.18	12.30	0.161	0.294	0.353	0.926	0.627	3.714
3.81	15.00	0.167	0.300	0.359	0.932	0.633	3.720
4.45	17.30	0.173	0.304	0.365	0.936	0.639	3.724
5.08	20.00	0.178	0.309	0.373	0.941	0.645	3.729
5.72	22.30	0.185	0.313	0.380	0.945	0.651	3.733
6.35	25.00	0.190	0.318	0.385	0.950	0.657	3.738

Observaciones : La muestra obtenida para el ensayo, fue la pasante de la malla N° 40 del material, así mismo la muestra fue remitida al laboratorio e identificada por el Solicitante.

REPORTE DE ENSAYO

Muestra N°
ZI.128.01/22

Reporte N°
CD.ZI006.22

Pagina
8/9

Fecha
21/12/2022

01.07 - CORTE DIRECTO
ASTM D3080/D3080M-11

METODO DE ENSAYO :

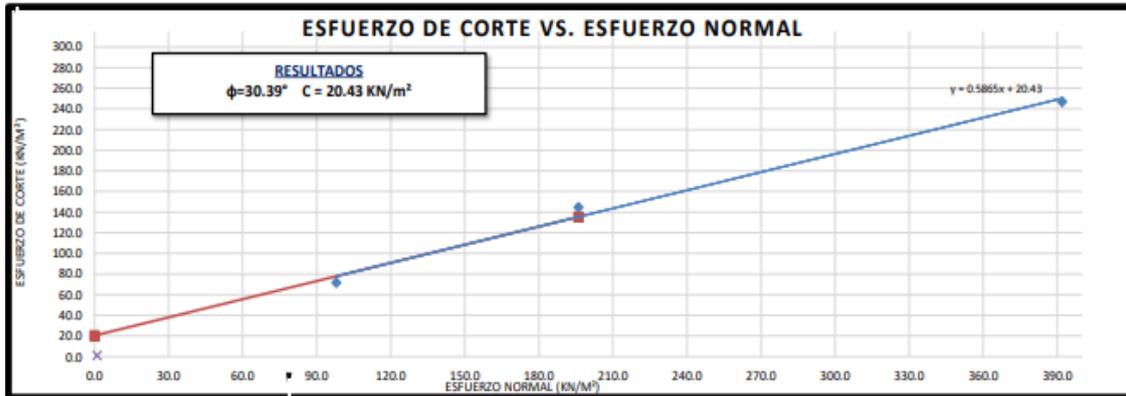
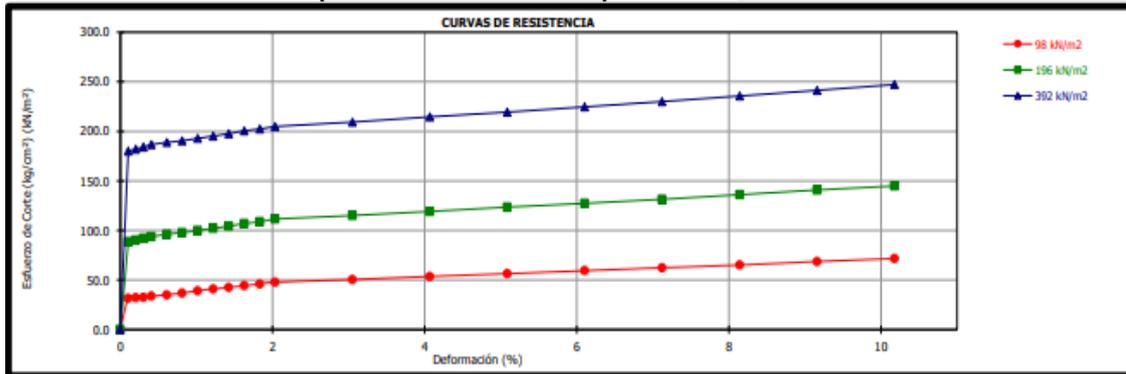
CONSOLIDADAS DRENADAS
CONSOLIDADAS NO DRENADAS



Contenido de humedad	98 kN/m ²		196 kN/m ²		392 kN/m ²	
	Inicial	Final	Inicial	Final	Inicial	Final
Tara N°	T-01	T-01	T-02	T-02	T-03	T-03
Peso de tara (g)	85.6	85.6	85.5	85.5	87.4	87.4
Peso de tara + suelo húmedo (g)	133.3	225.9	134.7	224.5	132.0	226.4
peso de tara + suelo seco (g)	129.4	200.0	130.7	198.8	128.3	200.5
% de Humedad	8.80	22.66	8.81	22.73	8.80	22.88

Esfuerzo Normal (kN/m ²)	Esfuerzo de Corte (kN/m ²)
98	71.600
196	144.830
392	247.170

c	20.43	kN/m ²
φ	30.39	Grados



Observaciones : La muestra obtenida para el ensayo, fue la pasante de la malla N° 40 del material, así mismo la muestra fue remitida al laboratorio e identificada por el Solicitante.

REPORTE DE ENSAYO

Muestra N°
ZI.128.01/22

Reporte N°
CP.ZI007.22

Pagina
9/9

Fecha
21/12/2022

01.07 - CAPACIDAD PORTANTE
ASTM D3080 - 11

METODO DE ENSAYO

CONSOLIDADAS DRENADAS
CONSOLIDADAS NO DRENADAS

Datos para Capacidad Portante:

Profundidad (m)
1.5

Ancho de cimentación (m)
1.0

CALCULOS

$\phi = 30.39$ ANGULO DE FRICCIÓN
 $C = 20.43 \text{ KN/m}^2$ COHESIÓN
 $\gamma = 19.37 \text{ KN/m}^3$ PESO ESPECÍFICO DEL SUELO NATURAL
 $N_c = 19.40$ FACTOR DE CAPACIDAD DE CARGA MODIFICADO
 $N_q = 8.59$ FACTOR DE CAPACIDAD DE CARGA MODIFICADO
 $N_\gamma = 4.56$ FACTOR DE CAPACIDAD DE CARGA MODIFICADO

CAPACIDAD DE CARGA ULTIMA PARA CIMENTACIÓN CORRIDA

$$q_u = \frac{2}{3}cN_c + \gamma D_f N_q + \frac{1}{2}\gamma B N_\gamma$$

$D_f = 1.50 \text{ m}$ PROFUNDIDAD DE DESPLANTE (VALOR ASUMIDO)
 $B = 1.00 \text{ m}$ ANCHO DE CIMENTACIÓN (VALOR ASUMIDO)
 $q_u = 5.69 \text{ Kg/cm}^2$ CAPACIDAD DE CARGA ÚLTIMA
 $F.S. = 3$ FACTOR DE SEGURIDAD MÍNIMO

$q_{adm} = 1.90 \text{ Kg/cm}^2$ CAPACIDAD PORTANTE

CAPACIDAD DE CARGA ULTIMA PARA CIMENTACION AISLADA CUADRADA

$$q_u = 0.867cN_c + \gamma D_f N_q + 0.4\gamma B N_\gamma$$

$D_f = 1.50 \text{ m}$ PROFUNDIDAD DE DESPLANTE (VALOR ASUMIDO)
 $B = 1.00 \text{ m}$ ANCHO DE CIMENTACIÓN (VALOR ASUMIDO)
 $q_u = 6.41 \text{ Kg/cm}^2$ CAPACIDAD DE CARGA ÚLTIMA
 $F.S. = 3$ FACTOR DE SEGURIDAD MÍNIMO

$q_{adm} = 2.14 \text{ Kg/cm}^2$ CAPACIDAD PORTANTE

CAPACIDAD PORTANTE **2.14 Kg/cm²**

Observaciones : La muestra obtenida para el ensayo fue la pasante de la malla N° 40 del material y los resultados de capacidad portante dependera de la profundidad y ancho de cimentacion de la calicata, asi mismo La muestra fue remitida e identificada por el Solicitante.

