



**UNIVERSIDAD ESTATAL
PENÍNSULA DE SANTA ELENA
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA
CARRERA INGENIERÍA CIVIL**

“CARACTERIZACIÓN GEOTÉCNICA Y PROPUESTA DE UNA
METODOLOGÍA PARA ESTABILIZAR TALUD EN EL SECTOR 2
DE FEBRERO DE LA PARROQUIA ANCONCITO – PROVINCIA
DE SANTA ELENA”

ESTUDIO DE CASO

Previo a la obtención del título de:

INGENIERO(A) CIVIL

AUTOR (ES):

CATUTO FLORES ARIANA ANDREINA
ELIZALDE AGURTO RONALD ANDRÉS

TUTOR:

ING. GASTÓN NICOLÁS PROAÑO CADENA, MSc.

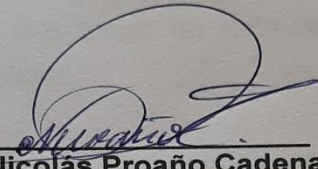
La Libertad, Ecuador

2019

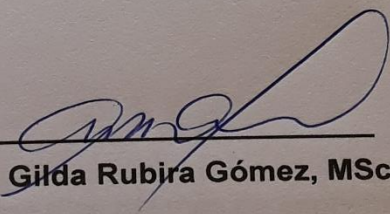
CERTIFICACIÓN

Certificamos que el presente trabajo de titulación, fue realizado en su totalidad por **CATUTO FLORES ARIANA ANDREINA Y ELIZALDE AGURTO RONALD ANDRÉS**, como requerimiento para la obtención del título de **INGENIERO CIVÍL**.

TUTOR

f. 
Ing. Gastón Nicolás Proaño Cadena, MSc.

DIRECTOR DE LA CARRERA

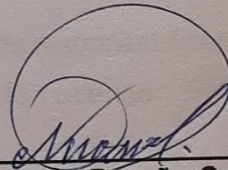
f. 
Arq. Gilda Rubira Gómez, MSc.

La Libertad, a los once días del mes de septiembre del año 2019

APROBACIÓN DEL TUTOR

En mi calidad de Tutor del Trabajo de Titulación, modalidad Estudio de caso "CARACTERIZACIÓN GEOTÉCNICA Y PROPUESTA DE UNA METODOLOGÍA PARA ESTABILIZAR TALUD EN EL SECTOR 2 DE FEBRERO DE LA PARROQUIA ANCONCITO – PROVINCIA DE SANTA ELENA", elaborado por la Srta. CATUTO FLORES ARIANA ANDREINA Y EL Sr. ELIZALDE AGURTO RONALD ANDRÉS, egresados de la Carrera de Ingeniería Civil, Facultad de Ciencias de la Ingeniería de la Universidad Estatal Península de Santa Elena, previo a la obtención del título de Ingenieros Civiles, me permito declarar que luego de haberla dirigido, estudiado y revisado, la apruebo en su totalidad.

TUTOR



f. _____
Ing. Gastón Nicolás Proaño Cadena, MSc.

La Libertad, a los once días del mes de septiembre del año 2019

DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD

Nosotros, **CATUTO FLORES ARIANA ANDREINA Y ELIZALDE AGURTO RONALD ANDRÉS.**

DECLARAMOS QUE:

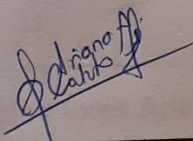
El Trabajo de Titulación, **caracterización geotécnica y propuesta de una metodología para estabilizar talud en el sector 2 de febrero de la parroquia Anconcito – provincia de Santa Elena** previo a la obtención del título de **Ingeniero Civil**, ha sido desarrollado respetando derechos intelectuales de terceros conforme las citas que constan en el documento, cuyas fuentes se incorporan en las referencias o bibliografías. Consecuentemente este trabajo es de nuestra total autoría.

En virtud de esta declaración, nos responsabilizamos del contenido, veracidad y alcance del Trabajo de Titulación referido.

La Libertad, a los once días del mes de septiembre del año 2019

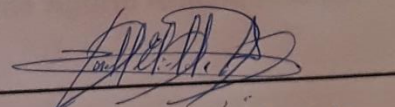
LOS AUTORES:

f.



Catuto Flores Ariana Andreina.

f.



Elizalde Agurto Ronald Andrés.

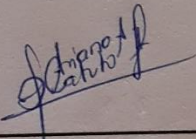
AUTORIZACIÓN

Nosotros, **CATUTO FLORES ARIANA ANDREINA Y ELIZALDE AGURTO RONALD ANDRÉS.**

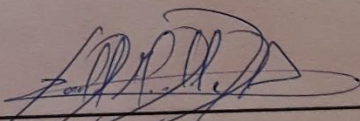
Autorizamos a la Universidad Península de Santa Elena a la **publicación** en la biblioteca de la institución del Trabajo de Titulación, **caracterización geotécnica y propuesta de una metodología para estabilizar talud en el sector 2 de febrero de la parroquia Anconcito – provincia de Santa Elena**, cuyo contenido, ideas y criterios son de nuestra exclusiva responsabilidad y total autoría.

La Libertad, a los once días del mes de septiembre del año 2019

LOS AUTORES:

f.  _____

Catuto Flores Ariana Andreina.

f.  _____

Elizalde Agurto Ronald Andrés.



UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA
Creación: Ley No. 110 R.O. No. 366 (Suplemento) 1998-07-22

La Libertad, 09 de Julio de 2019

CERTIFICADO ANTIPLAGIO

001-GNPC-2019

En calidad de tutor del trabajo de titulación denominado "CARACTERIZACIÓN GEOTÉCNICA Y PROPUESTA DE UNA METODOLOGÍA PARA ESTABILIZAR TALUD EN EL SECTOR 2 DE FEBRERO DE LA PARROQUIA ANCONCITO – PROVINCIA DE SANTA ELENA", elaborado por los estudiantes CATUTO FLORES ARIANA ANDREINA Y ELIZALDE AGURTO RONALD ANDRÉS, egresados de la CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL, de la Facultad de CIENCIAS DE LA INGENIERÍA de la Universidad Estatal Península de Santa Elena, previo a la obtención del título de INGENIERO CIVIL, me permito declarar que una vez analizado en el sistema antiplagio URKUND, luego de haber cumplido los requerimientos exigidos de valoración, el presente proyecto ejecutado, se encuentra con 4% de la valoración permitida, por consiguiente se procede a emitir el presente informe.

Adjunto reporte de similitud.

Atentamente,

ING. GASTÓN NICOLAS PROAÑO CADENA.

REGISTRO SENESCYT: 1021-11-1087952

TUTOR

Dirección: Vía La Libertad – Santa Elena. Teléfono: 2781738 – 2780019 telefax:
2780019
Cantón La Libertad – Ecuador Casilla postal No. 7047.

AGRADECIMIENTOS

Agradecida con Dios por concederme la vida, fortaleza y sabiduría necesaria para culminar este ciclo importante en mi vida.

A mis padres Vilma Flores y Jacinto Catuto por ser el motor, ejemplo y enseñanzas de principios y valores en este ser de ahora, que ha aprendido mucho de ustedes. Agradecimiento especial a mi madre por ser esa persona motivadora y luchadora, por estar siempre a mi lado apoyándome. Te agradezco con todo el amor por ser como eres. A mis hermanas por compartir momentos especiales en este lapso de mi vida, por ser mi familia inigualable.

Agradecer a mi amigo, novio, compañero de tesis y consejero de vida por toda la paciencia y amor brindado en el transcurso de la carrera y trabajo de tesis, gracias por todos los conocimientos compartidos, por ser una persona alentadora a seguir cumpliendo cada etapa del objetivo propuesto. Mil gracias Andrés por enseñarme que con esfuerzo, perseverancia, dedicación y amor se pueden lograr muchas cosas.

Al Ing. Gastón Proaño tutor de tesis, agradecerle por el aporte de conocimientos, experiencias y recursos proporcionados durante el desarrollo del presente trabajo. Permitiendo el cumplimiento del proceso de titulación de la carrera de ingeniería civil.

Agradecer al Dr. Kervin Chunga por el aporte académico y científico brindado en el trabajo de titulación previo a la obtención del título de ingeniero civil.

Gracias a la UPSE por la oportunidad de estudiar y al cuerpo docente por impartir sus conocimientos en el transcurso de mi vida como estudiante.

A mis compañeros, amigos conocidos, colaboradores por ser parte de mi vida.

Ariana Catuto Flores

AGRADECIMIENTOS

El presente trabajo de titulación, refleja la constancia, esfuerzo, trabajo y aprendizaje generado en muchos años de estudio. Una labor en dónde existieron seres promotores y actualmente participes de este logro alcanzado. Quiero expresar mi absoluto agradecimiento a **Dios**, por la salud, el conocimiento y fortaleza que me ha proporcionado. Posteriormente, con mucho orgullo menciono a dos seres inigualables mis padres, **Elizalde Patiño José** y **Agurto Cornejo María**, sus enseñanzas, amor incondicional, esfuerzo, apoyo y carácter han formado a este ser que hoy les agradece infinitamente por ser los mejores. Mis Hermanos **Bryan** y **Melani**, por alentarme, acompañarme y motivarme a seguir adelante y no claudicar, me siento absolutamente bendecido por Dios al tener una hermosa familia.

Manifiesto mi agradecimiento a mi novia, amiga, compañera de carrera y tesis **Ariana**. Por el amor, apoyo incondicional, comprensión, consejos, momentos compartidos y ayuda prestada, gracias por enseñarme a vencer obstáculos y ser la motivación e impulso a seguir cumpliendo metas y alcanzar objetivos propuestos.

Quiero agradecer también al tutor de tesis **Ing. Gastón Proaño Cadena**, por el aporte científico, orientación, y proporción de conocimientos, por las ideas paciencia, responsabilidad y profesionalismo en la labor realizada para el desarrollo en la presente tesis. También emitir un agradecimiento al Geólogo **Dr. Kervin Chunga Moran** por la asistencia realizada en la selección del sitio de estudio y aporte científicos proporcionados en este trabajo de titulación previo a la obtención del título de ingeniero civil.

Agradecimiento eterno a la **Universidad Estatal Península de Santa Elena**, autoridades principales, personal docente, administrativo, compañeros y amistades en general, por el aporte científico en la formación de mi carrera de ingeniería civil.

Ronald Elizalde Agurto

DEDICATORIA

Indudablemente este logro se lo dedico a los seres a quienes más amo, a mis padres.

Ariana Catuto Flores

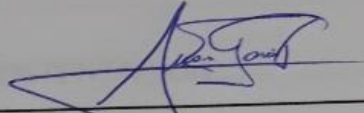
DEDICATORIA

Este trabajo de titulación le dedico a Dios por guiar mi sendero en el camino del bien, proporcionarme las fortalezas necesarias para seguir adelante, brindarme la sabiduría y energías para superar obstáculos y lograr las metas trazadas. A mi familia quienes de manera muy acertada han sabido modelar a este ser. A mis padres por las enseñanzas de vida, comprensión, amor, valores, principios, y darme a conocer el valor de la perseverancia, carácter y por su aporte en lo económico moral y social. A mis hermanos por permanecer conmigo, y ser la motivación de seguir adelante, a mi novia por brindarme su amor, compañía y ayuda en el desarrollo de la tesis a todos los seres que he mencionado les dedico este trabajo por ser mi inspiración y felicidad.

Ronald Elizalde Agurto

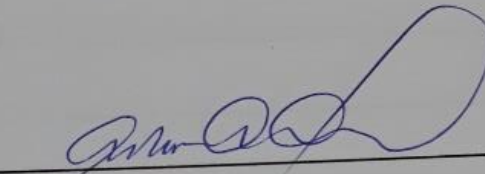
TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN

f.



Ing. Juan Garcés Vargas, Mgp.
DECANO DE LA FACULTAD

f.



Arq. Gilda Rubira Gómez, MSc.
DIRECTOR DE CARRERA

f.



Ing. Daniel Rosendo Campoverde Campoverde.
COORDINADOR O DOCENTE DEL ÁREA

f.



Ab. Víctor Manuel Coronel Ortiz.
SECRETARIO GENERAL

ÍNDICE GENERAL

AGRADECIMIENTOS.....	VI
DEDICATORIA	VIII
TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN	X
ÍNDICE DE TABLAS	XVI
ÍNDICE DE GRÁFICOS	XVIII
ÍNDICE DE ANEXOS.....	XXI
RESUMEN.....	XXII
SUMMARY.....	XXIII
CAPÍTULO I.....	1
GENERALIDADES	1
1. Introducción	1
1.1 Antecedentes	2
1.2 Planteamiento del problema	4
1.3 Justificación	6
1.4 Objetivos	7
1.4.1 Objetivo general.....	7
1.4.2 Objetivos específicos.....	7
1.5 Alcance	7
1.6 Hipótesis	8
1.7 Variables	8
1.7.1 Independientes	8
1.7.2 Dependientes.....	9

CAPÍTULO II.....	10
MARCO TEÓRICO	10
2. Bases teóricas.....	10
2.1 Descripción general sobre taludes y tipos de deslizamientos.	10
2.1.1 Taludes en roca	10
2.1.2 Deslizamientos	11
2.1.2.1 Deslizamiento de la cobertura superficial	15
2.1.2.2 Caída de lienzo rocosos	15
2.1.2.3 Deslizamientos de compartimientos	16
2.1.2.4 Deslizamientos de derrubios	16
2.1.3 Derrumbes	16
2.1.3.1 Deslizamiento tipo planar	17
2.1.3.2 Deslizamiento rotacional	18
2.1.4 Formación de escarpes y acantilados	19
2.2 Metodología para el análisis de estabilización de taludes.....	21
2.2.1 Caracterización geológica del macizo	23
2.2.2 Estructura del macizo rocoso.....	27
2.2.2.1 Estructura y dominio estructural	27
2.2.2.2 Caracteres geomecánicos de las discontinuidades.....	27
2.2.3 Flujo de agua en el macizo rocoso	38
2.2.4 Características resistentes.....	38
2.3 Análisis de estabilidad.....	41
2.3.1 Método del equilibrio límite	42

2.3.2	Empuje activo (<i>Ea</i>)	44
2.3.3	Empuje pasivo <i>Ep</i>	45
2.3.4	Efecto sísmico	47
CAPITULO III.....		51
DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO		51
3.	Ubicación geográfica.....	51
3.1	Geología	54
3.1.1	Geología Regional	54
3.1.2	Geología local.....	57
3.2	Tectónica	59
3.2.1	Tectónica regional	59
3.2.2	Tectónica local.....	60
3.3	Sismicidad.....	62
3.4	Influencia del tipo de material	64
3.5	Climatología	65
3.6	Hidrogeología local	66
3.7	Oceanografía	67
CAPITULO IV.....		71
DESCRIPCIÓN DE LOS TIPOS DE INESTABILIDAD DE TALUDES		71
4.	Inestabilidad en laderas	71
4.1	Desprendimientos	72
4.2	Corrimientos.....	73
4.3	Deslizamientos.....	74

4.3.1	Deslizamiento Rotacional	74
4.3.2	Reptación.....	75
CAPITULO V.....		78
ANÁLISIS METODOLÓGICO DEL ACANTILADO COSTERO DEL SECTOR 2 DE FEBRERO –ANCONCITO		78
5.	Procedimiento de recolección de datos.	78
5.1	Descripción de la caracterización geológica- geotécnica del macizo rocoso.....	79
5.1.1	Observación de afloramientos.	81
5.1.2	Estimación de caracteres geomecánicos de las discontinuidades.	82
5.2	Características resistentes de la roca	88
5.3	Presentación de los datos de campo y representación gráfica de las familias de fracturas registradas en el sitio.	90
CAPITULO VI.....		91
ANÁLISIS Y RESULTADO DEL DISEÑO DE LA PROPUESTA PARA ESTABILIZAR TALUD.		91
6.	Análisis de diseño	91
6.1	Dimensiones del muro de gaviones	95
6.2	Análisis sísmico.....	98
6.3	Verificación del factor de seguridad	102
6.4	Resultados.....	103
CAPITULO VII.....		106
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....		106
REFERENCIAS		109

ANEXOS..... 113

ÍNDICE DE TABLAS

<i>Tabla 1. Clasificación general de ingeniería de los diversos materiales litológicos.</i>	24
<i>Tabla 2. Evaluación del grado de meteorización del macizo rocoso.</i>	26
<i>Tabla 3. Terminología de espaciados recomendada por la sociedad Internacional de Mecánica de Rocas.</i>	30
<i>Tabla 4. Terminología del espaciado de la estratificación.</i>	30
<i>Tabla 5. Terminología de continuidad o persistencia recomendada por la Sociedad Internacional de Mecánica de Rocas</i>	31
<i>Tabla 6. Caracterización de la rugosidad de las estructuras según las recomendaciones de la ISRM.</i>	32
<i>Tabla 7. Terminología de apertura recomendada por la SIMR</i>	33
<i>Tabla 8. Descripción de la granulometría del material de relleno.</i>	34
<i>Tabla 9. Grado de filtración de una discontinuidad sin relleno.</i>	36
<i>Tabla 10. Grado de filtración de una discontinuidad con relleno.</i>	36
<i>Tabla 11. Números de rebotes con diferentes inclinaciones según la Sociedad Internacional de Mecánicas de Rocas (ISRM).</i>	39
<i>Tabla 12. Clasificación de las rocas a partir de su resistencia a la compresión simple</i>	41
<i>Tabla 13. calidad del macizo rocoso en relación al índice RMR.</i>	41
<i>Tabla 14. Clasificación de los perfiles de suelo.</i>	48
<i>Tabla 15. Clasificación de los perfiles de suelo.</i>	49
<i>Tabla 16. Tipo de suelo y Factores de sitio F_a</i>	49
<i>Tabla 17. Factores de seguridad indirectos mínimos.</i>	50
<i>Tabla 18. Coordenadas UTM UPS</i>	51
<i>Tabla 19. Matriz para descripción de amenazas naturales y antrópicas.</i>	53
<i>Tabla 20. Valores del factor Z en función de la zona sísmica adoptada</i>	63
<i>Tabla 21. Réplicas de sismos suscitados a partir del sismo de magnitud 6.3 en escala de Richter, frente a las costas de Salinas, Marzo 2019.</i>	64
<i>Tabla 22. Registro y caracterización de las amenaza por inundación en el cantón Salinas.</i>	67
<i>Tabla 23. Altura de la ola máxima esperada en Salinas.</i>	68
<i>Tabla 24. Valores de rebote obtenidos en situ.</i>	89

<i>Tabla 25. Características geomecánicas de la roca coquina, perteneciente a la formación tablazo.....</i>	<i>92</i>
<i>Tabla 26. Valores típicos del peso específico y porosidad de las rocas.</i>	<i>93</i>
<i>Tabla 27. Propiedades Físicas y mecánicas de diversas rocas.....</i>	<i>94</i>
<i>Tabla 28. Factores de fricción para diversos materiales.....</i>	<i>95</i>
<i>Tabla 29. Tabla correspondiente a especificaciones de dimensionamiento y material de relleno del muro de gaviones.</i>	<i>96</i>
<i>Tabla 30. Coordenadas del perfil del acantilado costero</i>	<i>97</i>
<i>Tabla 31. Presiones admisibles en roca</i>	<i>100</i>

ÍNDICE DE GRÁFICOS

<i>Figura 1. Imagen satelital del Acantilado costero en el sector 2 de febrero - parroquia Anconcito, en el año 2004.</i>	<i>3</i>
<i>Figura 2. Nomenclatura de taludes y laderas.....</i>	<i>10</i>
<i>Figura 3. Deslizamiento del sector 2 de Febrero - Parroquia Anconcito, 2019.</i>	<i>12</i>
<i>Figura 4. Nomenclatura de las diferentes partes que conforman un deslizamiento.....</i>	<i>13</i>
<i>Figura 5. Deslizamiento planar en el macizo rocoso.....</i>	<i>17</i>
<i>Figura 6. Disposición de discontinuidades en el estereograma para un modo de falla circular.....</i>	<i>18</i>
<i>Figura 7. Concepto de macizo rocoso y estructuras.</i>	<i>27</i>
<i>Figura 8. Terminología para definir a orientación de las discontinuidades, vista isométrica del plano (Buzamiento y Dirección de buzamiento).....</i>	<i>28</i>
<i>Figura 9. Ábaco para evaluar el coeficiente JRC en función del largo del perfil de la estructura y la amplitud máxima de las asperezas de ésta.....</i>	<i>32</i>
<i>Figura 10. Apertura de las discontinuidades.....</i>	<i>33</i>
<i>Figura 11. Ejemplos de esquemas de discontinuidades rellenas.</i>	<i>35</i>
<i>Figura 12. Plantilla de Wulff para representación de polos o planos.</i>	<i>37</i>
<i>Figura 13. Gráfico de correlación para el martillo de Schmidt (L). Relación entre la densidad de la roca, la resistencia a compresión y el número de rebote.....</i>	<i>40</i>
<i>Figura 14. Tabla de métodos de análisis de estabilidad de taludes.....</i>	<i>43</i>
<i>Figura 15. Superficie del macizo irregular.....</i>	<i>45</i>
<i>Figura 16. Determinación del empuje pasivo.....</i>	<i>46</i>
<i>Figura 17. Vista aérea del acantilado inestable en el sector 2 de febrero....</i>	<i>53</i>
<i>Figura 18. Mapa geológico de Santa Elena, Ecuador (G. Ancón; arenisca, arcilla, lutita y limolita).....</i>	<i>56</i>
<i>Figura 19. Columna estratigráfica de la Cuenca Progreso y Península de Santa Elena.</i>	<i>58</i>

<i>Figura 20. Vectores de convergencia entre la placa de Nazca (NzP), la placa de Sudamérica (SOM) y el bloque Nor-Andino con respecto a la fosa (línea a trazos) (según Noequet & Mothes, este volumen). (A1) Barrido hacia el sur del flanco norte de la Cordillera de Carnegie (FNCC) y (A2) la Zona de Fractura de Grijalva (GFZ) a lo largo de la fosa a 2.3cm/año. (B) Batimetría a intervalos de 200-m, y topografía de la zona de subducción de Ecuador y del sur de Colombia (según Michaud et al, 2006); Notar el desplazamiento NS entre el segmento del margen central y la cordillera de Carnegie en ambos lados de la fosa de Ecuador.....</i>	60
<i>Figura 21. Fallas de la península de Santa Elena.....</i>	62
<i>Figura 22. Ecuador, zonas sísmicas para propósito de diseño y valor del factor de zona Z.....</i>	63
<i>Figura 23. Desprendimientos de bloques, acantilado costero sector 2 de Febrero, 2019.</i>	72
<i>Figura 24. Corrimiento de ladera, sector 2 de febrero- Anconcito, 2018.....</i>	73
<i>Figura 25. Deslizamiento rotacional en el sector 2 de Febrero, 2019.</i>	75
<i>Figura 26. Fenómeno de reptación en el perfil del acantilado costero del sector 2 de Febrero.</i>	77
<i>Figura 27. Histograma de espaciados de las discontinuidades del talud... ..</i>	83
<i>Figura 28. Gráfico sobre índices de persistencia de las discontinuidades que presenta el acantilado costero del sector 2 de febrero.</i>	84
<i>Figura 29. Representación gráfica de los tipos de rugosidades presentes en el talud del sector 2 de febrero.....</i>	85
<i>Figura 30. Representación gráfica de aperturas en discontinuidades en el talud del acantilado costero del sector 2 de febrero.....</i>	86
<i>Figura 31. Histograma referente a tipos y dimensiones de rellenos presentes en la estructura del macizo rocoso.</i>	87
<i>Figura 32. Representación gráfica referente a la presencia de agua en la discontinuidad.....</i>	88
<i>Figura 33. Proyección estereográfica de las 3 familias de discontinuidades analizadas en el acantilado costero del sector 2 de febrero.</i>	90
<i>Figura 34. Datos del material de relleno en la estructura de gaviones.</i>	92
<i>Figura 35. Ingreso de datos sobre los parámetros de la roca que forma el acantilado costero del sector 2 de febrero al software GEO5.....</i>	94

<i>Figura 36. Dimensionamiento del muro de gaviones para estabilización de la superficie de deslizamiento del acantilado costero sector 2 de febrero.</i>	<i>96</i>
<i>Figura 37. Grafica del perfil de terreno en GEO5.....</i>	<i>97</i>
<i>Figura 38. Sobrecarga de forma trapezoidal de 10 KN/m2 y 20 kN/m2 en la parte superior del acantilado.....</i>	<i>98</i>
<i>Figura 39. Asignación de la componente sísmica horizontal k_h en el GEO5.</i>	<i>99</i>
<i>Figura 40. Ventana de parámetros considerados en la verificación de equilibrio en GEO5.....</i>	<i>99</i>
<i>Figura 41. Ventana de resultados en la verificación de equilibrio – GEO5</i>	<i>100</i>
<i>Figura 42. Resultados del análisis de capacidad portante del terreno y excentricidad del muro de gaviones.....</i>	<i>101</i>
<i>Figura 43. Resultados detallados en el análisis de la carga de diseño actuando en la cimentación.</i>	<i>101</i>
<i>Figura 44. Interfaz de verificación del muro de gaviones en el software GEO5.</i>	<i>102</i>
<i>Figura 45. Ventana de resultados en la verificación de la junta constructiva en el muro de gaviones – GEO5.....</i>	<i>103</i>
<i>Figura 46. Análisis de estabilidad del talud mediante el método de Bishop - GEO5.....</i>	<i>104</i>
<i>Figura 47. Ventana de resultados finales en la verificación de estabilidad de taludes realizada por el software GEO5.</i>	<i>105</i>

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo A. Reconocimiento del sitio sector 2 de febrero ubicado en la Parroquia Anconcito	113
Anexo B. Observación del afloramiento en el macizo rocoso	114
Anexo C. Reconocimiento de afectaciones en el macizo rocoso y daños en estructuras producidos por el deslizamiento.....	116
Anexo D. Toma de datos de caracterización geológica-geotécnica.....	117
Anexo E. Matriz de caracteres geomecánicos del macizo rocoso, que conforma el acantilado costero del 2 de febrero ubicado en la parroquia Anconcito – provincia de Santa Elena.	120
Anexo F. Secuelas de efecto sísmicos.	124
Anexo G. Topografía realizada en el sector 2 de Febrero.	125
Anexo H. Plano topográfico, curvas de nivel.	126
Anexo I. Resultados obtenidos en el diseño de muros de gaviones en GEO5	129

“CARACTERIZACIÓN GEOTÉCNICA Y PROPUESTA DE UNA METODOLOGÍA PARA ESTABILIZAR TALUD EN EL SECTOR 2 DE FEBRERO DE LA PARROQUIA ANCONCITO – PROVINCIA DE SANTA ELENA”

Autores: Catuto Flores Ariana Andreina

Elizalde Agurto Ronald Andrés

Tutor: Ing. Gastón Nicolás Proaño Cadena, MSc.

RESUMEN

El presente trabajo de titulación consiste en realizar una caracterización geológica - geotécnica del acantilado costero del sector 2 de febrero el mismo que presenta inestabilidad. Se estimó las características geomecánicas en base al levantamiento geológico - geotécnico en campo, sobrevuelo con dron y levantamiento topográfico altimétrico en la superficie de deslizamiento y posteriormente trabajo de gabinete. En campo se obtuvo parámetros como: familia de discontinuidades, persistencia, relleno, rugosidad, rumbo y buzamiento. Luego con ayuda de la proyección estereográfica se proyecta y obtiene el sistema de fallamiento, se realizó la determinación del alto grado de meteorización que presenta la estructura del macizo rocoso; y, esto sumado a fenómenos de intemperismo y erosión marino costera en la base del talud generan alta inestabilidad, se propone la estabilización con muro de gaviones y para su diseño se aplicó el software de análisis geotécnico GEO5 que considera el método de equilibrio límite de Bishop para realizar un análisis por capacidad portante, excentricidad, análisis pseudoestático con estas variables el diseño proporcionó un factor de seguridad favorable contra el vuelco y deslizamiento de la estructura de contención.

Palabras Claves: *Macizo rocoso, Geotecnia, proyección estereográfica, meteorización, levantamiento topográfico.*

"GEOTECHNICAL CHARACTERIZATION AND PROPOSAL OF A METHODOLOGY TO STABILIZE TALUD IN THE SECTOR 2 DE FEBRERO OF THE ANCONCITO PARISH - PROVINCE OF SANTA ELENA"

Autores: Catuto Flores Ariana Andreina

Elizalde Agurto Ronald Andrés

Tutor: Ing. Gastón Nicolás Proaño Cadena, MSc.

SUMMARY

The present titling work consists in carrying out a geological - geotechnical characterization of the coastal cliff of the sector 2 de Febrero , which presents instability. Geomechanical characteristics were estimated based on the geological - geotechnical field survey, drone overflight and topographic topographic survey on the sliding surface and subsequently cabinet work. In the field, parameters such as: family of discontinuities, persistence, filling, roughness, heading and diving were obtained. Then, with the help of the stereographic projection, the fault system is projected and obtained, the determination of the high degree of weathering presented by the rock mass structure is made; and, this added to phenomena of weathering and coastal marine erosion at the base of the slope generate high instability, the stabilization with gabion wall is proposed and for its design the geotechnical analysis software GEO5 was applied, which considers Bishop's limit equilibrium method To carry out an analysis by bearing capacity, eccentricity, pseudostatic analysis with these variables, the design provided a favorable safety factor against the tipping and sliding of the containment structure.