2.- Muestra 02 (progresiva:)



LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS,
TECNOLOGÍA DE CONCRETOS Y MECÁNICA DE ROCAS

INFORME DE ENSAYO

128.02/2022

Pág. 1 de 9

Estudio ZI.128.02/22	ProyectoSolicitante ANÁLISIS DE HINCADO DE ROCAS Y LA APLICACIÓN DE GEOMALLA UNIAxIAL EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS DEL DEPÓSITO DE RELAVE EN LA DESMONTERA EXCELSIOR DEL DISTRITO DE SIMÓN BOLÍVAR – PASCO	Datos del solicitante JIMENEZ FERNANDEZ DEIVIS EDUAR Tesisista de la Facultad de Ingeniería, Escuela de Formación Profesional Civil de la Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión
Descripción del proceso: Caracterización del Suelo	Fecha de reporte de resultados: 21/12/2022	
Requisitos y especificaciones del solicitante: Ninguna	Fecha de recepción: 14/12/2022	
Muestra N° ZI.128.02/22	Ref. Solicitante C 02 - M 01	

Muestreo

La muestra fue remitida e identificada por el Solicitante

Descripción/Procedencia

Caracterización del Suelo/Distrito de Simon Bolivar - Provincia de Pasco - Departamento de Pasco

INFORME:

ENSAYO	MÉTODO	RESULTADO	REPORTE DE ENSAYO N°
01.01 - Análisis Granulométrico por Tamizado	ASTM D6913/D6913M-17	Fracción Retenida del Suelo T # 3' = 0.0 T # N° 20 = 1353.50 T # 2' = 0.0 T # N° 40 = 2062.50 T # 1 1/2' = 10135.5 T # N° 60 = 4267.50 T # 1' = 9866.0 T # N° 100 = 2859.50 T # 3/4' = 7908.5 T # N° 140 = 225.75 T # 3/8' = 4679.5 T # N° 200 = 225.75 T # N° 4 = 3511.5 T <# N°200 = 4400.20 T # N° 10 = 1712.50	AG.ZI001.22
01.02 - Limite Líquido, Limite Plástico e Índice de Plasticidad de Suelos	ASTM D4318-17e1	LL = 21.0 LP = 12.0 IP = 9.0	LC.ZI002.22
01.03. Clasificación de Suelos (*)	SUCS-Unificada / AASHTO	GP-GC SUCS : GRAVA POBREMENTE GRADADA CON ARCILLA AASHTO : A-2-4(0)	CS.ZI003.22
01.04. Contenido de Humedad	ASTM D2216-19	Contenido de humedad (%) = 7.90	W.ZI004.22
01.05. Peso Específico del Suelo	ASTM D854 - 14	Peso Específico (gr/cm3) = 2.19	PE.ZI005.22
01.06. Corte Directo	ASTM D3080/D3080M-11	Angulo de Fricción (°) = 30.39 Cohesión (KN/m2) = 20.43	CD.ZI006.22
01.07. Capacidad Portante	ASTM D3080 M-11	Capacidad Portante(Kg/cm2) = 2.15	CP.ZI007.22

Anexos : 07 Reportes de Ensayo (9 Páginas)

Los resultados del presente informe no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

Los resultados presentados se refieren únicamente a la muestra ensayada.

La fecha de ejecución de los ensayos se indica en los reportes de ensayo adjuntos que forman parte del presente informe.

El presente documento no debiera reproducirse sin la autorización escrita del laboratorio, salvo que la reproducción sea en su totalidad (GUÍA PERUANA INDECOPI : G004:1993)

REPORTE DE ENSAYO

Muestra N°
ZI.128.02/22

Reporte N°
AG.ZI001.22

Página
2/9

Fecha
21/12/2022

**01.01 - Analisis Granulométrico por Tamizado
ASTM D6913/D6913M-17**

AGRANULOMETRIA POR TAMIZADO - D6913/D6913M-17

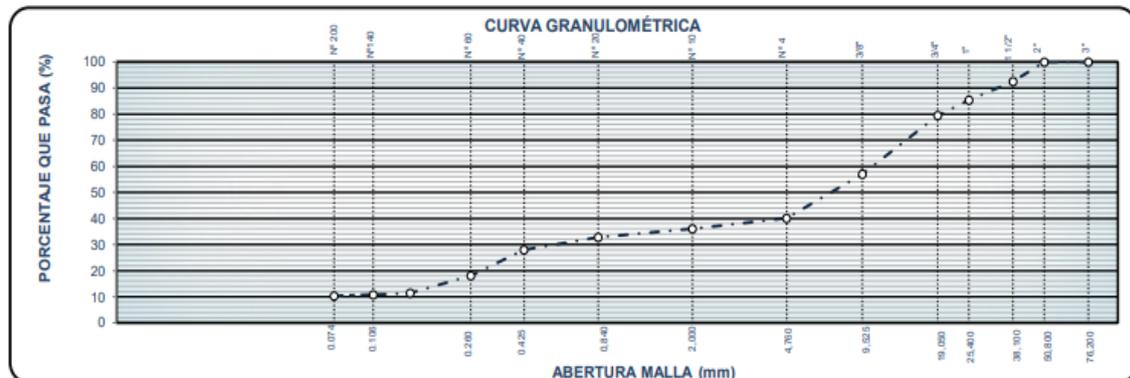
Tamiz (Abertura)		Masa Retenida	Parcial Retenido	Acumulado Retenido	Acumulado Pasante
		P'i	$Ni = \frac{P'i}{P1} \times 100$	N'i	$N'i = 100 - N'i$
("/N°)	(mm)	0.1 g	0.1%	0.1%	0.1%
3"	75.00	--	--	0.0	100.0
2"	50.00	--	--	0.0	100.0
1 1/2"	37.50	10135.5	7.4	7.4	92.6
1"	25.00	9866.0	7.2	14.7	85.3
3/4"	19.00	7908.5	5.8	20.4	79.6
3/8"	9.50	4679.5	22.6	43.0	57.0
N° 4	4.75	3511.5	16.9	60.0	40.0
N° 10	2.00	1712.50	4.0	64.0	36.0
N° 20	0.840	1353.50	3.2	67.1	32.9
N° 40	0.425	2062.50	4.8	72.0	28.0
N° 60	0.250	4267.50	10.0	82.0	18.0
N° 100	0.150	2859.50	6.7	88.6	11.4
N° 140	0.106	225.75	0.5	89.2	10.8
N° 200	0.075	225.75	0.5	89.7	10.3
< N° 200	0.000	4400.20	10.3	100.0	--

Metodo de Ensayo = A
Tipo de Tamizado = Compuesto

Separacion de Especimen	Tamiz	% Retenido
1er Fraccionamiento	3/4"	20.45
2do Fraccionamiento	N° 4	49.7

% Grava = 60.0
% Arena = 29.7
% Finos = 10.3

D10 (%)	=	0.07
D30 (%)	=	0.59
D60 (%)	=	10.80
Cu	=	150.30
Cc	=	0.45



Observaciones : La muestra fue identificada, muestreada y remitida por el solicitante.