Key words: *Rock massif, Geotechnics, stereographic projection, weathering, topographic survey.*

CAPÍTULO I

GENERALIDADES

1. Introducción

En cualquier parte de la superficie terrestre la gravedad “empuja” continuamente los materiales hacia niveles inferiores. Los problemas que presentan la estabilidad de taludes, tanto naturales como excavados, han sido objeto de análisis en varios dominios de la actividad humana y con especial atención en la ingeniería civil. (Instituto Geológico y Minero de España (IGME), 1985-1986)

El término más comúnmente usado para designar los movimientos producidos en los taludes es el de “deslizamiento”. Dicho termino, de aceptación muy extendida, implica movimientos de taludes formados por diferentes clases de materiales de roca, suelo, rellenos artificiales o combinaciones de los mismos a través de una superficie de rotura determinada. (Instituto Geológico y Minero de España (IGME), 1985-1986)

Para el presente trabajo de titulación previo a la obtención del título de ingeniero civil, se analiza el caso de estudio del talud ubicado en el sector 2 de febrero de la parroquia Anconcito provincia de Santa Elena, que presenta el problema de inestabilidad, generada por medio de la interacción antropogénica y agentes atmosféricos, dando origen a la formación de superficies de rotura, escarpes de deslizamiento, fracturación del estrato rocoso, desprendimientos de masas rocosas de gran proporción y afectación en los componentes estructurales de edificaciones localizadas sobre la superficie del sitio de estudio.

El propósito de la investigación abarca la caracterización geotécnica del macizo rocoso para evaluar el comportamiento geo mecánico, mediante la interpretación de la litología que conforman la masa rocosa, análisis de las características geológicas-geotécnicas que determinan las propiedades físicas, mecánicas e hidrológicas del terreno, y establecer la propuesta de

una metodología de estabilización para lograr recuperar el equilibrio natural de la ladera existente en el sector 2 de Febrero de Anconcito.

1.1 Antecedentes

El comportamiento geodinámico de un talud es un factor preponderante de conocer previo a la realización de una obra de infraestructura que será cimentada sobre este tipo de laderas. Esto se consigue mediante estudios geológicos, determinaciones de los factores físicos, químicos y antropogénicos, que son las causas que generan inestabilidad causando afectaciones parciales o totales, esto representa un riesgo inminente a la localidad.

Consecutivamente se han desarrollado múltiples eventos sísmicos que han generado fallas geológicas en la zona costera, por tal motivo el sector 2 de febrero de la parroquia Anconcito se encuentra en estudio por la inestabilidad que presenta el acantilado costero de la localidad, para esto es indispensable presentar las caracterizaciones geotécnicas para determinar la composición y propiedades físicas, mecánicas e hidrológicas del terreno, que conforma el talud.

El acantilado costero del sector 2 de febrero, objeto de estudio en esta tesis presenta una geomorfología muy variable que se modifica por acción de agentes exógenos tales como: Reptación, erosión al pie del talud por el rompimiento cíclico de las olas en todo el perfil litoral, esto sumado a la presencia de actividad sísmica generada principalmente en el cinturón de fuego del pacífico efecto que ha tenido incidencia en la ocurrencia de deslizamientos progresivos de proporciones pequeñas, provocando también que se originen fallas de discontinuidad en la estructura del macizo rocoso.

A continuación, la figura 1 muestra el estado del perfil costero en el sector 2 de febrero, donde se observa el talud con alteraciones en sus propiedades geotécnicas que no generaron movimientos de grandes masas de roca, en el año 2004.



Figura 1. Imagen satelital del Acantilado costero en el sector 2 de febrero - parroquia Anconcito, en el año 2004.

Fuente: Google Earth, 2004.

En el año 2010 se procedió a realizar una valoración del sitio mediante la intervención de la universidad Estatal Península de Santa Elena (UPSE) y el Comité Técnico Científico (CTC) de la provincia de Santa Elena, con el propósito de establecer la superficie del deslizamiento, permitiendo determinar un área crítica del sector afectado que viene delimitado por tres fallas normales identificadas en donde su área de influencia directa alcanza los 14.585 m².

Estos eventos de inestabilidad han producido movimientos y asentamientos en edificaciones, vías, áreas de recreación y afectación a la institución educativa del sector, cuyos asentamientos y desniveles han sido identificados mediante una inspección visual en los elementos estructurales y no estructurales. La norma Ecuatoriana de la construcción (NEC, 2015) sección 2.5, establece que todo proyecto de ingeniería con base a las características del mismo, debe tener un estudio previo de suelos, para taludes y acantilados se requiere de una evaluación geotécnica del terreno, el resultado final permite determinar factores útiles en el análisis general del caso de estudio basados a criterios de trabajo y esfuerzos que podría soportar el terreno, permitiendo determinar el método de estabilización de talud necesario que garantice la sustentabilidad de las obras a realizarse.

El análisis realizado en la investigación por la universidad UPSE y CTC, indican las secuencias de estratos desimétricos de areniscas grauvaticas de clastos subangulares, interpuestos por estratos laminados de arcillolita y limolitas color verdes grises, materiales observados en los afloramientos de los acantilados a lo largo de la zona costera.

Es fundamental conocer el ángulo de inclinación, este valor representa un parámetro geométrico básico para definir la superficie del pie del talud. También se realiza el análisis de estabilidad de talud mediante el factor de seguridad, que permite determinar la estabilidad de una masa rocosa en base al coeficiente de seguridad contra los esfuerzos de empuje. Entre los factores a considerar en la evaluación del terreno se encuentra el medioambiente, en donde el clima e hidrología del lugar presentan las acciones erosivas, y genera socavamiento, mediante las precipitaciones, humedad, sequedad y los flujos subterráneos.

La afectación que tiene el sector 2 de febrero, consiste en el desprendimiento de bloques de detritos y rocas en el borde de la superficie de falla definida, y estos derrumbes pueden darse lento o rápido; para el talud en estudio, la falla se ha propagado progresivamente, desde el 2010 hasta 2018 el nivel del talud ha descendido considerablemente. Con el objetivo de neutralizar el problema de inestabilidad que presenta el sector antes mencionado, se estudia los planos de fallas existentes para poder caracterizar los problemas de geotecnia, y determinar el método de estabilización más idóneo.

1.2 Planteamiento del problema

La península de Santa Elena dispone de una geomorfología variable y entre los diferentes relieves constan las planicies y elevaciones, características de las zonas costeras. En el perfil costero hoy se tiene relieves de baja y mediana altura, en Anconcito el perfil litoral se caracteriza por un perfil tipo acantilado con fuerte pendiente; las olas rompen su energía al pie del talud.

Uno de los principales problemas que afectan la estabilidad de este suelo es la erosión de las olas que impactan cíclicamente provocando socavación en el pie del talud dando origen al asentamiento de la masa de suelo para recuperar la estabilidad.

En Anconcito el sitio urbano "2 de febrero", tuvo gran afectación por este fenómeno, originando destrucción en redes eléctricas, camino vecinal y viviendas. Un análisis de morfometría del terreno permitió estimar 306.305 m³ de material, que puede deslizarse a través de 3 planos de fallas de tipo normal, con efecto local de daño en un área de 14.585 m². (Chunga Morán, 2010)

Los factores que pueden incrementar la tasa de velocidad de deslizamiento de masas de tierra pueden ser: (1) la alta precipitación en especial durante los meses de invierno, y (2) la recurrencia de terremotos locales con magnitud moderada $M_w \approx 5$ o el arribo de amplificaciones de ondas sísmicas desde terremotos lejanos con $M_w > 6.5$. (Chunga Morán, 2010)

El sector 2 de febrero de Anconcito es considerada actualmente una zona de riesgo, debido al progresivo avance de la superficie de falla del acantilado, y presencia de escarpes de deslizamientos generando inestabilidad en la infraestructura que están construidas sobre este macizo rocoso, como consecuencia estas obras pasan a un estado no operativo por el peligro latente que representa para sus usuarios, por este motivo el presente documento estudia el problema de inestabilidad que debe ser motivo de análisis en detalle, y que permita establecer técnicas adecuadas para la recuperación de las características de estabilidad.

La presente tesis propone efectuar la caracterización geotécnica para identificar el origen del problema de inestabilidad, y establecer los factores que producen la incidencia, y el progresivo avance del deslizamiento y superficies de falla. Determinar el área crítica actual y definir en base a la demanda de capacidad de soporte del suelo, el método de estabilización de talud requerido para contrarrestar la ocurrencia del problema que afecta

actualmente al acantilado costero, objeto de estudio en el presente trabajo de titulación.

1.3 Justificación

La necesidad del presente estudio se justifica debido al problema de inestabilidad que presenta la ladera actualmente, causando afectaciones en edificaciones localizadas en el sector 2 de febrero, convirtiéndose en un peligro latente para los moradores debido a los movimientos de grandes masas de suelo y roca, ocasionados por la dinámica de la ola sobre la base del acantilado provocando socavamiento del talud.

En el sector de influencia directa es necesario realizar estudios geológicos y geotécnicos que permitan delimitar áreas no apropiados para construcciones viales, y demás infraestructuras realizadas en el sector "2 de Febrero". Esto se debe a que los primeros análisis sobre el fenómeno de desprendimiento y deslizamiento de estratos rocosos, se realizaron en mayo del 2010 mediante la intervención de la Upse y el CTC, en el mismo lapso de tiempo se iniciaba los trabajos viales con maquinarias pesadas sin considerar la carga estática y vibraciones transmitidas en el terreno.

La dinámica de erosión marina continua en los acantilados ha provocado socavamiento y pérdida de resistencia de los estratos más blandos, seguidos por desprendimientos de estratos rocosos y acumulación de material en la zona de playa. (Chunga Morán, 2010)

Actualmente el sector 2 de febrero es periódicamente evaluado, sobre las alteraciones que presenta su geomorfología, y relieve, dado que esto provoca afectación a construcciones que se encuentran junto al acantilado, generando un peligro latente para usuarios y moradores del sector, esta investigación tiene por objeto evaluar la situación actual de inestabilidad y recomendar una alternativa aplicable en la estabilización del talud.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo general

Realizar la caracterización geotécnica del talud ubicado en el sector 2 de febrero de la Parroquia Anconcito – Provincia de Santa Elena, mediante ensayos en situ y análisis de sus propiedades geológicas, para evaluar el comportamiento geomecánico y poder determinar el método de estabilización del talud más adecuado.

1.4.2 Objetivos específicos

- Determinar la formación geológica y el tipo de material que contiene el talud.
- Caracterizar los problemas geológicos – geotécnicos, como: propiedades físicas, mecánicas e hidrológicas del terreno.
- Proponer un método de estabilización en base a los resultados obtenidos y evitar el impacto de afectación en el futuro.

1.5 Alcance

La investigación de este proyecto se desarrollará en el sector “2 de Febrero”, parroquia Anconcito, y tiene como alcance realizar la caracterización geotécnica del talud, que actualmente se encuentra inestable y presenta constantes deslizamientos generando riesgos a las distintas edificaciones construidas sobre el mismo. Entre las edificaciones que más presentan afectaciones son: una institución educativa, viviendas, vías y áreas de recreación.

Los materiales rocosos tienen como características principales: ser no homogéneos, no elásticos, anisotrópicos y generalmente discontinuos; estas tipologías son limitaciones a estimar en la presente tesis, siendo necesario el análisis de esfuerzos tales como deformaciones que originan la rotura de este material.

Esta evaluación se realiza para la determinación de indicadores geotécnicos que contribuyan en la estimación preliminar de clasificación y estudio del macizo rocoso, datos indispensables para la propuesta del diseño y posible construcción de obras civiles, urbanas e industriales, que se edifican sobre estos materiales.

Este trabajo de titulación abarca estudios del macizo rocoso mediante el análisis de la geología, y caracteres geomecánicos en la estructura del macizo rocoso, para la estabilización del talud. Mediante la siguiente investigación se determinará los factores de seguridad, para las posibles superficies de falla que más se ajusten a las condiciones actuales de taludes en el sector "2 de Febrero".

Además se realizará una exploración de campo que permitirá observar las tipologías de los materiales, y poder establecer el planteamiento de algunas recomendaciones de solución, como: muros, gaviones, anclajes y terrazas. Esto permitirá caracterizar el nivel de riesgo que tiene el deslizamiento en estudio, e intervenir urgentemente con las obras ingenieriles conceptuales planteadas, para así controlar el desplazamiento de grandes proporciones de terreno y estabilizar la zona de riesgo.

1.6 Hipótesis

El estudio de la caracterización geotécnica, y el diseño de la estabilización del talud del sector "2 de Febrero"; mediante la evaluación ingenieril permiten mitigar los problemas de desestabilización y dar soluciones idóneas al macizo rocoso inestable, donde las medidas pertinentes desarrollan un sitio seguro y dan un buen vivir tangible a la localidad.

1.7 Variables

1.7.1 Independientes

Caracterización geotécnica del talud.

1.7.2 Dependientes

Determinación de las propiedades físicas, mecánicas e hidrológicas del terreno que forma el talud.

Aplicación del modelo geológico para la caracterización del macizo rocoso, y
Propuesta de metodología de estabilidad para el talud del sector 2 de febrero.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2. Bases teóricas

2.1 Descripción general sobre taludes y tipos de deslizamientos.

2.1.1 Taludes en roca

Todo terreno que presenta una inclinación distinta a la horizontal se determina un talud, que pueden ser naturales o artificiales y generalmente está formado por suelo o roca.

Nomenclatura de un Talud o Ladera.

“Un talud o ladera es significativamente una masa de tierra que posee cambios de altura formando una pendiente. Se describe como ladera cuando su conformación fue originada naturalmente y talud se debe a que su conformación fue artificial” (Suárez Díaz, 1998)

La figura 2.a, muestra un talud artificial y los factores que participan en su estabilidad. La figura 2.b, muestra el perfil de un talud con los factores que controlan su estabilidad.

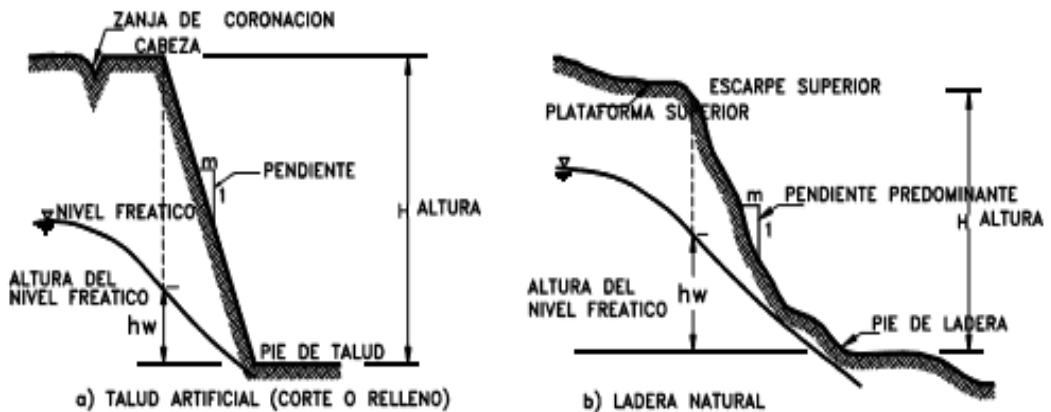


Figura 2. Nomenclatura de taludes y laderas

Fuente: Suárez Díaz, 1998

Suárez Díaz (1998), define los elementos constitutivos de una ladera o talud como se indica en la figura 2 que detalla lo siguiente:

1. **Altura:** Es la distancia vertical entre el pie y la cabeza del, la cual se presenta claramente definida en taludes artificiales pero es complicada de cuantificar en las laderas debido a que el pie y la cabeza no son accidentes topográficos bien marcados.
2. **Pie:** Corresponde al sitio de cambio brusco de pendiente en la parte inferior.
3. **Cabeza o escarpe:** Se refiere al sitio de cambio brusco de pendiente en la parte superior.
4. **Altura del nivel freático:** Distancia vertical desde el pie del talud o ladera hasta el nivel de agua medida debajo de la cabeza.
5. **Pendiente:** Es la medida de la inclinación del talud o ladera. Puede medirse en grados, en porcentaje o en relación m/1, en la cual m es la distancia horizontal que corresponde a una unidad de distancia vertical.
(p.90)

2.1.2 Deslizamientos

“Son movimientos que se producen al superarse la resistencia al corte del material y tienen lugar a lo largo de una o varias superficies o a través de una franja relativamente estrecha del material” (Instituto Tecnológico Geominero de España, 1985-1986)

“Los deslizamientos son movimientos de masas de suelo o roca que deslizan, moviéndose relativamente respecto al sustrato, sobre una o varias superficies de rotura netas al superarse la resistencia al corte de estas superficies” (González de Vallejo, Ferrer, Ortuño, & Oteo, 2004)

Las superficies de deslizamientos pueden verse y deducirse razonablemente, cuando se realiza una observación de campo como se muestra en la figura 3.



Figura 3. Deslizamiento del sector 2 de Febrero - Parroquia Anconcito, 2019.
Fuente: Autores

Morfología y partes de un deslizamiento

Algunas de las clasificaciones de movimientos existentes se basan en la interrelación de términos descriptivos relacionados con el tamaño, forma y morfología de los deslizamientos. Por otra parte, se ha comprobado, a través de diferentes y numerosos estudios que existen una estrecha relación entre la morfología de un determinado tipo de deslizamiento y su génesis. (Instituto Geológico y Minero de España (IGME), 1985-1986)

En un deslizamiento se suelen distinguir varias partes, aunque no todas se desarrollan de igual forma, en los diferentes tipos, incluso existen ciertas peculiaridades morfológicas propias de cada tipología.

La figura 4 muestra un típico deslizamiento rotacional, con las diferentes partes y su nomenclatura usual.

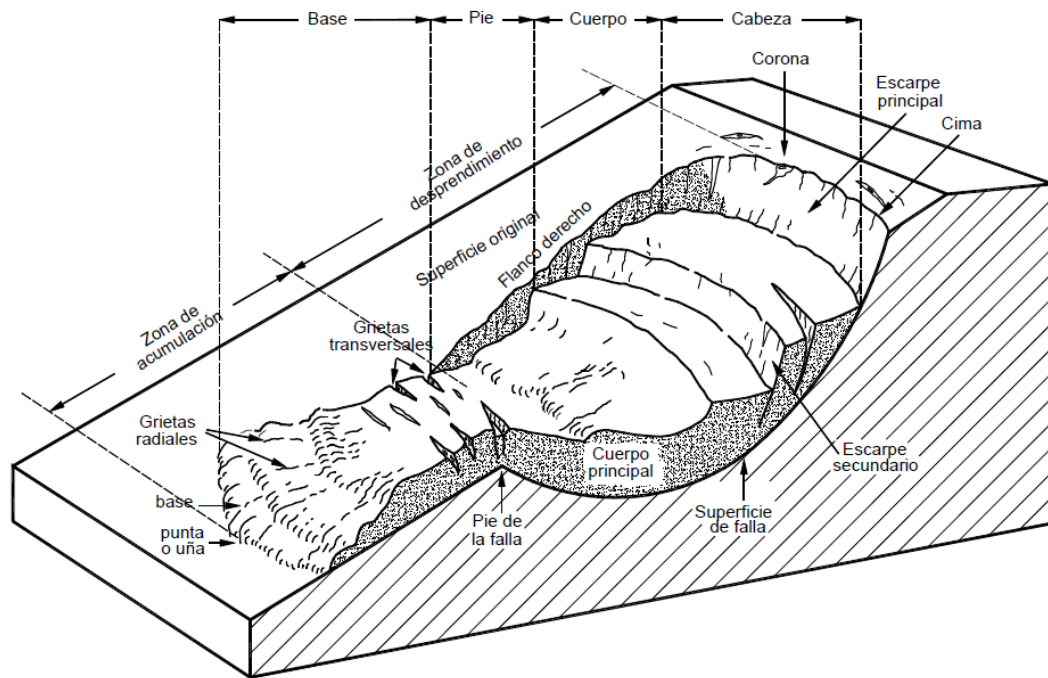


Figura 4. Nomenclatura de las diferentes partes que conforman un deslizamiento.

Fuente: Suárez Díaz, 2009

Los términos que describen las partes que componen un deslizamiento según (Suárez Díaz, 2009) se detallan de la manera siguiente:

- **Cabeza.** Parte superior de la masa de material que se mueve. La cabeza del deslizamiento no corresponde necesariamente a la cabeza del talud. Arriba de la cabeza está la corona.
- **Cima.** El punto más alto de la cabeza, en el contacto entre el material perturbado y el escarpe principal.
- **Corona.** El material que se encuentra en el sitio, (prácticamente inalterado), adyacente a la parte más alta del escarpe principal, por encima de la cabeza.
- **Escarpe principal.** Superficie muy inclinada a lo largo de la periferia posterior del área en movimiento, causado por el desplazamiento del material. La continuación de la superficie del escarpe dentro del material conforma la superficie de la falla.

- **Escarpe secundario.** Superficie muy inclinada producida por el desplazamiento diferencial dentro de la masa que se mueve. En un deslizamiento pueden formarse varios escarpes secundarios.
- **Superficie de falla.** Área por debajo del movimiento y que delimita el volumen del material desplazado. El suelo por debajo de la superficie de la falla no se mueve, mientras que el que se encuentra por encima de ésta, se desplaza. En algunos movimientos no hay superficie de falla.
- **Pie de la superficie de falla.** La línea de interceptación (algunas veces tapada) entre la parte inferior de la superficie de rotura y la superficie original del terreno.
- **Base.** El área cubierta por el material perturbado abajo del pie de la superficie de falla.
- **Punta o uña.** El punto de la base que se encuentra a más distancia de la cima.
- **Cuerpo principal del deslizamiento.** El material desplazado que se encuentra por encima de la superficie de falla. Se pueden presentar varios cuerpos en movimiento.
- **Superficie original del terreno.** La superficie que existía antes de que se presentara el movimiento.
- **Costado o flanco.** Un lado (perfil lateral) del movimiento. Se debe diferenciar el flanco derecho y el izquierdo.
- **Derecha e izquierda.** Para describir un deslizamiento se recomienda utilizar la orientación geográfica (Norte, Sur, Este, Oeste); pero si se emplean las palabras derecha e izquierda, deben referirse al deslizamiento observado desde la corona hacia el pie. (p.5-6)

2.1.2.1 Deslizamiento de la cobertura superficial

Cualquier talud está sujeto a fuerzas naturales que hacen que las partículas se deslicen en porciones más grandes de terreno; el fenómeno es más intenso cerca de la superficie inclinada del talud a causa de falta de presión normal confinante, como de este proceso, la zona puede quedar sujeta a flujos viscosos que se generan con lentitud. (Chávez Aguirre , 2006)

Falla por deslizamiento en laderas naturales sobre superficies de falla preexistentes: en muchas laderas naturales existe una costra importante de materiales que se encuentran en movimiento hacia abajo por un proceso de deformación bajo esfuerzo cortante en partes más profundas y que llega en muchas ocasiones a producir una verdadera superficie de falla. En general estos movimientos están asociados a ciertas estratigrafías favorables a ellos, al mismo tiempo que a flujos estacionales de agua en el interior del cuerpo del talud. (Chávez Aguirre , 2006)

2.1.2.2 Caída de lienzo rocosos

Las caídas de rocas son un tipo común de movimiento de masas extremadamente rápido, en el cual rocas de cualquier tamaño caen por el aire. Las caídas ocurren en cañones, acantilados y cortes de caminos, produciendo en la base acumulaciones de rocas sueltas y fragmentos, llamados talud detrítico. (Wicander & Monroe, 2000)

Las caídas de rocas son el resultado de fallas en las fracturas o los planos de estratificación en los estratos de roca y, en general, las desencadenan los socavamientos naturales o humanos en las pendientes, o bien los terremotos. El tamaño de las rocas varía de las pequeñas, que caen de los acantilados, a las caídas masivas de millones de metros cúbicos de detritos que destruyen edificaciones, sepultan pueblos y obstaculizan las carreteras. (Wicander & Monroe, 2000)

2.1.2.3 Deslizamientos de compartimientos

Deslizamiento lento de grandes bloques compactos sin perturbación de la pendiente original sobre planos poco inclinados. Es posible una fragmentación en elementos más pequeños según planos de deslizamientos secundarios. El deslizamiento de los fragmentos es menor que el de los bloques principales. En el pie ocurre una dislocación en forma de colada de derrubio que se desplaza lentamente, y esto está limitado lateralmente y detrás por grietas y fisuras. Se desarrolla siguiendo la dirección de la foliación y/o estratificación. Entre las causas principales esta la absorción de agua proveniente de lluvia, deshielo, derretimiento de nieve, rotura de tuberías, etc. (Guillén, 2004)

2.1.2.4 Deslizamientos de derrubios

Son movimientos complejos que engloban a fragmentos rocosos, bloques, cantos y gravas en una matriz fina de arenas, limos y arcilla. Tienen lugar en laderas cubiertas por material suelto o no consolidado, como es el caso de los depósitos de morrenas glaciares, y especialmente en aquellas donde no existe cobertera vegetal. (González de Vallejo, et al.,2004)

(González de Vallejo, et al.,2004) menciona que: “los flujos pueden ser consecuencia de deslizamientos, o ser inducidos por desprendimientos. Junto con los deslizamientos son los movimientos de ladera más extendidos, al afectar a muy diversos tipos de materiales”

2.1.3 Derrumbes

(Guillén, 2004) En el estudio de su tesis con título Estabilidad de taludes en los departamentos de Guatemala y alta Verapaz, casos reales presentados en la Universidad de San Carlos de Guatemala Facultad de Ingeniería - Escuela de Ingeniería Civil comenta que la fase principal ocurre el derrumbe súbito de la masa mediante caída libre o deslizamiento a gran velocidad. La masa en movimiento se dispersa completamente y no se origina una

superficie de deslizamiento definida. La superficie de falla no sigue una dirección preferencial.

Los obstáculos y accidentes topográficos pueden producir variaciones y cambios bruscos en el curso o dirección de la masa derrumbada. En terrenos planos la pérdida rápida de energía cinética la formación de un frente abrupto delante de la masa. El flujo de detritos suele detener su marcha en la ladera opuesta (Guillén, 2004)

2.1.3.1 Deslizamiento tipo planar

“Movimiento rápido o lento de un bloque de suelo o roca para este caso a lo largo de una superficie de falla plana” (Hunt, 1984)

“La rotura plana de taludes tiene lugar sobre todo en macizos rocosos constituidos por rocas de resistencia media o alta afectadas por fallas y diaclasas, tal como se muestra en la figura 5” (Ramírez Oyanguren & Alejano Monge, 2004)

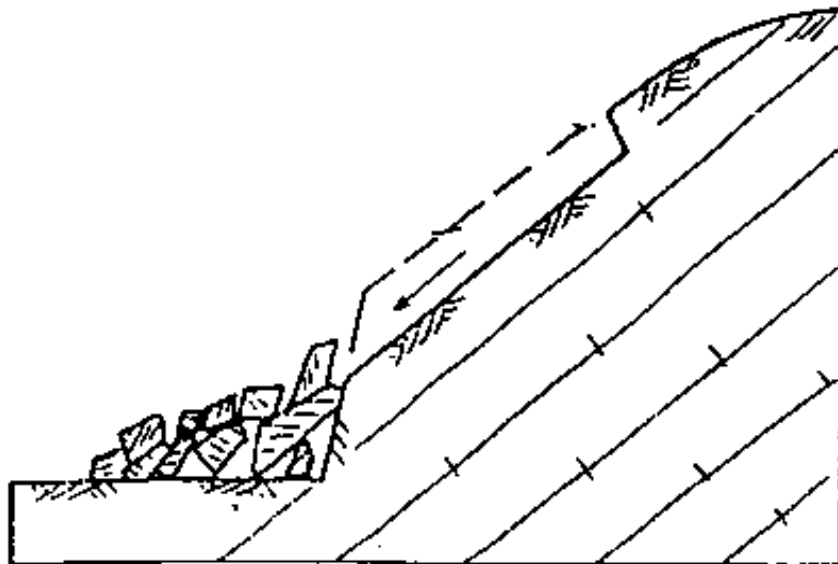


Figura 5. Deslizamiento planar en el macizo rocoso.

Fuente: Grases, Contreras, & Grases, 1997

2.1.3.2 Deslizamiento rotacional

“En un deslizamiento rotacional la superficie de falla es formada por una curva cuyo centro de giro se encuentra por encima del centro de gravedad del cuerpo del movimiento” (Suárez Díaz, 1998)

En lo que confirma (González de Vallejo, et al.,2004) que los deslizamientos rotacionales son más frecuentes en suelos cohesivos «homogéneos». La rotura, superficial o profunda, tiene lugar a favor de superficies curvas o en «forma de cuchara». Una vez iniciada la inestabilidad, la masa empieza a rotar, pudiendo dividirse en varios bloques que deslizan entre sí y dan lugar a «escalones» con la superficie basculada hacia la ladera y a grietas de tracción estriadas. (p.625)

También conocida como deslizamiento o rotura rotacional, es producida por muchos sets de fallas, las cuales tienen distintos rumbos y manteos, y dejan la roca muy fracturada, perdiendo la cohesión. Por la cantidad de fracturas, el macizo rocoso se transforma en una especie de gravilla, (figura 6) la que desliza por la cara del talud. (Instituto Tecnológico GeoMinero de España, 1987)

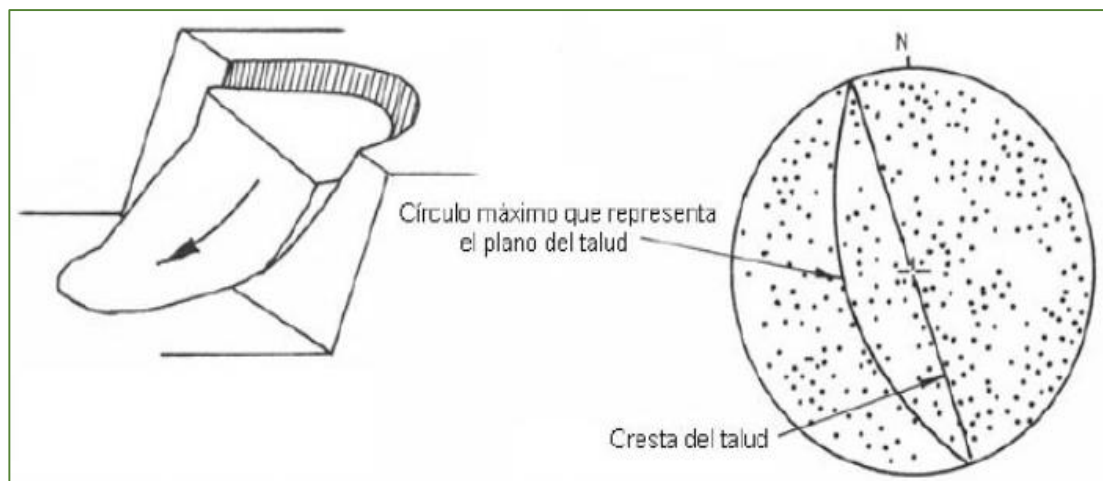


Figura 6. Disposición de discontinuidades en el estereograma para un modo de falla circular.