REPORTE DE ENSAYO

Muestra N°
ZI.128.02/22

Reporte N°
LC.ZI002.22

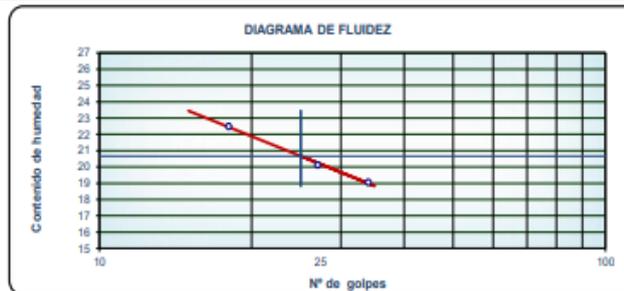
Página
3/9

Fecha
21/12/2022

01.02 - Limite Liquido, Limite Plastico e Indice de Plasticidad de Suelos
ASTM D4318-17e1

Preparacion de la muestra		Equipo de ensayo utilizado	
Humedad: <input type="checkbox"/>	Lavado de tamiz # 40: <input checked="" type="checkbox"/>	Limite Plástico:	Manual <input type="checkbox"/>
Secado al aire: <input checked="" type="checkbox"/>	Tamizado en seco en tamiz # 40: <input checked="" type="checkbox"/>		Mecánico <input checked="" type="checkbox"/>
Secado al horno: <input type="checkbox"/>	Mecanicamente por tamiz # 40: <input checked="" type="checkbox"/>	Limite Liquido:	Manual <input type="checkbox"/>
Mezcladas sobre plato de vidrio y retiradas las particulas medianas de arena: <input type="checkbox"/>			Mecánico <input checked="" type="checkbox"/>
Agua Mezclada:		Espátula Casagrande:	Manual <input type="checkbox"/>
Destilada: <input type="checkbox"/> Desmineralizada: <input checked="" type="checkbox"/> Otras: <input type="checkbox"/>			Mecánico <input checked="" type="checkbox"/>

Limite Liquido					
Ensayo N°			1	2	3
Peso de la lata	m1	(0.01g)	13.96	14.15	13.79
Peso de la lata + Suelo húmedo	m2	(0.01g)	40.20	41.00	43.20
Peso de la lata + Suelo Seco	m3	(0.01g)	36.00	36.50	37.80
Peso del agua	ws=m3-m1	(0.01g)	4.2	4.5	5.4
Peso del suelo seco	ww=m2-m3	(0.01g)	22.04	22.35	24.01
Contenido de agua	$w = \frac{W_w}{W_s} \times 100$	0.1%	19.06	20.13	22.49
Numero de golpes			34	27	18
Limite Liquido		(%)	21		



Limite de Plasticidad				
Ensayo N°			1	2
Peso de la lata	m1	(0.01g)	14.80	14.00
Peso de la lata + Suelo húmedo	m2	(0.01g)	21.60	21.40
Peso de la lata + Suelo Seco	m3	(0.01g)	20.90	20.60
Peso del agua	ws=m3-m1	(0.01g)	0.7	0.8
Peso del suelo seco	ww=m2-m3	(0.01g)	6.1	6.6
Contenido de agua	$w = \frac{W_w}{W_s} \times 100$	0.1%	11.48	12.12
Limite de Plasticidad		(%)	12	
Indice de Plasticidad		(%)	9	

Observaciones : La muestra fue remitida e identificada por el Solicitante.

REPORTE DE ENSAYO

Muestra N°
ZI.128.02/22

Reporte N°
CS.ZI003.22

Página
4/9

Fecha
21/12/2022

01.03 - Clasificación de Suelos
Clasificación SUCS - Unificada / Clasificación AASHTO

Datos de la Muestra

Ubicación/ Referencia

Distrito de Simon Bolivar - Provincia de Pasco - Departamento de Pasco

Resultados Obtenidos en el Enayo de Aálisis Granulometrico (ASTM D6913-17) - % Acumulado Pasante

T#3"	T#2"	T#1 1/2"	T# 1"	T#3/4"	T#3/8"	T#N° 4	T#N° 10	T#N°20"	T#N° 40	T#N° 60	T#N° 100	T#N°140"	T#N° 200
(%)	CALICA	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)
100	100.0	92.6	85.3	79.6	57.0	40.0	36.0	32.9	28.0	18.0	11.4	10.8	10.3

Resultados Obtenidos en el Ensayo de Limites de Consistencia (AASHTM D4318)

L.L.	L.P.	I.P.
(%)	(%)	(%)
21	12	9

Clasificación de Suelos

SUCS - Unificada	GP-GC GRAVA POBREMENTE GRADADA CON ARCILLA
AASHTO	A-2-4(0)

Observaciones: La muestra fue remitida e identificada por el Solicitante.

REPORTE DE ENSAYO

Muestra N°
ZI.128.02/22

Reporte N°
W.ZI004.22

Página
5/9

Fecha
21/12/2022

01.04 - CONTENIDO DE HUMEDAD
ASTM D2216-19

METODO DE ENSAYO

Método A

Método B

Recipiente N°			1	2
Peso del Recipiente + Muestra húmeda	m1	(1g)	1407.9	1407.2
Peso de Recipiente + Muestra Seca	m2	(1g)	1326.7	1326.0
Peso del Recipiente	m3	(1g)	407.9	407.2
Peso del agua	Mw=m1-m2	(1g)	81.2	81.2
Peso de la Muestra seca	Ms=m2-m3	(1g)	918.8	918.8
Contenido de agua	$w = \frac{Mw}{Ms} \times 100$	0.1%	8.8	8.8
Contenido de Humedad		0.1%	8.8	

Observaciones: La muestra fue remitida e identificada por el Solicitante.

REPORTE DE ENSAYO

Muestra N°
ZI.128.02/22

Reporte N°
Y.ZI005.22

Página
6/9

Fecha
21/12/2021

01.05 - PESO ESPECIFICO DEL SUELO ASTM D854 - 14

PESO ESPECÍFICO DE LA MUESTRA RETENIDA DE LA MALLA N° 4							
N°	DATOS		UND	M - 1	M - 2	M - 3	PROMEDIO
1	P _{MNH}	A	gr	1567.00	1568.00	1568.00	1567.67
2	P _{SSS}	B	gr	1600.00	1600.00	1600.00	1600.00
3	P _{SSS} SUMERGIDO + CANASTILLA		gr	1781.00	1782.00	1781.00	1781.33
4	PESO DE LA CANASTILLA		gr	847.00	847.00	847.00	847.00
5	P _{SSS} SUMERGIDO	C	gr	934.00	935.00	934.00	934.33
CÁLCULO							
5	PESO ESPECÍFICO APARENTE	A/(B - C)	gr/cm ³	2.35	2.36	2.35	2.36
6	PESO ESPECÍFICO APARENTE (S.S.S.)	A/(B - C)	gr/cm ³	2.35	2.36	2.35	2.36
6	PESO ESPECÍFICO NOMINAL	A/(A - C)	gr/cm ³	2.48	2.48	2.47	2.48

P_{MN}: Peso de la Muestra Natural

P_{MNH}: Peso de la Muestra Seca al Horno

P_{SSS}: Peso de la Muestra Superficialmente Seco

PESO ESPECÍFICO DE LA MUESTRA PASANTE A LA MALLA N°4							
N°	DATOS		UND	M - 1	M - 2	M - 3	PROMEDIO
1	P _{MNH}			230.10	227.70	226.40	228.07
2	P _p +H ₂ O	A	gr	704.00	704.00	704.00	704.00
3	P _p +H ₂ O+P _M	B	gr	819.00	817.00	818.00	818.00
4	P _M	C	gr	230.00	230.00	230.00	230.00
CÁLCULO							
5	PESO ESPECÍFICO APARENTE	C/C+(A-B)	gr/cm ³	2.00	1.99	2.01	2.00

P_p: Peso del Picnometro

P_M: Peso de la Muestra

P_{MNH}: Peso de la Muestra Seca al Horno

H₂O: Agua

PESO ESPECÍFICO DE LA MUESTRA TOTAL				
N°	DATOS		UND	Peso
1	Peso total de la muestra		gr.	5092
2	Peso retenido en la malla N° 4		gr.	2887
3	Peso pasante a la malla N° 4		gr.	2205
4	Porcentaje del peso retenido en la malla N° 4	A	%	56.70
5	Porcentaje del peso pasante a la malla N° 4	B	%	43.30
6	Peso Especifico de la muestra retenida de la malla N° 4	C	gr/cm ³	2.355
7	Peso Especifico de la muestra pasante a la malla N° 4	D	gr/cm ³	2.00
CÁLCULO				
8	PESO ESPECÍFICO DE LA MUESTRA TOTAL	100/((B/D) + (A/C))	gr/cm ³	2.19

Observaciones : La muestra fue remitida e identificada por el Solicitante.