Fuente: Modificado de Hoek y Bray, 1981.

“La rotura circular suele tener lugar en macizos rocosos de mala calidad o meteorizados o en suelos. En este caso la rotura por deslizamiento se produce siguiendo una trayectoria circular”. (Ramírez Oyanguren & Alejano Monge, 2004)

2.1.4 Formación de escarpes y acantilados

Acontecimiento que se da por causa del socavamiento de las orillas por corrientes de agua, o por el choque de olas al pie del talud, en lo que genera que este se desestabilice y ocurra deslizamientos que formen los escarpes en el acantilado.

Problema de erosión del pie de talud por acción de olas.

La erosión marina la realizan las olas al chocar contra la costa, sometiéndola a un incesante golpear con una potencia considerable, capaz de romper, fracturar y arrastrar bloques de gran tamaño causando luego el desgaste de los fragmentos a la vez el retroceso de los acantilados. La magnitud de estos efectos erosivos depende también de la dureza y naturaleza de las rocas que forman la costa, además de la posición de sus estratos respecto a la superficie del mar, de la existencia de corrientes costeras y de la protección humana. (Rivera Mantilla, 2005)

La erosión o socavación del pie de las laderas, escarpes y acantilados, por erosión fluvial, litoral u otra causa, da lugar a la pérdida de resistencia en esta zona y a la modificación del estado tensional, lo que unido a la falta de apoyo del material suprayacente puede provocar la inestabilidad y la generación de deslizamientos o desprendimientos. (González de Vallejo, et al.,2004)

En el proceso de destrucción de acantilados se crea una zona de acumulación de fragmentos arrancados que forman la plataforma de abrasión, lugar en donde se produce el desgaste de los materiales así como el pulido de dicha superficie. Además de esta acción mecánica, hay que tener en cuenta el

efecto químico producido por la disolución de las rocas que favorece que su fracturamiento. (Rivera Mantilla, 2005)

Las laderas costeras sometidas a la acción del oleaje y las mareas son zonas con riesgo de inestabilidad. Merecen ser destacados los procesos de erosión en acantilados rocosos, que dan lugar al retroceso de los mismos. Esta actividad está ligada a los temporales marítimos, especialmente si coinciden con mareas vivas. (González de Vallejo, et al.,2004)

Dada por el señor (Rivera Mantilla, 2005) la acción erosiva del mar se realiza por:

- **Acción hidráulica.** Esta acción erosiva consiste en el desgaste causando por el continuo movimiento de las aguas marinas, las cuales al chocar contra las rocas de las costas les arrancan los fragmentos y además socavan las costas formando las cavernas. En este trabajo las aguas marinas son ayudadas por el aire contenido de las fracturas, el cual es comprimido por el agua; al retirarse ésta, rápidamente el aire se expande con violencia produciendo el desprendimiento de fragmentos y el ensanchamiento de las grietas.
- **Abrasión.** Consiste en el desgaste del litoral cuando los fragmentos arrastrados por las olas chocan contra los acantilados ocasionando el redondeamiento y reducción de los fragmentos a tamaños pequeños.
- **Disolución.** Consiste en el efecto químico del agua al disolver los minerales de las rocas susceptibles a esta acción, que favorecen a la acción mecánica. Al avanzar el mar sobre los continentes, va ejerciendo su acción erosiva, produciendo diversos rasgos geomorfológicos.

- **Acantilados litorales.** Son escarpes verticales, producidas por socavación y desplome de las rocas de la costa, lo que da como resultado el retroceso de los acantilados.
- **Plataforma de abrasión.** Son superficies planas de poca pendiente en forma de banco que se extienden desde los acantilados hasta el mar, en donde se produce principalmente la abrasión. Esta plataforma se amplía a medida que las olas continúan su ataque.
- **Puntas.** Son promontorios de rocas resistentes que se extienden hacia el mar, tienen forma alargada. La porción del mar entre dos promontorios forma bahías y ensenadas.
- **Cavernas Marinas.** Son oquedades excavadas en los acantilados por acción de las olas.
- **Arcos marinos.** Se forman al unirse dos cavernas de lados opuestos.
- **Pilares Marinos.** Son promontorios separados o restos de arcos marinos que con tiempo serán erosionados por las olas.

Los pensamientos de varios autores antes expuestos nos confirman que el estudio de la erosión que se da por la actividad marítima, en este caso para el sector 2 de febrero sitio en estudio de la presente tesis; es importante ya que se da en el pie del acantilado generando un gran impacto al talud, y logrando que el macizo rocoso pierda resistencia y dé como resultado la inestabilidad, favoreciendo a los deslizamientos y fallas en el acantilado.

2.2 Metodología para el análisis de estabilización de taludes.

La investigación de una ladera, talud o deslizamiento consiste en obtener toda la información posible sobre sus características topográficas, geológicas, geotécnicas y ambientales que permitan realizar un diagnóstico de los

problemas lo más preciso posible y un diseño efectivo de solución. Para el propósito de la investigación es necesario conocer cuáles son los parámetros básicos que afectan la estabilidad. (Suárez Díaz, 1998)

Los estudios geológicos y geotécnicos de taludes están dirigidos al diseño de taludes estables en función de las condiciones requeridas (corto o largo plazo, relación coste-seguridad, grado de riesgo aceptado, etc.) así como a la estabilización de taludes inestables. La metodología seguida en los estudios de estabilidad de taludes parte del conocimiento geológico, hidrogeológico y geomecánicos del macizo rocoso o suelo. (González de Vallejo, et al.,2004)

Para la caracterización del macizo rocoso existen varias propuestas introducidas por expertos en geotecnia. Entre los más reconocidos se pueden mencionar tres modelos indicados a continuación:

- Modelo geológico
- Modelo Geotécnico
- Modelo Matemático

Para el estudio de estabilidad de taludes realizado en la presente tesis y relacionado con el sitio particular del sector 2 de febrero, se ha seleccionado el modelo geológico, que es un modelo de aceptación internacional y de uso común en el área de la ingeniería civil.

Se entiende por modelo geológico de un macizo rocoso, a la descripción simplificada de los factores de tipo geológico que lo definen, para efecto de la caracterización.

La información geológica disponible del macizo rocoso, consta de una fase preliminar de recolección de toda la información sobre: topografía, fotografías aéreas y geología. Los factores geológicos a tener en cuenta son los siguientes:

- Litología
- Meteorización

- Estructura del macizo rocoso
- Caracteres geomecánicos de las discontinuidades
- Flujo de agua en el macizo rocoso

2.2.1 Caracterización geológica del macizo

Litología

La litología forma parte de la geología que estudia significativamente las características de las rocas, que dan cabida a una determinada formación, correspondiente a la descripción de la unidad litostratigráfica de la superficie del terreno, o también se genera la caracterización rocosa en una muestra concreta.

Cuando un talud está formado por varios tipos de roca, el comportamiento geotécnico del conjunto es diferente al de cada material por separado. Deben estudiarse las propiedades de cada tipo de roca, las características de sus discontinuidades y a su vez la interacción de las propiedades y discontinuidades dentro del conjunto. (Suárez Díaz, 1998)

La tabla 1, incluye la descripción del tipo de material, formación geológica, características descriptivas en el sitio de estudio y los detalles prioritarios a tomar en cuenta para el propósito de la caracterización.

En la fila 3 de la tabla 1, se encuentra la descripción de la roca meteorizada, que define claramente las características observadas en el macizo rocoso del sector 2 de febrero. Es necesario enfatizar que la roca está altamente descompuesta y apenas se observa los rasgos de la roca original por lo que en la actualidad todo el afloramiento de investigación es suelo residual.

Tipo de material	Formación	Características	Detalles prioritarios
Roca	Ignea Metamórfica	Rocas formadas por cristales de minerales	Estructura geológica. Fracturas.
	Sedimentaria (debe definirse el tipo de roca en la forma más detallada posible).	Rocas formadas por granos cementados, depositados en capas.	Planos de estratificación.
Roca meteorizada (saprolito)	Ignea Metamórfica Sedimentaria	Permanecen algunos rasgos de la roca pero ésta se encuentra descompuesta, en las discontinuidades.	Estructura geológica Discontinuidades Estado de meteorización.
Suelo	Residual	Roca meteorizada en la cual ya no aparecen las características físicas de la roca.	Estructura geológica. Discontinuidades. Propiedades fisicoquímicas.
	Aluvial Coluvial. Glacial Loess	Grupos de partículas o bloques de suelo o roca.	Propiedades físicas.
Materiales heterogéneos	Roca, roca meteorizada, suelo.	Mezcla de diversos materiales en un mismo perfil.	Estructura geológica. Discontinuidades. Meteorización. Propiedades fisicoquímicas.

Tabla 1. Clasificación general de ingeniería de los diversos materiales litológicos.

Fuente: Suárez Díaz, 1998

Meteorización de las rocas

Se refiere a la alteración de la estructura y composición de una roca superficial por la interacción de agentes atmosféricos. Esta acción se presenta por factores físicos y químicos, de manera simultánea donde depende principalmente del clima.

La meteorización, llamada también intemperismo, es la destrucción de las rocas que afloran en superficie, por acción de los agentes ambientales, en condiciones de presión y temperatura ambiental. Esta destrucción se efectúa in situ y consiste en la desintegración (proceso mecánico o físico) y descomposición (proceso químico) de los minerales y rocas. Las rocas que afloran en superficie no están en equilibrio con el ambiente que las rodea, y esto se debe a que se formaron en condiciones fisicoquímicas distintas de las del ambiente que actualmente las rodea, y es así como los minerales que las forman empiezan a experimentar una desintegración y descomposición química que dará como resultado nuevos minerales. (Rivera Mantilla, 2005)

- Efectos de la meteorización física

- Cristalización de agua en fracturas y grietas
- Afloramiento de vegetación
- Variación del volumen de roca debido a cambios de temperatura
- Desprendimiento de partículas por efecto de erosión

- Efectos de la meteorización química.

Interactúan reacciones de carbonatación, hidrolisis, disolución, oxidación, hidratación, en donde los agentes reactivos principales son ácidos orgánicos, dióxido de carbono, oxígeno y agua.

La meteorización está influenciada principalmente por el clima; para la física (climas secos y cálidos o fríos y secos) y la química (cálidos o templados y húmedos).

Para cuantificar la dureza de las rocas se utilizan métodos empíricos directos en situ, también se puede utilizar otros métodos de mayor precisión como el martillo de Schmidt.

La tabla 2 se presenta la escala de meteorización de las rocas sedimentarias detríticas como las que afloran en el sector 2 de febrero de Anconcito.

Grado de meteorización	Tipo	Descripción
I	Fresco	No aparecen signos de meteorización
II	Ligeramente meteorizado	La decoloración indica alteración del material rocoso y de las superficies de discontinuidad. Todo el conjunto rocoso está decolorado por meteorización
III	moderadamente meteorizado	Menos de la mitad del macizo rocoso aparece descompuesto y/o transformado en suelo. La roca fresca o decolorada aparece como una estructura continua o como núcleos aislados.
IV	Altamente meteorizado	Más de la mitad del macizo rocoso aparece descompuesto y/o transformado en suelo. La roca fresca o decolorada aparece como una estructura continua o como núcleos aislados.
V	Completamente meteorizado	Todo el macizo rocoso aparece descompuesto y/o transformado en suelo. Se conserva la estructura original del macizo rocoso
VI	Suelo residual	Todo el macizo rocoso se ha transformado en un suelo. Se ha destruido la estructura del macizo y la fábrica del material.

Tabla 2. Evaluación del grado de meteorización del macizo rocoso.
Fuente: ISRM, 1981.

2.2.2 Estructura del macizo rocoso

2.2.2.1 Estructura y dominio estructural

Se denomina estructura del macizo rocoso al conjunto de fallas, diaclasas, pliegues y demás características geológicas propias de una determinada región del mismo (ver figura 7). En ingeniería de rocas, se considera que la estructura del macizo rocoso comprende también los tipos de roca existentes en él. (Ramírez Oyanguren & Alejano Monge, 2004)

Se utiliza una serie de criterios en la descripción de la estructura, dominio estructural, los mismos que son estudiadas en los numerales 2.2.2.2

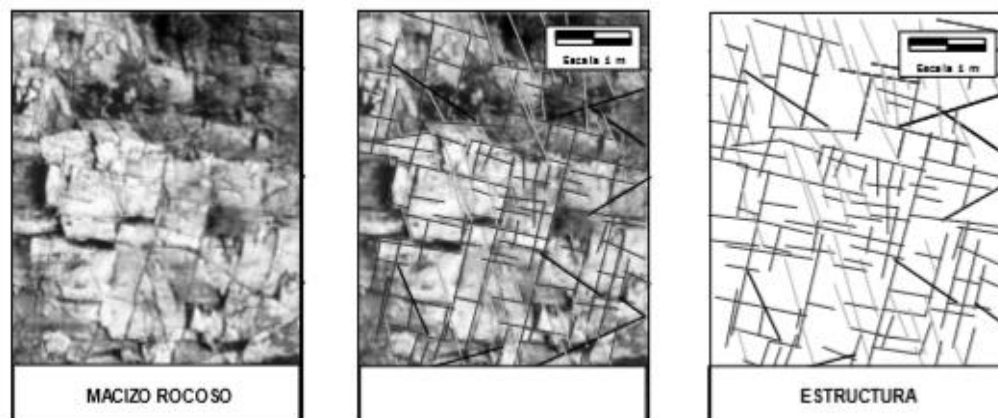


Figura 7. Concepto de macizo rocoso y estructuras.

Fuente: Ramírez Oyanguren & Alejano Monge, 2004

2.2.2.2 Caracteres geomecánicos de las discontinuidades.

Los caracteres geomecánicos de las discontinuidades que actúan en su comportamiento son: orientación, espaciado, dimensiones, rugosidad, resistencia de los labios de la discontinuidad, apertura y relleno.

Orientación.