REPORTE DE ENSAYO

Muestra N°
ZI.128.02/22

Reporte N°
CD.ZI007.22

Página N°
7/9

Fecha
21/12/2022

01.06 - CORTE DIRECTO
ASTM D3080/D3080M-11

METODO DE ENSAYO :

CONSOLIDADAS DRENADAS



CONSOLIDADAS NO DRENADAS

DATOS DE LA CAJA DE CORTE		
Diametro	:	6.24 cm
Altura	:	2.54 cm
Area	:	30.58 cm ²
Volumen	:	77.68 cm ³
Velocidad de corte	:	0.25 mm/min
	digitos	0.019

DATOS DEL SUELO		
Peso del suelo	:	170.11 gr
Humedad	:	7.90 %
den. Humeda para remoldeo	:	2.190 g/cm ³
den. Seca para remoldeo	:	2.030 g/cm ³

CONSOLIDACION					
98 kN/m ²		196 kN/m ²		392 kN/m ²	
Tiempo	Lectura vertical (mm)	Tiempo	Lectura vertical (mm)	Tiempo	Lectura vertical (mm)
5"	0.174	5"	0.790	5"	3.530
10"	0.179	10"	0.795	10"	3.535
15"	0.185	15"	0.801	15"	3.541
30"	0.191	30"	0.807	30"	3.547
60"	0.196	60"	0.812	60"	3.552
2'	0.200	2'	0.816	2'	3.556
4'	0.205	4'	0.821	4'	3.561
8'	0.211	8'	0.827	8'	3.567
15'	0.215	15'	0.831	15'	3.571
30'	0.220	30'	0.836	30'	3.576

Aplicación de esfuerzo cortante							
LECTURAS		98 kN/m ²		196 kN/m ²		392 kN/m ²	
Deformación tangencial (mm)	Tiempo transcurrido (min)	Lectura de Carga (KN)	Deformación Vertical (mm)	Lectura de Carga (KN)	Deformación Vertical (mm)	Lectura de Carga (KN)	Deformación Vertical (mm)
0.00	0.00	0.000	0.220	0.000	0.836	0.000	3.576
0.06	0.15	0.093	0.225	0.276	0.841	0.555	3.581
0.13	0.30	0.095	0.231	0.281	0.847	0.561	3.587
0.19	0.45	0.096	0.237	0.287	0.853	0.567	3.593
0.25	1.00	0.099	0.242	0.291	0.858	0.573	3.598
0.38	2.30	0.103	0.246	0.297	0.862	0.578	3.602
0.51	2.00	0.108	0.251	0.302	0.867	0.583	3.607
0.64	2.30	0.115	0.257	0.308	0.873	0.588	3.613
0.76	3.00	0.120	0.261	0.313	0.877	0.593	3.617
0.89	3.30	0.124	0.266	0.319	0.882	0.599	3.622
1.02	4.00	0.129	0.271	0.325	0.887	0.605	3.627
1.14	4.30	0.134	0.277	0.331	0.893	0.611	3.633
1.27	5.00	0.139	0.283	0.338	0.899	0.616	3.639
1.91	7.30	0.145	0.288	0.344	0.904	0.621	3.644
2.54	10.00	0.152	0.292	0.351	0.908	0.628	3.648
3.18	12.30	0.158	0.297	0.359	0.913	0.633	3.653
3.81	15.00	0.164	0.303	0.365	0.919	0.639	3.659
4.45	17.30	0.170	0.307	0.371	0.923	0.645	3.663
5.08	20.00	0.175	0.312	0.379	0.928	0.651	3.668
5.72	22.30	0.182	0.316	0.386	0.932	0.657	3.672
6.35	25.00	0.187	0.321	0.391	0.937	0.663	3.677

Observaciones : La muestra obtenida para el ensayo fue la pasante de la malla N° 40 del material, así mismo la muestra fue remitida al laboratorio e identificada por el Solicitante.

REPORTE DE ENSAYO

Muestra N°
ZI.128.02/22

Reporte N°
CD.ZI007.22

Pagina
8/9

Fecha
21/12/2022

01.07 - CORTE DIRECTO
ASTM D3080/D3080M-11

METODO DE ENSAYO :

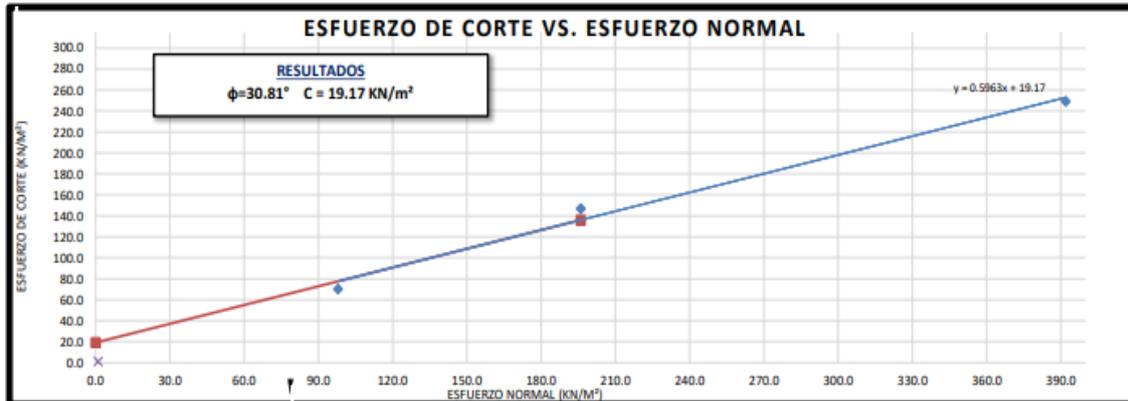
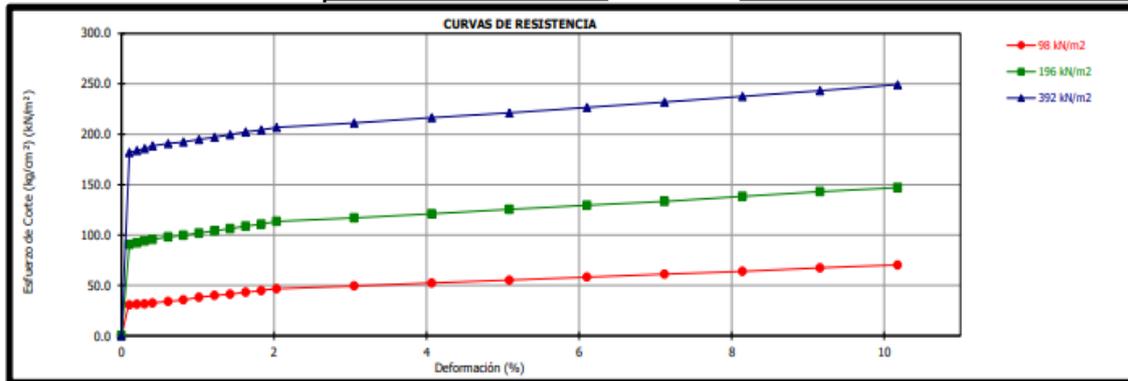
CONSOLIDADAS DRENADAS
CONSOLIDADAS NO DRENADAS



Contenido de humedad	98 kN/m ²		196 kN/m ²		392 kN/m ²	
	Inicial	Final	Inicial	Final	Inicial	Final
Tara N°	T-01	T-01	T-02	T-02	T-03	T-03
Peso de tara (g)	85.5	85.5	85.5	85.5	85.4	85.4
Peso de tara + suelo húmedo (g)	122.2	214.9	124.5	212.7	123.9	214.5
peso de tara + suelo seco (g)	119.5	194.3	121.6	192.5	121.0	194.1
% de Humedad	7.94	18.92	7.93	18.88	7.95	18.82

Esfuerzo Normal (kN/m ²)	Esfuerzo de Corte (kN/m ²)
98	70.300
196	146.990
392	249.250

c	19.17	kN/m ²
φ	30.81	Grados



Observaciones : La muestra obtenida para el ensayo, fue la pasante de la malla N° 40 del material, así mismo la muestra fue remitida al laboratorio e identificada por el Solicitante.

REPORTE DE ENSAYO

Muestra N°
ZI.128.02/22

Reporte N°
CP.ZI007.22

Página
9/9

Fecha
21/12/2022

01.07 - CAPACIDAD PORTANTE
ASTM D3080 - 11

METODO DE ENSAYO

CONSOLIDADAS DRENADAS

CONSOLIDADAS NO DRENADAS

Datos para Capacidad Portante:

Profundidad (m)

1.5

Ancho de cimentación (m)

1.0

CALCULOS

$\phi = 30.81$	ANGULO DE FRICCIÓN
$C = 19.17 \text{ KN/m}^2$	COHESIÓN
$\gamma = 19.90 \text{ KN/m}^3$	PESO ESPECÍFICO DEL SUELO NATURAL
$N_c = 19.83$	FACTOR DE CAPACIDAD DE CARGA MODIFICADO
$N_q = 8.89$	FACTOR DE CAPACIDAD DE CARGA MODIFICADO
$N_\gamma = 4.75$	FACTOR DE CAPACIDAD DE CARGA MODIFICADO

CAPACIDAD DE CARGA ULTIMA PARA CIMENTACIÓN CORRIDA

$$q_u = \frac{2}{3}cN_c + \gamma D_f N_q + \frac{1}{2}\gamma B N_\gamma$$

$D_f = 1.50 \text{ m}$	PROFUNDIDAD DE DESPLANTE (VALOR ASUMIDO)
$B = 1.00 \text{ m}$	ANCHO DE CIMENTACIÓN (VALOR ASUMIDO)
$q_u = 5.77 \text{ Kg/cm}^2$	CAPACIDAD DE CARGA ÚLTIMA
$F.S. = 3$	FACTOR DE SEGURIDAD MÍNIMO

$q_{adm} = 1.92 \text{ Kg/cm}^2$ CAPACIDAD PORTANTE

CAPACIDAD DE CARGA ULTIMA PARA CIMENTACION AISLADA CUADRADA

$$q_u = 0.867cN_c + \gamma D_f N_q + 0.4\gamma B N_\gamma$$

$D_f = 1.50 \text{ m}$	PROFUNDIDAD DE DESPLANTE (VALOR ASUMIDO)
$B = 1.00 \text{ m}$	ANCHO DE CIMENTACIÓN (VALOR ASUMIDO)
$q_u = 6.45 \text{ Kg/cm}^2$	CAPACIDAD DE CARGA ÚLTIMA
$F.S. = 3$	FACTOR DE SEGURIDAD MÍNIMO

$q_{adm} = 2.15 \text{ Kg/cm}^2$ CAPACIDAD PORTANTE

CAPACIDAD PORTANTE

2.15 Kg/cm²

Observaciones : La muestra obtenida para el ensayo ,fue la pasante de la malla N° 40 del material,y los resultados de capacidad portante dependera de la profundidad y ancho de cimentacion de la calicata, asi mismo La muestra fue remitida e identificada por el Solicitante.

3.- Muestra 03 (progresiva:)



LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS,
TECNOLOGÍA DE CONCRETOS Y MECÁNICA DE ROCAS

INFORME DE ENSAYO

128.03/2022

Pág. 1 de 9

Estudio ZI.128.03/22	Proyecto Solicitante ANÁLISIS DE HINCADO DE ROCAS Y LA APLICACIÓN DE GEOMALLA UNIAxIAL EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS DEL DEPÓSITO DE RELAVE EN LA DESMONTERA EXCELSIOR DEL DISTRITO DE SIMÓN BOLÍVAR – PASCO	Datos del solicitante JIMENEZ FERNANDEZ DEIVIS EDUAR Tesisista de la Facultad de Ingeniería, Escuela de Formación Profesional Civil de la Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión
Descripción del proceso: Caracterización del Suelo	Fecha de reporte de resultados: 21/12/2022	
Requisitos y especificaciones del solicitante: Ninguna	Fecha de recepción: 14/12/2022	
Muestra N° ZI.128.03/22	Ref. Solicitante C 03 - M 01	

Muestreo

La muestra fue remitida e identificada por el Solicitante

Descripción/Procedencia

Caracterización del Suelo/Distrito de Simon Bolivar - Provincia de Pasco - Departamento de Pasco

INFORME:

ENSAYO	MÉTODO	RESULTADO	REPORTE DE ENSAYO N°
01.01 - Análisis Granulométrico por Tamizado	ASTM D6913/D6913M-17	Fración Retenida del Suelo T # 3' = 0.0 T # N° 20 = 5322.00 T # 2' = 0.0 T # N° 40 = 3268.00 T # 1 1/2' = 6208.0 T # N° 60 = 2328.00 T # 1' = 9408.0 T # N° 100 = 4668.00 T # 3/4' = 5790.0 T # N° 140 = 2849.00 T # 3/8' = 5630.0 T # N° 200 = 2849.00 T # N° 4 = 3294.0 T < N° 200 = 4312.00 T # N° 10 = 4620.00	AG.ZI001.22
01.02 - Límite Líquido, Límite Plástico e Índice de Plasticidad de Suelos	ASTM D4318-17e1	LL = 31.0 LP = 20.0 IP = 11.0	LC.ZI002.22
01.03. Clasificación de Suelos (*)	SUCS-Unificada / AASHTO	GW-GC SUCS : GRAVA BIEN GRADADA CON ARCILLA AASHTO : A-2-6(0)	CS.ZI003.22
01.04. Contenido de Humedad	ASTM D2216-19	Contenido de humedad (%) = 8.10	W.ZI004.22
01.05. Peso Específico del Suelo	ASTM D854 - 14	Peso Específico (gr/cm3) = 2.17	PE.ZI005.22
01.06. Corte Directo	ASTM D3080/D3080M-11	Angulo de Fricción (°) = 30.66 Cohesión (KN/m2) = 19.36	CD.ZI006.22
01.07. Capacidad Portante	ASTM D3080 M-11	Capacidad Portante(Kg/cm2) = 2.13	CP.ZI007.22

Anexos : 07 Reportes de Ensayo (9 Páginas)

Los resultados del presente informe no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

Los resultados presentados se refieren únicamente a la muestra ensayada.

La fecha de ejecución de los ensayos se indica en los reportes de ensayo adjuntos que forman parte del presente informe.