En geotecnia lo más habitual es definir las discontinuidades mediante la dirección del buzamiento y la pendiente del plano con la horizontal ver figura 8. Así, por ejemplo, 210/32 indica que la dirección de buzamiento se encuentra

a 210° del norte verdadero en el sentido de las agujas del reloj y que el plano tiene una pendiente de 32° . Para realizar la medida de la dirección de buzamiento se coloca en primer lugar la tapa de la brújula geotécnica apoyada sobre la discontinuidad y se cala la burbuja. En este caso de que la discontinuidad buce hacia fuera (hacia fuera del talud), la medida de la aguja que marca al norte será la dirección de buzamiento de la discontinuidad (por estar las brújulas geotécnicas numeradas en sentido anti-horario). En el caso de que la discontinuidad buce hacia el macizo, la dirección de buzamiento vendrá marcada por la aguja para buzarse al sur (suelen tener distintos colores en las brújulas geotécnicas). Para medir el buzamiento, se coloca la brújula geotécnica en vertical apoyada sobre la discontinuidad y se mide el buzamiento mediante el clinómetro que lleva la brújula. (Ramírez Oyanguren & Alejano Monge, 2004)

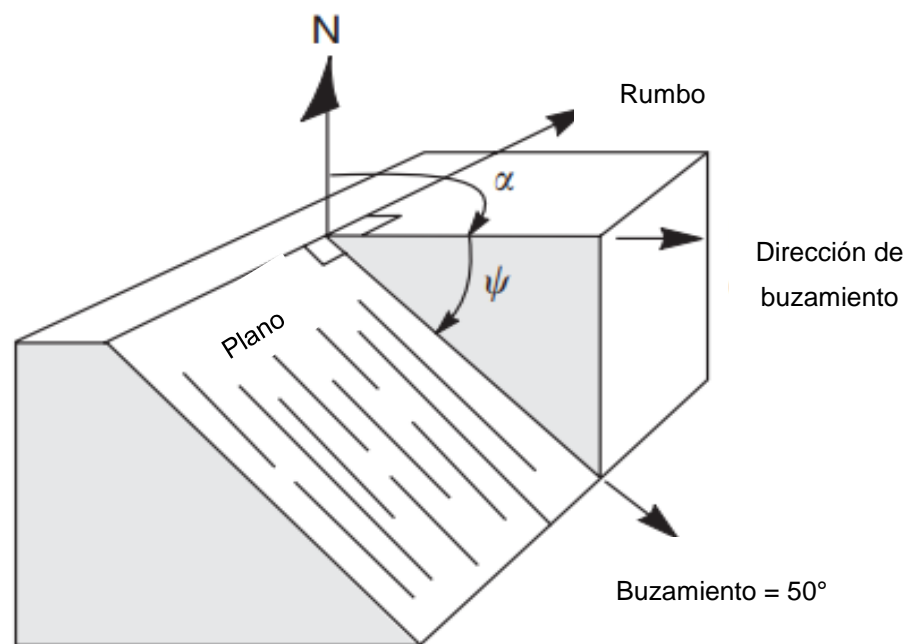


Figura 8. Terminología para definir a orientación de las discontinuidades, vista isométrica del plano (Buzamiento y Dirección de buzamiento).
Fuente: Wyllie & Mah, 2004.

Espaciado.

Refiere al espaciado existente de un sistema o familia de discontinuidades, es decir grupo de discontinuidades subparalelas, con respecto a la distancia medida entre ellas.

Según (Ramírez Oyangüren, De la cuadra Irizar, Laín Huerta, & Grijalbo Obeso) el espaciado de las discontinuidades adyacentes es el factor determinante del tamaño de los bloques de roca. Si las familias de discontinuidades presentes tienen una separación pequeña, la cohesión del macizo rocoso es pequeña, mientras que aquellas discontinuidades que están muy separadas originan bloques de gran tamaño engranados entre sí.

El espaciado de las discontinuidades de un sistema es el factor que más influye en el tamaño de los bloques que componen el macizo rocoso. Este aspecto cobra la máxima importancia cuando existen otros factores que contribuyen a aumentar la deformabilidad del macizo rocoso, como, por ejemplo, una pequeña resistencia al corte de las discontinuidades; tiene también gran influencia en la permeabilidad del macizo rocoso y por tanto en la circulación del agua en el mismo. El espaciado se mide colocando una cinta métrica perpendicular a las discontinuidades en el afloramiento. (Ramírez Oyanguren & Alejano Monge, 2004)

De cada familia de discontinuidades se anota el espaciado máximo, el mínimo y el modal, aunque también se puede presentar un histograma con los espaciados de todas las discontinuidades medidas. (Ramírez Oyanguren & Alejano Monge, 2004)

La tabla 3 indica el índice de espaciamiento que frecuentemente se presenta en el macizo rocoso.

Descripción	Espaciado en mm
Extremadamente cerrado	< 20
Muy cerrado	20-60
Cerrado	60-200
Moderado	200-600
Abierto	600-2000
Muy abierto	2000-6000
Extremadamente abierto	>6000

Tabla 3. Terminología de espaciados recomendada por la sociedad Internacional de Mecánica de Rocas.

Fuente: ISRM (Brown, 1981)

En macizos rocosos sedimentarios la superficie de discontinuidad con mayor importancia geotécnica es el espaciado de la estratificación, tal como se describe en la tabla 4.

Término	Espesor en mm
Extremadamente fino	< 6
Muy fino	6-20
Fino	20-60
Medio	60-200
Grande	200-600
Muy grande	600-2000
Extremadamente grande	>2000

Tabla 4. Terminología del espaciado de la estratificación.

Fuente: Ramírez Oyanguren & Alejano Monge, 2004.

Dimensiones (persistencia).

Se toma en consideración características de tamaño o extensión de la discontinuidad, estos datos se determinan mediante observación directa de las longitudes de superficies en afloramientos. Generalmente los afloramientos rocosos se presentan en menor dimensión que el área o la longitud de la discontinuidad, permitiendo cuantificar la longitud de la discontinuidad en base a lo que se determina en el buzamiento y rumbo.

Para la definición del tamaño de las discontinuidades se basa a la tabla 5, en donde se tiene la terminología de la continuidad recomendada por el ISRM.

Término	Continuidad en m
Muy pequeña	<1
Pequeña	1-3
Media	3-10
Grande	10-20
Muy grande	>20

Tabla 5. Terminología de continuidad o persistencia recomendada por la Sociedad Internacional de Mecánica de Rocas

Fuente: (ISRM) Brown, 1981.

Rugosidad

Representa un parámetro considerable para establecer la resistencia que se genera al corte, generalmente la rugosidad de una discontinuidad se evidencia como una ondulación que presentadas a gran escalas, y en contacto, originan expansión dando lugar a un desplazamiento cortante.

La rugosidad de los labios de una discontinuidad tiene una gran influencia sobre su resistencia al corte. Esta influencia es tanto menor cuanto mayor sea su apertura y el espesor de relleno. La rugosidad de una discontinuidad se puede caracterizar mediante dos factores: ondulación y aspereza. Las ondulaciones son rugosidades a gran escala que provocan una fuerte expansión o dilatación de la discontinuidad al experimentar ésta un desplazamiento cortante, si ambos lados están en contacto. Las asperezas son rugosidades a pequeña escala que pueden desaparecer en parte durante el desplazamiento cortante de la discontinuidad, si éste produce la rotura de los pequeños picos de roca que constituyen la rugosidad. (Ramírez Oyanguren & Alejano Monge, 2004)

En la tabla 6 se presentan los perfiles de rugosidad y valores asociados del coeficiente JRC. Y en la figura 9 se muestra el ábaco que evalúa el coeficiente JRC en función del largo del perfil de la estructura y la amplitud máxima de las asperezas.

Clase	Escala		Perfil típico de rugosidad de la estructura	JRC ₂₀	JRC ₁₀₀
	Intermedia	Menor			
I	Escalonada	Rugosa		20	11
II		Lisa		14	9
III		Pulida		11	8
IV	Ondulada	Rugosa		14	9
V		Lisa		11	8
VI		Pulida		7	6
VII	Plana	Rugosa		2,5	2,3
VIII		Lisa		1,5	0,9
IX		Pulida		0,5	0,4

Tabla 6. Caracterización de la rugosidad de las estructuras según las recomendaciones de la ISRM.

Fuente: Modificada de Brown (1981).

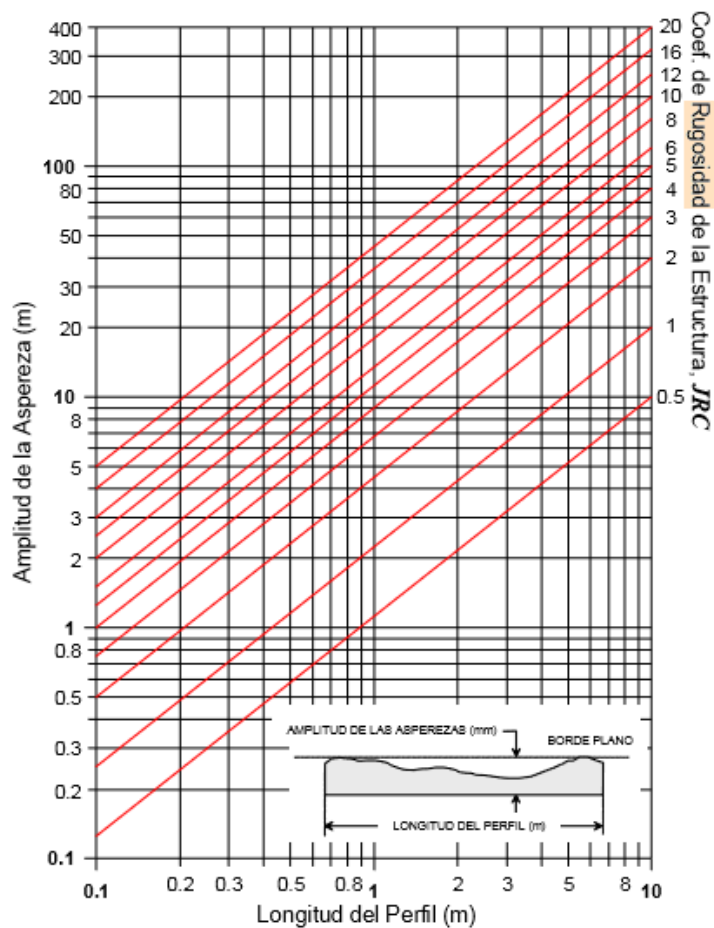


Figura 9. Ábaco para evaluar el coeficiente JRC en función del largo del perfil de la estructura y la amplitud máxima de las asperezas de ésta

Fuente: Barton & Choubey ,1977.

Apertura

Se refiere a aquella distancia vertical que separa a las paredes vecinas de roca en discontinuidades, que presentan apertura donde se localiza agua o

aire. Si estas aperturas se presentan en gran proporción, se debe a desplazamientos cortantes de las discontinuidades, proporcionando apreciable rugosidad y ondulación, o a su vez se debe a efectos de disolución o lavado. En donde las discontinuidades pueden ser cerradas, abiertas y rellenas como se muestra en la figura 10.

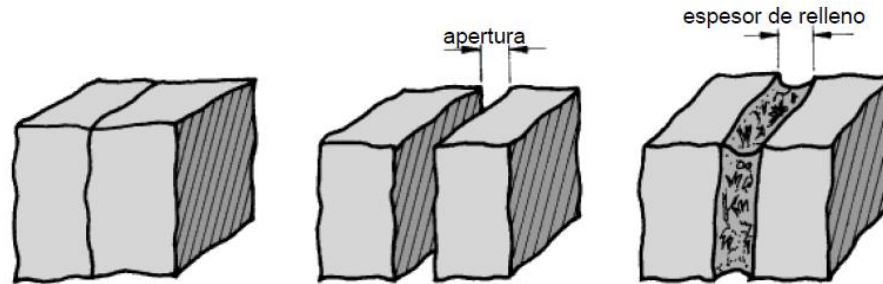


Figura 10. Apertura de las discontinuidades
Fuente: Ramírez Oyanguren & Alejano Monge, 2004.

Para determinar la apertura de las discontinuidades se emplea la terminología recomendada por la SIMR (Brown, 1981) tal como se muestra en la tabla 7.

APERTURA	DESCRIPCIÓN	ASPECTO
<0,1 mm	Muy cerrada	Aspecto cerrado
0,1-0,25 mm	Cerrada	
0,25-0,5 mm	Parcialmente abierta	
0,5-2,5 mm	Abierta	Aspecto de hendidura
2,5-10 mm	Moderadamente ancha	
>10 mm	Ancha	
1-10 cm	Muy ancha	Aspecto abierto
10-100 cm	Extremadamente ancha	
>1 m	Cavernosa	

Tabla 7. Terminología de apertura recomendada por la SIMR
Fuente: Ramírez Oyanguren & Alejano Monge, 2004.

Relleno

Las discontinuidades pueden aparecer rellenas de un material de naturaleza distinta a la roca de las paredes. Existe gran variedad de materiales de relleno con propiedades físicas y mecánicas muy variables. La presencia de relleno gobierna el comportamiento de la discontinuidad, por lo que deben ser reconocidos y descritos todos los aspectos referentes a sus propiedades y estado. (González de Vallejo, et al., 2004)

En la tabla 8 se muestran los valores para la granulometría del relleno.

Tamaño (mm)	Descripción	Material	Granulometría	
> 600	Bloques	Granular	Muy gruesa	
200 a 600	bolones			
60 a 200	Bolones pequeños			
20 a 60	Gravas gruesas		Gruesa	
6 a 20	Gravas			
2 a 6	Gravas finas			
0,6 a 2	Arenas gruesas			Media
0,2 a 0,6	Arenas			
0,06 a 0,2	Arenas finas			
< 0,06	Limos, Arcillas	Fino	Fina	

Tabla 8. Descripción de la granulometría del material de relleno.

Fuente. Brown, 1981.

Los comportamientos de origen físicos según (Ramírez Oyanguren & Alejano Monge, 2004) obedecen a varios factores entre los que se destacan:

- Espesor.
- Mineralogía.
- Granulometría.
- Relación de sobreconsolidación.
- Humedad y permeabilidad.
- Desplazamientos cortantes previos

Al realizar la cartografía geotécnica hay que observar en las discontinuidades los anteriores factores. Se deben hacer esquemas y fotografías de los rellenos. En la figura 11 se muestran ejemplos de esquemas de discontinuidades rellenas. (Ramírez Oyanguren & Alejano Monge, 2004)

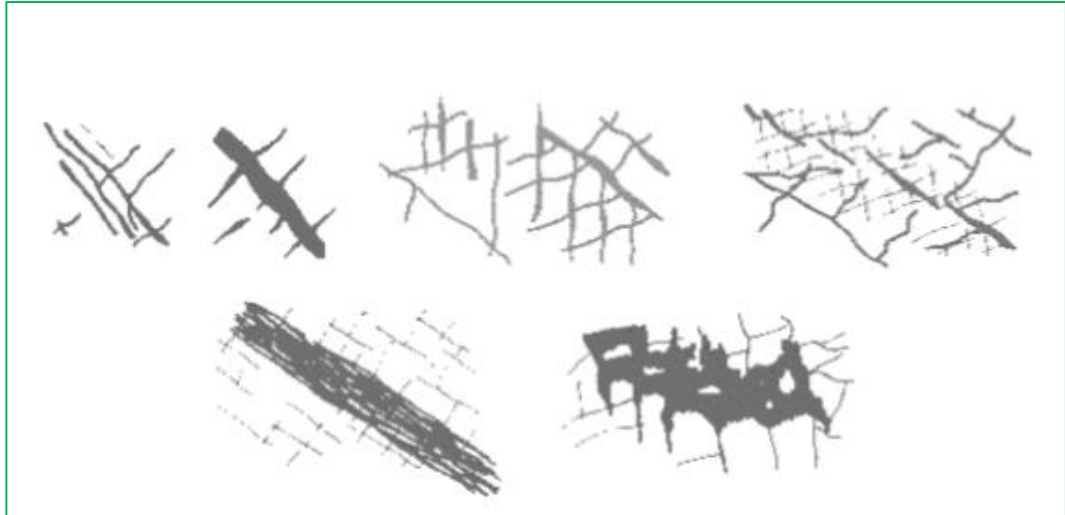


Figura 11. Ejemplos de esquemas de discontinuidades rellenas.
Fuente: Ramírez Oyanguren & Alejano Monge, 2004.