El presente documento no deba reproducirse sin la autorización escrita del laboratorio, salvo que la reproducción sea en su totalidad (GUIA PERUANA INDECOPI : G004:1993)

REPORTE DE ENSAYO

Muestra N°
ZI.128.03/22

Reporte N°
AG.ZI001.22

Página
2/10

Fecha
21/12/2022

**01.01 - Analisis Granulométrico por Tamizado
ASTM D6913/D6913M-17**

AGRANULOMETRIA POR TAMIZADO - D6913/D6913M-17

Tamiz (Abertura)		Masa Retenida	Parcial Retenido	Acumulado Retenido	Acumulado Pasante
		P'i	$N'i = \frac{P'i}{P1} \times 100$	N'i	$N'i = 100 - N'i$
("/N°)	(mm)	0.1 g	0.1%	0.1%	0.1%
3"	75.00	--	--	0.0	100.0
2"	50.00	--	--	0.0	100.0
1 1/2"	37.50	6208.0	5.6	5.6	94.4
1"	25.00	9408.0	8.6	14.2	85.8
3/4"	19.00	5790.0	5.3	19.5	80.5
3/8"	9.50	5630.0	24.9	44.3	55.7
N° 4	4.75	3294.0	14.6	58.9	41.1
N° 10	2.00	4620.0	6.3	65.2	34.8
N° 20	0.840	5322.00	7.2	72.4	27.6
N° 40	0.425	3268.00	4.4	76.9	23.1
N° 60	0.250	2328.00	3.2	80.0	20.0
N° 100	0.150	4668.00	6.3	86.4	13.6
N° 140	0.106	2849.00	3.9	90.3	9.7
N° 200	0.075	2849.00	3.9	94.1	5.9
< N° 200	0.000	4312.00	5.9	100.0	--

Metodo de Ensayo = A
Tipo de Tamizado = Compuesto

Separacion de Especimen	Tamiz	% Retenido
1er Fraccionamiento	3/4"	19.46
2do Fraccionamiento	N° 4	49.0

% Grava	=	58.9
% Arena	=	35.2
% Finos	=	5.9

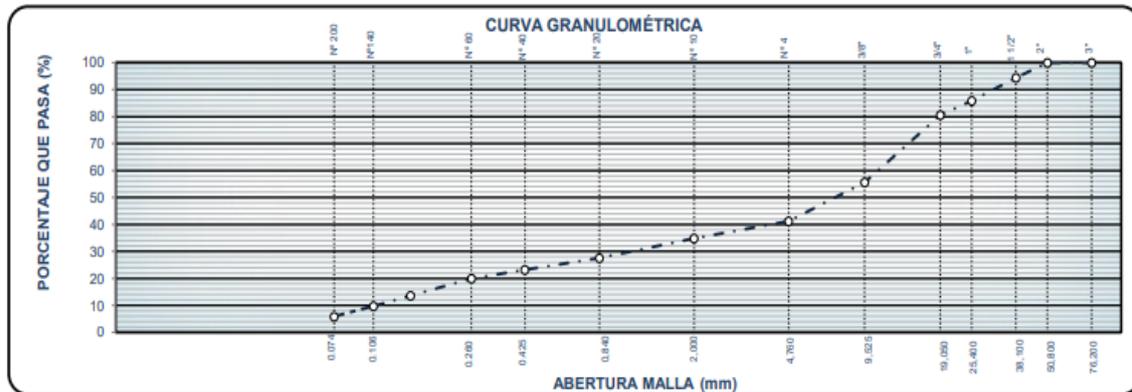
D10 (%)	=	0.11
---------	---	------

D30 (%)	=	1.23
---------	---	------

D60 (%)	=	11.19
---------	---	-------

Cu	=	102.75
----	---	--------

Cc	=	1.24
----	---	------



Observaciones : La muestra fue identificada, muestreada y remitida por el solicitante.

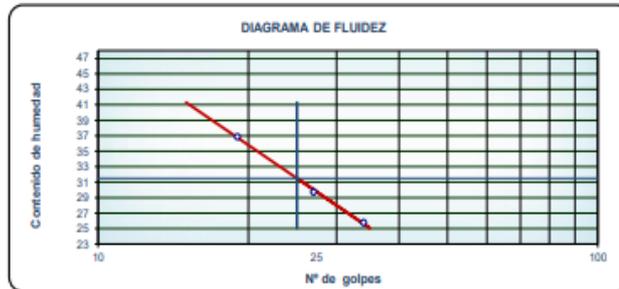
REPORTE DE ENSAYO

Muestra N° ZI.128.03/22	Reporte N° LC.ZI002.22	Página 3/10	Fecha 21/12/2022
-----------------------------------	----------------------------------	-----------------------	----------------------------

**01.02 - Limite Liquido, Limite Plastico e Indice de Plasticidad de Suelos
ASTM D4318-17e1**

Preparacion de la muestra		Equipo de ensayo utilizado	
Humedad: <input type="checkbox"/>	Lavado de tamiz # 40: <input checked="" type="checkbox"/>	Limite Plástico:	Manual <input type="checkbox"/>
Secado al aire: <input checked="" type="checkbox"/>	Tamizado en seco en tamiz # 40: <input checked="" type="checkbox"/>		Mecánico <input checked="" type="checkbox"/>
Secado al horno: <input type="checkbox"/>	Mecanicamente por tamiz # 40: <input checked="" type="checkbox"/>	Limite Liquido:	Manual <input type="checkbox"/>
Mezcladas sobre plato de vidrio y retiradas las particulas medianas de arena: <input type="checkbox"/>			Mecánico <input checked="" type="checkbox"/>
Agua Mezclada:		Espátula Casagrande:	Manual <input type="checkbox"/>
Destilada: <input type="checkbox"/> Desmineralizada: <input checked="" type="checkbox"/> Otras: <input type="checkbox"/>			Mecánico <input checked="" type="checkbox"/>

Limite Liquido					
Ensayo N°			1	2	3
Peso de la lata	m1	(0.01g)	14.00	13.90	13.90
Peso de la lata + Suelo húmedo	m2	(0.01g)	38.40	39.20	38.40
Peso de la lata + Suelo Seco	m3	(0.01g)	33.40	33.40	31.80
Peso del agua	ws=m3-m1	(0.01g)	5	5.8	6.6
Peso del suelo seco	ww=m2-m3	(0.01g)	19.4	19.5	17.9
Contenido de agua	$w = \frac{W_w}{W_s} \times 100$	0.1%	25.77	29.74	36.87
Numero de golpes			34	27	19
Limite Liquido		(%)	31		



Limite de Plasticidad				
Ensayo N°			1	2
Peso de la lata	m1	(0.01g)	13.80	13.50
Peso de la lata + Suelo húmedo	m2	(0.01g)	15.00	14.70
Peso de la lata + Suelo Seco	m3	(0.01g)	14.80	14.50
Peso del agua	ws=m3-m1	(0.01g)	0.2	0.2
Peso del suelo seco	ww=m2-m3	(0.01g)	1	1
Contenido de agua	$w = \frac{W_w}{W_s} \times 100$	0.1%	20	20
Limite de Plasticidad		(%)	20	
Índice de Plasticidad		(%)	11	

Observaciones : La muestra fue remitida e identificada por el Solicitante.

REPORTE DE ENSAYO

Muestra N°
ZI.128.03/22

Reporte N°
CS.ZI003.22

Pagina
4/10

Fecha
21/12/2022

01.03 - Clasificación de Suelos
Clasificación SUCS - Unificada / Clasificación AASHTO

Datos de la Muestra

Ubicación/ Referencia

Distrito de Simon Bolivar - Provincia de Pasco - Departamento de Pasco

Resultados Obtenidos en el Enayo de Aálisis Granulometrico (ASTM D6913-17) - % Acumulado Pasante

T#3"	T#2"	T#1 1/2"	T# 1"	T#3/4"	T#3/8"	T#N° 4	T#N° 10	T#N°20"	T#N° 40	T#N° 60	T#N° 100	T#N°140"	T#N° 200
(%)	CALICA	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)
100	100.0	94.4	85.8	80.5	55.7	41.1	34.8	27.6	23.1	20.0	13.6	9.7	5.9

Resultados Obtenidos en el Ensayo de Límites de Consistencia (ASTM D4318)

L.L.	L.P.	I.P.
(%)	(%)	(%)
31	20	11

Clasificación de Suelos

SUCS - Unificada	GW-GC
	GRAVA BIEN GRADADA CON ARCILLA
AASHTO	A-2-6(0)

Observaciones: La muestra fue remitida e identificada por el Solicitante.

REPORTE DE ENSAYO

Muestra N°
ZI.128.03/22

Reporte N°
W.ZI004.22

Página
5/9

Fecha
21/12/2022

01.04 - CONTENIDO DE HUMEDAD
ASTM D2216-19

METODO DE ENSAYO

Método A

Método B

Recipiente N°			1	2
Peso del Recipiente + Muestra húmeda	m1	(1g)	1321.9	1315.2
Peso de Recipiente + Muestra Seca	m2	(1g)	1252.7	1247.5
Peso del Recipiente	m3	(1g)	405.5	407.2
Peso del agua	Mw=m1-m2	(1g)	69.2	67.7
Peso de la Muestra seca	Ms=m2-m3	(1g)	847.2	840.3
Contenido de agua	$w = \frac{Mw}{Ms} \times 100$	0.1%	8.2	8.1
Contenido de Humedad		0.1%	8.1	

Observaciones: La muestra fue remitida e identificada por el Solicitante.

REPORTE DE ENSAYO

Muestra N°
ZI.128.03/22

Reporte N°
Y.ZI005.22

Página
6/9

Fecha
21/12/2022

01.05 - PESO ESPECÍFICO DEL SUELO ASTM D854 - 14

PESO ESPECÍFICO DE LA MUESTRA RETENIDA DE LA MALLA N° 4							
N°	DATOS		UND	M - 1	M - 2	M - 3	PROMEDIO
1	P _{MNH}	A	gr	1690.00	1692.00	1691.00	1691.00
2	P _{SSS}	B	gr	1750.00	1750.00	1750.00	1750.00
3	P _{SSS} SUMERGIDO + CANASTILLA		gr	1875.00	1873.00	1875.00	1874.33
4	PESO DE LA CANASTILLA		gr	847.00	847.00	847.00	847.00
5	P _{SSS} SUMERGIDO	C	gr	1028.00	1026.00	1028.00	1027.33
CÁLCULO							
5	PESO ESPECÍFICO APARENTE	A/(B - C)	gr/cm ₃	2.34	2.34	2.34	2.34
6	PESO ESPECÍFICO APARENTE (S.S.S.)	A/(B - C)	gr/cm ₃	2.34	2.34	2.34	2.34
6	PESO ESPECÍFICO NOMINAL	A/(A - C)	gr/cm ₃	2.55	2.54	2.55	2.55

P_{MN}: Peso de la Muestra Natural

P_{MNH}: Peso de la Muestra Seca al Horno

P_{SSS}: Peso de la Muestra Superficialmente Seca

PESO ESPECÍFICO DE LA MUESTRA PASANTE A LA MALLA N°4							
N°	DATOS		UND	M - 1	M - 2	M - 3	PROMEDIO
1	P _{MNH}			237.10	238.70	239.90	238.57
2	P _p +H ₂ O	A	gr	704.00	704.00	704.00	704.00
3	P _p +H ₂ O+P _M	B	gr	822.00	823.00	823.00	822.67
4	P _M	C	gr	250.00	250.00	250.00	250.00
CÁLCULO							
5	PESO ESPECÍFICO APARENTE	C/C+(A-B)	gr/cm ₃	1.99	1.99	1.98	1.99

P_p: Peso del Picnometro

P_M: Peso de la Muestra

P_{MNH}: Peso de la Muestra Seca al Horno

H₂O: Agua

PESO ESPECÍFICO DE LA MUESTRA TOTAL				
N°	DATOS		UND	Peso
1	Peso total de la muestra		gr.	5092
2	Peso retenido en la malla N° 4		gr.	2887
3	Peso pasante a la malla N° 4		gr.	2205
4	Porcentaje del peso retenido en la malla N° 4	A	%	56.70
5	Porcentaje del peso pasante a la malla N° 4	B	%	43.30
6	Peso Especifico de la muestra retenida de la malla N° 4	C	gr/cm ₃	2.340
7	Peso Especifico de la muestra pasante a la malla N° 4	D	gr/cm ₃	1.99
CÁLCULO				
8	PESO ESPECÍFICO DE LA MUESTRA TOTAL	100/((B/D) + (A/C))	gr/cm ₃	2.17

Observaciones : La muestra fue remitida e identificada por el Solicitante.

REPORTE DE ENSAYO

Muestra N°
ZI.128.03/22

Reporte N°
CD.ZI006.22

Página N°
7/9

Fecha
21/12/2022

01.06 - CORTE DIRECTO
ASTM D3080/D3080M-11

METODO DE ENSAYO :

CONSOLIDADAS DRENADAS



CONSOLIDADAS NO DRENADAS

DATOS DE LA CAJA DE CORTE			
Diametro	:	6.24	cm
Altura	:	2.54	cm
Area	:	30.58	cm ²
Volumen	:	77.68	cm ³
Velocidad de corte	:	0.25	mm/min
digitos	:	0.019	

DATOS DEL SUELO		
Peso del suelo	:	168.56 gr
Humedad	:	8.10 %
den. Humeda para remoldeo	:	2.170 g/cm ³
den. Seca para remoldeo	:	2.007 g/cm ³

CONSOLIDACION					
98 kN/m ²		196 kN/m ²		392 kN/m ²	
Tiempo	Lectura vertical (mm)	Tiempo	Lectura vertical (mm)	Tiempo	Lectura vertical (mm)
5"	0.174	5"	0.815	5"	3.654
10"	0.179	10"	0.820	10"	3.659
15"	0.185	15"	0.826	15"	3.665
30"	0.191	30"	0.832	30"	3.671
60"	0.196	60"	0.837	60"	3.676
2'	0.200	2'	0.841	2'	3.680
4'	0.205	4'	0.846	4'	3.685
8'	0.211	8'	0.852	8'	3.691
15'	0.215	15'	0.856	15'	3.695
30'	0.220	30'	0.861	30'	3.700

Aplicación de esfuerzo cortante							
LECTURAS	Tiempo transcurrido (min)	98 kN/m ²		196 kN/m ²		392 kN/m ²	
		Lectura de Carga (KN)	Deformacion Vertical (mm)	Lectura de Carga (KN)	Deformacion Vertical (mm)	Lectura de Carga (KN)	Deformacion Vertical (mm)
0.00	0.00	0.000	0.220	0.000	0.861	0.000	3.700
0.06	0.15	0.095	0.225	0.271	0.866	0.553	3.705
0.13	0.30	0.097	0.231	0.276	0.872	0.559	3.711
0.19	0.45	0.098	0.237	0.282	0.878	0.565	3.717
0.25	1.00	0.101	0.242	0.286	0.883	0.571	3.722
0.38	2.30	0.105	0.246	0.292	0.887	0.576	3.726
0.51	2.00	0.110	0.251	0.297	0.892	0.581	3.731
0.64	2.30	0.117	0.257	0.303	0.898	0.586	3.737
0.76	3.00	0.122	0.261	0.308	0.902	0.591	3.741
0.89	3.30	0.126	0.266	0.314	0.907	0.597	3.746
1.02	4.00	0.131	0.271	0.320	0.912	0.603	3.751
1.14	4.30	0.136	0.277	0.326	0.918	0.609	3.757
1.27	5.00	0.141	0.283	0.333	0.924	0.614	3.763
1.91	7.30	0.147	0.288	0.339	0.929	0.619	3.768
2.54	10.00	0.154	0.292	0.346	0.933	0.626	3.772
3.18	12.30	0.160	0.297	0.354	0.938	0.631	3.777
3.81	15.00	0.166	0.303	0.360	0.944	0.637	3.783
4.45	17.30	0.172	0.307	0.366	0.948	0.643	3.787
5.08	20.00	0.177	0.312	0.374	0.953	0.649	3.792
5.72	22.30	0.184	0.316	0.381	0.957	0.655	3.796
6.35	25.00	0.189	0.321	0.386	0.962	0.661	3.801

Observaciones : La muestra obtenida para el ensayo fue la pasante de la malla N° 40 del material, así mismo la muestra fue remitida al laboratorio e identificada por el Solicitante.