Circulación de agua.

Generalmente, la circulación de agua en los macizos rocosos se realiza a lo largo de las discontinuidades (permeabilidad secundaria), excepto en las rocas sedimentarias con un alto índice de poros, en las cuales el agua circula por la propia roca (permeabilidad primaria). Esta permeabilidad necesita que los estratos permeables conecten unos con otros, frecuentemente a través de discontinuidades. La permeabilidad secundaria es más propia de los macizos de rocas ígneas y metamórficas. Por lo que se acaba de exponer, la permeabilidad en los macizos rocosos suele ser muy anisotrópicos. (Ramírez Oyanguren & Alejano Monge, 2004)

Para evaluar el grado de filtración de una discontinuidad, se muestran unas escalas descriptivas en las tablas 9 y 10, propuestas por la SIMR (Brown, 1981).

Discontinuidades sin relleno	
Grado de filtración	Descripción
I	La discontinuidad está muy cerrada y seca. El flujo de agua por la misma no parece posible.
II	La discontinuidad está seca y no hay evidencia de flujo de agua.
III	La discontinuidad está seca, pero muestra evidencias de flujo de agua, por ejemplo, manchas de roña, etc.
IV	La discontinuidad está húmeda, pero no se observa circulación de agua.
V	La discontinuidad muestra filtraciones de agua, gotas de agua ocasionales, pero no flujo continuo.
VI	La discontinuidad muestra un flujo continuo de agua. (Hay que estimar el caudal en litros/minuto y describir la presión, por ejemplo: baja, media o alta).

Tabla 9. Grado de filtración de una discontinuidad sin relleno.
Fuente: Ramírez Oyanguren & Alejano Monge, 2004.

Discontinuidades con relleno	
Grado de filtración	Descripción
I	Los materiales de relleno están fuertemente consolidados y secos, parece muy improbable la aparición de un flujo debido a que la permeabilidad es muy baja.
II	Los materiales de relleno están húmedos, pero no circula agua.
III	Los materiales de relleno están húmedos, con gotas ocasionales de agua.
IV	Los materiales de relleno muestran signos de lavado, con flujo continuo de agua. (Se debe estimar el caudal en litros/minuto).
V	Los materiales de relleno están lavados localmente, y hay un considerable flujo de agua a lo largo de los canales de erosión. (Se debe estimar el caudal en litros/minuto y la presión: baja, media o alta).
VI	Los materiales de relleno están completamente erosionados por el agua, que circula a presiones muy elevadas, especialmente en los afloramientos. (Se debe estimar el caudal en litros/minuto y describir la presión).

Tabla 10. Grado de filtración de una discontinuidad con relleno.
Fuente: Ramírez Oyanguren & Alejano Monge, 2004.

Número de familias de discontinuidades

La intensidad o grado de fracturación y el tamaño de los bloques de matriz rocosa vienen dados por el número de familias de discontinuidades y por el espaciado de cada familia. Cada una de las familias queda caracterizada por su orientación en el espacio y por las propiedades y características de los planos. (González de Vallejo, et al., 2004)

Para representar gráficamente la orientación de las diferentes familias de discontinuidades, se tomara en cuenta la proyección estereográfica.

Proyección estereográfica

La proyección estereográfica hace que los datos de orientación en tres dimensiones sean representados y analizados en dos dimensiones. Una importante limitación de las proyecciones estereográficas es que ellas consideran relaciones angulares entre líneas y planos, y no representan la posición y el tamaño de las formas. Los dos tipos de proyección estereográfica usados en geológica estructural son las proyecciones polar y ecuatorial, para ello se utiliza la plantilla de Wulff, figura 12. (Wyllie & Mah, 2004)

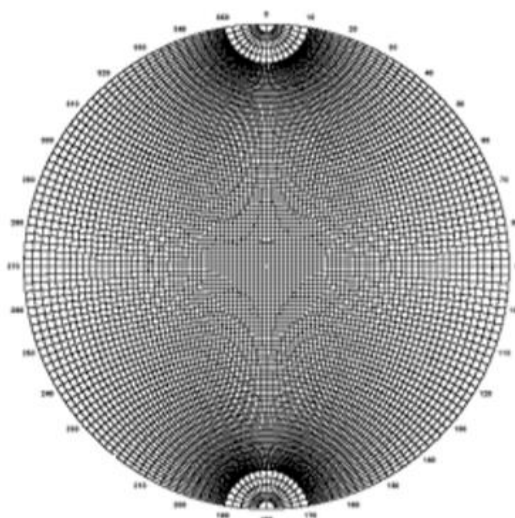


Figura 12. Plantilla de Wulff para representación de polos o planos.
Fuente: Sellés Martínez, 1988.

Tamaño de los bloques

El tamaño de los bloques que forman el macizo rocoso condiciona de forma definitiva su comportamiento y sus propiedades resistentes y deformacionales. La dimensión y la forma de los bloques están definidas por el número de familias de discontinuidades, su orientación, su espaciado y su continuidad. (González de Vallejo, et al., 2004)

También indica (Ramírez Oyanguren & Alejano Monge, 2004) que el tamaño de los bloques juntamente con la resistencia al corte de las discontinuidades y de la roca determina el comportamiento mecánico del macizo rocoso. Los macizos rocosos compuestos por grandes bloques tienden a ser poco

deformables, mientras que si el tamaño de éstos es suficientemente pequeño pueden llegar a fluir, en casos excepcionales.

2.2.3 Flujo de agua en el macizo rocoso

El flujo de agua a través de los macizos rocosos se produce principalmente por las discontinuidades, es decir, por la llamada "permeabilidad secundaria". También puede ser importante, sobre todo en rocas sedimentarias, la "permeabilidad primaria" que depende del material en sí. El flujo de agua depende de las características topográficas y geológicas del macizo rocoso. Bajo una diferencia de presión determinada, los diversos tipos de rocas se pueden clasificar con respecto al flujo de agua según su conductividad hidráulica o permeabilidad. La permeabilidad se define como la velocidad del flujo de agua bajo una diferencia de presión determinada. (Ramírez Oyangüren, et al.,)

2.2.4 Características resistentes

Dureza de las rocas.

Para determinar la resistencia de la roca se utiliza el martillo de rebote, es un ensayo realizado in situ y denota un alto grado de confiabilidad, si se cumple con todos los parámetros y procedimientos de aplicación. Consiste en un dispositivo sencillo que registra el rebote de un cilindro metálico que, impulsado por un muelle, choca contra la superficie de la roca.

Para realizar el ensayo en campo intervienen los siguientes factores:

- Ubicación y orientación del martillo.
- El área de ensayo abarca una sección promedio
- Humedad del estrato rocoso
- Distribución granulométrica del material

El martillo L permite medir valores de la resistencia a compresión simple de la roca, comprendidos entre 20 MN/m² y 300 MN/m².

Según Barton y Choubey, han propuesto la siguiente fórmula para calcular la resistencia a compresión de la roca, partiendo del índice de rebote que fue citado por (Ramírez Oyangüren, et al.,) que presenta la siguiente la fórmula:

$$\log(o_c) = 0,00088 \gamma R + 1,01$$

o_c = resistencia a compresión simple de la capa superficial de la roca (MN/m²)

γ = densidad seca de la roc $\left(\frac{KN}{m^3}\right)$

R = índice de rebote

A continuación en la tabla 11, se presentan las correcciones para reducir el rebote (r) del martillo de Schmidt cuando éste no está colocado verticalmente hacia abajo.

Rebote r	Hacia abajo		Hacia arriba		Horizontal
	a= -90°	a= -45°	a = 90°	a= 45°	a= 0°
10	0	-0,8	-----	-----	-3,2
20	0	-0,9	-8,8	-6,9	-3,4
30	0	-0,8	-7,8	-6,2	-3,1
40	0	-0,7	-6,6	-5,3	-2,7
50	0	-0,6	5,3	-4,3	-2,2
60	0	-0,4	-4	-3,3	-1,7

Tabla 11. Números de rebotes con diferentes inclinaciones según la Sociedad Internacional de Mecánicas de Rocas (ISRM).

Fuente: Ramírez Oyanguren & Alejano Monge, 2004.

Los números de rebote en la práctica van de 10 a 60. El número más bajo se aplica a las rocas más débiles (resistencia a compresión simple ($o_c < 20 MPa$), mientras que el número más alto se aplica a las rocas muy duras y extremadamente duras ($o_c > 150 MPa$). Las rocas muy débiles y extremadamente débiles no se pueden ensayar con el martillo de Schmidt tipo

L. Para una resistencia de la roca determinada, el número de rebote es mínimo cuando el martillo se utiliza verticalmente hacia abajo (rebote contra la gravedad y máximo cuando se coloca verticalmente hacia arriba). (Ramírez Oyangüren, et al.,)

La figura 13, muestra el gráfico de correlación para el martillo de Schmidt tipo L, en cuanto a la relación de la densidad de roca, resistencia a la compresión y el número de rebote.

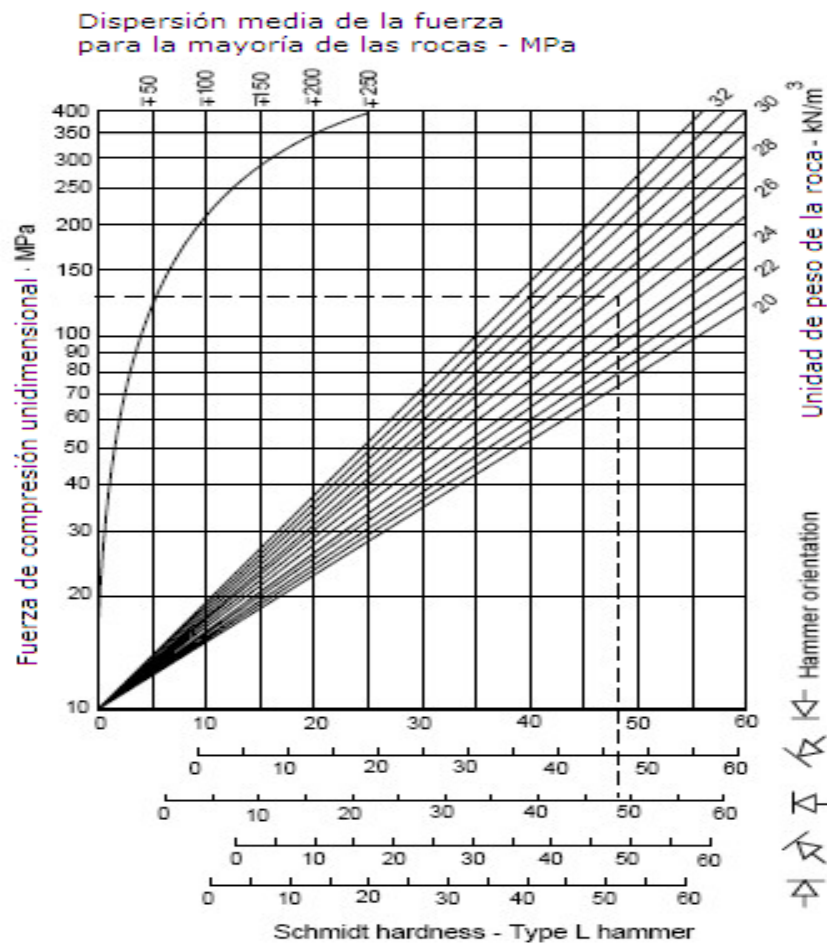


Figura 13. Gráfico de correlación para el martillo de Schmidt (L). Relación entre la densidad de la roca, la resistencia a compresión y el número de rebote.

Fuente: Hoek, *Practical Rock Engineering*, 2000.

En la tabla 12 se muestran los valores para realizar la clasificación de la dureza, que presentan las rocas al esfuerzo de compresión simple.

Resistencia a la compresión simple (Mpa)	ISRM (1981)	Geological Society of London (1970)	Bieniawski (1973)	Ejemplos
<1	Suelos			
1 -- 5	Muy blanda	Blanda > 1,25	Muy baja	Sal, lutita, limolita, -marga, toba, carbón.
12,5 -- 25	Moderadamente dura	moderadamente dura	Muy baja	
25 -- 50			Baja	Esquisito, pizarra,
50 -- 100	Dura	Dura	Media	Rocas metamórficas, esquistosas, mármol, granito, gneiss, arenisca, caliza porosa.
100 -- 200	Muy dura	Muy dura	Alta	Rocas ígneas y metamórficas duras, areniscas muy cementadas, caliza, dolomía.
>200		Extremadamente dura	Muy alta	Cuarcita, gabro, basalto

Tabla 12. Clasificación de las rocas a partir de su resistencia a la compresión simple

Fuente: González de Vallejo, et al., 2004.

Para determinar la calidad del macizo rocoso, depende de la clasificación de la dureza. A continuación la tabla 13, muestra V clases en relación al índice RMR.

Clase	Calidad	Valoración RMR	Cohesión (kg/ cm2)	Ángulo de rozamiento
I	Muy buena	100 -- 81	> 4	> 45°
II	Buena	80 -- 61	3 -- 4	35° --- 45°
III	Media	60 -- 41	2 -- 3	25°---35°
IV	Mala	40 --- 21	1 --- 2	15° -- 25°
V	Muy mala	< 20	< 1	< 15°

Tabla 13. calidad del macizo rocoso en relación al índice RMR.

Fuente: González de Vallejo, et al., 2004.

2.3 Análisis de estabilidad

El talud que presenta problemas de estabilidad requiere ser analizado, para que este luego sea seguro y estable. Para ello se debe conseguir el coeficiente de seguridad apropiado, esto depende de la finalidad con la que se ejecute el proyecto, ya sea por un tiempo limitado o definitivo, en donde se involucra los costes de la ejecución, los riesgos y consecuencias que se podrían dar en un talud inestable.