REPORTE DE ENSAYO

Muestra N°
ZI.128.03/22

Reporte N°
CD.ZI006.22

Pagina
8/9

Fecha
21/12/2022

01.06 - CORTE DIRECTO
ASTM D3080/D3080M-11

METODO DE ENSAYO :

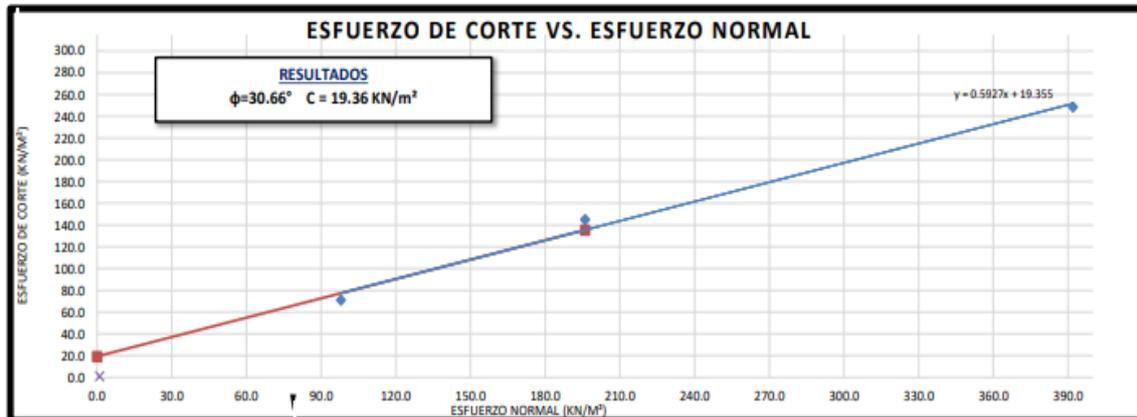
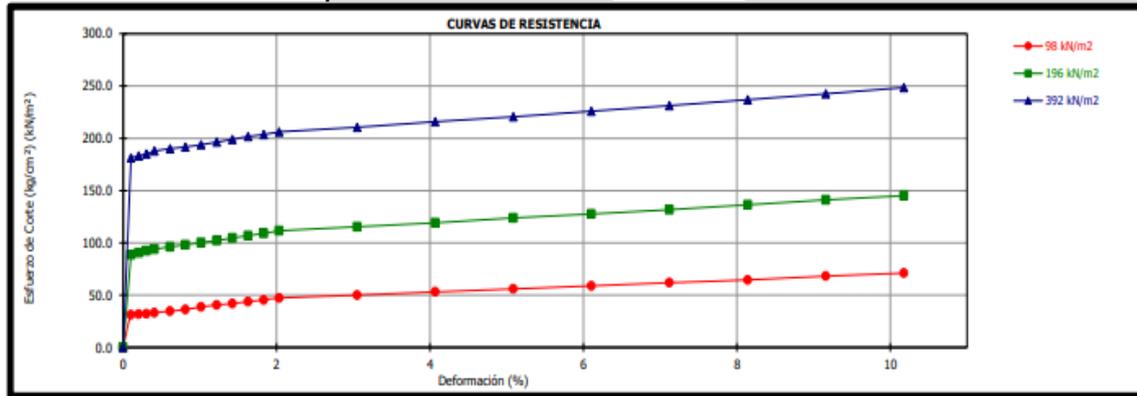
CONSOLIDADAS DRENADAS
CONSOLIDADAS NO DRENADAS



Contenido de humedad	98 kN/m ²		196 kN/m ²		392 kN/m ²	
	Inicial	Final	Inicial	Final	Inicial	Final
Tara N°	T-01	T-01	T-02	T-02	T-03	T-03
Peso de tara (g)	85.5	85.7	85.5	85.4	87.4	87.5
Peso de tara + suelo húmedo (g)	135.2	222.7	131.8	227.1	130.8	228.4
peso de tara + suelo seco (g)	131.5	200.0	128.4	203.7	127.5	205.6
% de Humedad	8.08	19.88	8.04	19.78	8.06	19.29

Esfuerzo Normal (kN/m ²)	Esfuerzo de Corte (kN/m ²)
98	71.050
196	145.110
392	248.500

c	19.36	kN/m ²
φ	30.66	Grados



Observaciones : La muestra obtenida para el ensayo fue la pasante de la malla N° 40 del material, así mismo la muestra fue remitida al laboratorio e identificada por el Solicitante.

REPORTE DE ENSAYO

Muestra N°
ZI.128.03/22

Reporte N°
CP.ZI007.22

Pagina
9/9

Fecha
21/12/2022

**01.07 - CAPACIDAD PORTANTE
ASTM D3080 - 11**

METODO DE ENSAYO

CONSOLIDADAS DRENADAS



CONSOLIDADAS NO DRENADAS



Datos para Capacidad Portante:

Profundidad (m)
1.5

Ancho de cimentación (m)
1.0

CALCULOS

$\phi = 30.66$ ANGULO DE FRICCIÓN
 $c = 19.36 \text{ KN/m}^2$ COHESIÓN
 $\gamma = 19.68 \text{ KN/m}^3$ PESO ESPECÍFICO DEL SUELO NATURAL
 $N_c = 19.67$ FACTOR DE CAPACIDAD DE CARGA MODIFICADO
 $N_q = 8.78$ FACTOR DE CAPACIDAD DE CARGA MODIFICADO
 $N_\gamma = 4.68$ FACTOR DE CAPACIDAD DE CARGA MODIFICADO

CAPACIDAD DE CARGA ULTIMA PARA CIMENTACIÓN CORRIDA

$$q_u = \frac{2}{3}cN_c + \gamma D_f N_q + \frac{1}{2}\gamma B N_\gamma$$

$D_f = 1.50 \text{ m}$ PROFUNDIDAD DE DESPLANTE (VALOR ASUMIDO)
 $B = 1.00 \text{ m}$ ANCHO DE CIMENTACIÓN (VALOR ASUMIDO)
 $q_u = 5.70 \text{ Kg/cm}^2$ CAPACIDAD DE CARGA ÚLTIMA
 $F.S. = 3$ FACTOR DE SEGURIDAD MÍNIMO

$q_{adm} = 1.90 \text{ Kg/cm}^2$ CAPACIDAD PORTANTE

CAPACIDAD DE CARGA ULTIMA PARA CIMENTACION AISLADA CUADRADA

$$q_u = 0.867cN_c + \gamma D_f N_q + 0.4\gamma B N_\gamma$$

$D_f = 1.50 \text{ m}$ PROFUNDIDAD DE DESPLANTE (VALOR ASUMIDO)
 $B = 1.00 \text{ m}$ ANCHO DE CIMENTACIÓN (VALOR ASUMIDO)
 $q_u = 6.39 \text{ Kg/cm}^2$ CAPACIDAD DE CARGA ÚLTIMA
 $F.S. = 3$ FACTOR DE SEGURIDAD MÍNIMO

$q_{adm} = 2.13 \text{ Kg/cm}^2$ CAPACIDAD PORTANTE

CAPACIDAD PORTANTE

2.13 Kg/cm²

Observaciones : La muestra obtenida para el ensayo ,fue la pasante de la malla N° 40 del material,y los resultados de capacidad portante dependera de la profundidad y ancho de cimentacion de la calicata, asi mismo La muestra fue remitida e identificada por el Solicitante.

PANEL FOTOGRÁFICO

Calicata 01



Calicata 02



Calicata 03



Secado de muestra



Ensayo Granulométrico



Contenido de humedad







Límite Plástico



Límite Plástico



Límite Líquido





Corte Directo

Roca



Corte Directo