Los análisis permiten definir la geometría de la excavación o las fuerzas extremas que deben ser aplicadas para lograr el factor de seguridad requerido. En caso de taludes inestables, los análisis permiten diseñar las

medidas de corrección o estabilización adecuadas para evitar nuevos movimientos. (González de Vallejo, et al.,2004)

Los métodos de análisis de estabilidad se basan en un planteamiento físico-matemático en el que intervienen las fuerzas estabilizadoras y desestabilizadoras que actúan sobre el talud y que determinan su comportamiento y condiciones de estabilidad. Se pueden agrupar en: métodos determinísticos, métodos probabilísticos. (González de Vallejo, et al., 2004)

La elección del método de análisis más adecuado en cada caso dependerá de: Las características geológicas y geomecánicas de los materiales (suelos o macizos rocosos). Los datos disponibles del talud y su entorno (geométricos, geológicos, geomecánicos, hidro- geológicos, etc.). Alcance y objetivos del estudio, grado de detalle y resultados que se espera obtener. (González de Vallejo, et al., 2004)

2.3.1 Método del equilibrio límite

El análisis de los movimientos de taludes o laderas durante muchos años se ha realizado, utilizando la técnica del equilibrio límite. Este tipo de análisis requiere información sobre la resistencia del suelo, pero no se requiere la relación esfuerzo-deformación. (Suárez Díaz, 1998)

Los métodos de equilibrio límite (los más utilizados) analizan el equilibrio de una masa potencialmente inestable, y consisten en comparar las fuerzas tendentes al movimiento con las fuerzas resistentes que se oponen al mismo a lo largo de una determinada superficie de rotura. (Ramírez Oyanguren & Alejano Monge, 2004)

El análisis se puede realizar estudiando directamente la totalidad de la longitud de la superficie de falla, o dividiendo la masa deslizada en tajadas o dovelas. Cada día se han mejorado los sistemas de Dovelas desarrollados a inicios del siglo XX, y existen programas de aplicación muy fáciles de utilizar. (Suárez Díaz, 1998)

La figura 14, muestra una tabla donde se lista los diferentes métodos de análisis de estabilidad y sus respectivas características.

Método	Superficies de falla	Equilibrio	Características
Ordinario o de Fellenius (Fellenius 1927)	Circulares	De fuerzas	Este método no tiene en cuenta las fuerzas entre las dovelas y no satisface equilibrio de fuerzas, tanto para la masa deslizada como para dovelas individuales. Sin embargo, este método es muy utilizado por su procedimiento simple. Muy impreciso para taludes planos con alta presión de poros. Factores de seguridad bajos.
Bishop Simplificado (Bishop 1955)	Circulares	De momentos	Asume que todas las fuerzas de cortante entre dovelas son cero. Reduciendo el número de incógnitas. La solución es sobredeterminada debido a que no se establecen condiciones de equilibrio para una dovela.
Janbú Simplificado (Janbú 1968)	Cualquier forma de superficie de falla.	De fuerzas	Al igual que Bishop asume que no hay fuerza de cortante entre dovelas. La solución es sobredeterminada que no satisface completamente las condiciones de equilibrio de momentos. Sin embargo, Janbú utiliza un factor de corrección F_0 para tener en cuenta este posible error. Los factores de seguridad son bajos.
Suoco Modificado. U.S. Army Corps of Engineers (1970)	Cualquier forma de la superficie de falla.	De fuerzas	Supone que las fuerzas tienen la misma dirección que la superficie del terreno. Los factores de seguridad son generalmente altos.
Lowe y Karafiath (1960)	Cualquier forma de la superficie de falla.	De fuerzas	Asume que las fuerzas entre partículas están inclinadas a un ángulo igual al promedio de la superficie del terreno y las bases de las dovelas. Esta simplificación deja una serie de incógnitas y no satisface el equilibrio de momentos. Se considera el más preciso de los métodos de equilibrio de fuerzas.
Spencer (1967)	Cualquier forma de la superficie de falla.	Momentos y fuerzas	Asume que la inclinación de las fuerzas laterales son las mismas para cada tajada. Rigurosamente satisface el equilibrio estático asumiendo que la fuerza resultante entre tajadas tiene una inclinación constante pero desconocida.
Morgenstern y Price (1965)	Cualquier forma de la superficie de falla.	Momentos y fuerzas	Asume que las fuerzas laterales siguen un sistema predeterminado. El método es muy similar al método Spencer con la diferencia que la inclinación de la resultante de las fuerzas entre dovelas se asume que varía de acuerdo a una función arbitraria.
Sarma (1973)	Cualquier forma de la superficie de falla.	Momentos y fuerzas	Asume que las magnitudes de las fuerzas verticales siguen un sistema predeterminado. Utiliza el método de las dovelas para calcular la magnitud de un coeficiente sísmico requerido para producir la falla. Esto permite desarrollar una relación entre el coeficiente sísmico y el factor de seguridad. El factor de seguridad estático corresponde al caso de cero coeficiente sísmico. Satisface todas las condiciones de equilibrio; sin embargo, la superficie de falla correspondiente es muy diferente a la determinada utilizando otros procedimientos más convencionales.
Elementos finitos	Cualquier forma de la superficie de falla.	Analiza esfuerzos y deformaciones.	Satisface todas las condiciones de esfuerzo. Se obtienen esfuerzos y deformaciones en los nodos de los elementos, pero no se obtiene un factor de seguridad.
Espiral logarítmica	Espiral logarítmica	Momentos y fuerzas.	Existen diferentes métodos con diversas condiciones de equilibrio.

Figura 14. Tabla de métodos de análisis de estabilidad de taludes.
Fuente: Suárez Díaz, 1998.

Para el estudio del sector 2 de febrero de la Parroquia Anconcito, se realizará el análisis de estabilidad del talud con el método de Bishop y posteriormente realizar la modelación de un muro de gaviones siguiendo la metodología descrita a continuación.

Método de Bishop

Para realizar el análisis de estabilidad se considera el método de Bishop (1955), que “presentó un método utilizando Dovelas y teniendo en cuenta el efecto de las fuerzas entre las Dovelas”. (Citado por Suárez Díaz, 1998)

Factor de seguridad

El método de Bishop calcula el factor de seguridad como se indica en la siguiente expresión:

$$F.S. = \sum \frac{[c' + (W - ub)\tan\phi/ma]}{\sum W \sec\alpha} \quad (1)$$

Dónde:

$$ma = \cos\left(1 + \frac{\tan\alpha \tan\phi}{F.S.}\right) \quad (2)$$

b = Ancho de la Dovela

W = Peso de cada dovela

c', ϕ = Parámetros de resistencia al corte del suelo.

u = Presión de poros en la base de cada dovela.

α = Ángulo entre el radio y la vertical en cada dovela.

2.3.2 Empuje activo (E_a)

Es la acción del terreno cuando este empuja al muro generando deformaciones en el talud, como consecuencia ocurre que el terreno llegue al estado de rotura.

La figura 16 describe los parámetros a considerar en la determinación del empuje activo E_a .

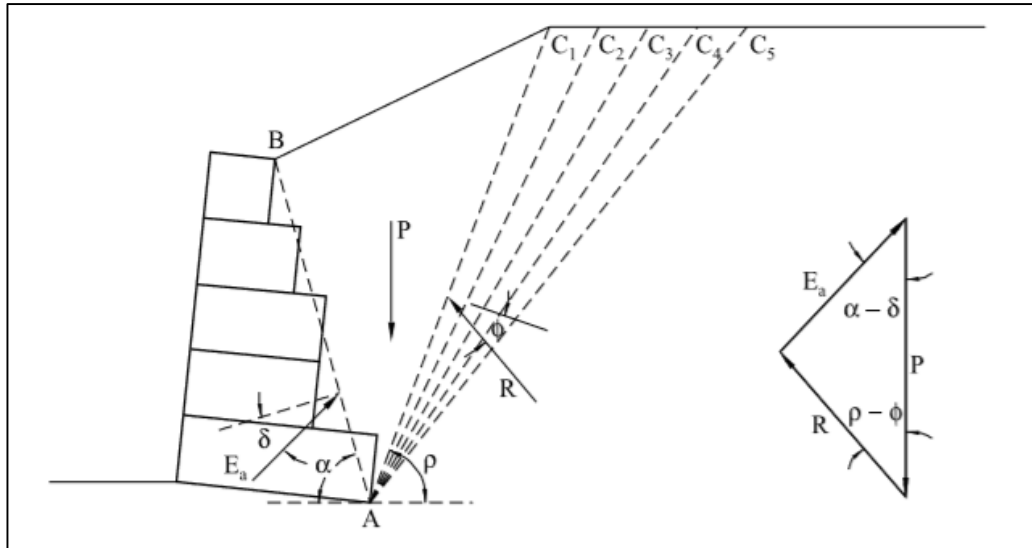


Figura 15. Superficie del macizo irregular.

Fuente: De Almeida Barros

A continuación el E_a se calcula por la siguiente ecuación:

$$E_a = P * \frac{\text{sen}(\rho - \Phi)}{\text{sen}(\alpha + \rho - \Phi - \delta)} \quad (3)$$

Dónde:

P= Peso de la cuña.

Φ= Ángulo de fricción interno.

ρ = Inclinación de la cuña.

δ = Ángulo de fricción entre el suelo de la fundación y la base del muro.

α = Inclinación del muro.

2.3.3 Empuje pasivo (E_p)

En este caso el muro se desplaza hacia el terreno, y el valor del empuje pasivo es mayor que el empuje activo, véase la figura 16.

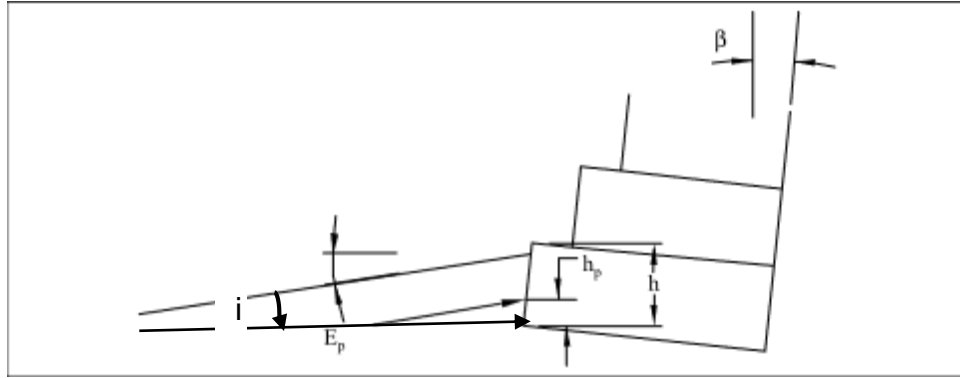


Figura 16. Determinación del empuje pasivo.
Fuente: De Almeida Barros

Para realizar el cálculo del empuje pasivo E_p , se determina con la siguiente fórmula, considerando que el suelo frente al muro no posee inclinación, es decir "i" = 0

$$E_p = \frac{1}{2} * \gamma * h^2 * k_p + 2 * c * h * \sqrt{k_p} \quad (4)$$

Dónde:

γ = Peso específico del material de relleno en el muro de contención.

h = Altura del suelo frente al muro de contención.

c = Cohesión del material de relleno en la estructura de contención.

El valor de " k_p " es

$$k_p = \tan_2 \left(\frac{\pi}{4} + \frac{\Phi}{2} \right) = \frac{1 + \text{sen}\Phi}{1 - \text{sen}\Phi} \quad (5)$$

" E_p " está dado por h_p , el punto de aplicación y se describe con la siguiente forma:

$$h_p = \frac{\gamma h^3 * k_p / 6 + c * h^2 * \sqrt{k_p}}{E_p} \quad (6)$$

2.3.4 Efecto sísmico

Los eventos sísmicos son capaces de inducir fuerzas de gran magnitud, de naturaleza cíclica, las cuales pueden producir la falla rápida de taludes y laderas. Además, la resistencia al corte de un suelo puede reducirse a causa de cargas oscilatorias que generan deformaciones cíclicas, o debido a la generación de presiones altas de poros. La combinación entre la acción de las cargas sísmicas y la disminución de la resistencia pueden producir una disminución general de la estabilidad. (Suárez Díaz, 1998)

Análisis pseudoestático

El método utiliza el mismo procedimiento general de cualesquiera de los métodos de equilibrio límite, con la diferencia de que se incluyen fuerzas pseudoestáticas horizontales y verticales, debidas al evento sísmico. Estas fuerzas sísmicas se asumen, que son proporcionales al peso de la masa de deslizamiento potencial y de los coeficientes sísmicos K_h y K_v expresada en términos de veces la aceleración g , producida por el sismo. (Suárez Díaz, 1998)

Generalmente, se recomienda analizar con carga sísmica pseudoestática solamente la superficie más crítica identificada en el análisis estático. La mayoría de los análisis solamente tienen en cuenta la fuerza sísmica horizontal y K_v se asume igual a cero. (Suárez Díaz, 1998)

Coefficiente sísmico pseudoestático horizontal K_h

Para el valor del coeficiente sísmico K_h , la (NEC, 2015), proporciona una expresión matemática que representa la demanda sísmica para los análisis pseudoestáticos, considera el 60% de la aceleración máxima en el terreno, tomando en cuenta la fórmula que se describe a continuación:

$$K_h = 0.6 * z * F_a \quad (7)$$

(NEC, 2015)

Dónde:

z : Aceleración máxima en roca esperada para el sismo de diseño.

F_a : Factor de amplificación sísmica de sitio.

La aceleración máxima en roca esperada para el sismo de diseño “z”, se determina mediante el mapa de zonificación sísmica del Ecuador (ver figura 23), el mismo que proporciona información del peligro sísmico para un 10% de excedencia en 50 años (periodo de retorno 475 años). El presente estudio se encuentra localizado en la zona VI ($z=0.5$), caracterizada con peligrosidad sísmica muy alta. (NEC, 2015)

El factor F_a de amplificación sísmica de sitio, se determina en función del perfil de suelo, en el cuál la NEC-2015, proporciona las siguientes tablas; 14 y 15 referentes a los 6 perfiles de suelo en el Ecuador.

Tipo de perfil	Descripción	Definición
A	Perfil de roca competente	$V_s \geq 1500$ m/s
B	Perfil de roca de rigidez media	1500 m/s $> V_s \geq 760$ m/s
C	Perfiles de suelos muy densos o roca blanda, que cumplan con el criterio de velocidad de la onda de cortante, o	760 m/s $> V_s \geq 360$ m/s

Tabla 14. Clasificación de los perfiles de suelo.

Fuente: NEC, 2015

Tipo de perfil	Descripción	Definición
	Perfiles de suelos muy densos o roca blanda, que cumplan con cualquiera de los dos criterios	$N \geq 50.0$ $S_u \geq 100 \text{ kPa}$
D	Perfiles de suelos rígidos que cumplan con el criterio de velocidad de la onda de cortante, o	$360 \text{ m/s} > V_s \geq 180 \text{ m/s}$
	Perfiles de suelos rígidos que cumplan cualquiera de los dos condiciones	$50 > N \geq 15.0$ $100 \text{ kPa} > S_u \geq 50 \text{ kPa}$
E	Perfil que cumpla el criterio de velocidad de la onda de cortante, o	$V_s < 180 \text{ m/s}$
	Perfil que contiene un espesor total H mayor de 3 m de arcillas blandas	$IP > 20$ $w \geq 40\%$ $S_u < 50 \text{ kPa}$
F	Los perfiles de suelo tipo F requieren una evaluación realizada explícitamente en el sitio por un ingeniero geotecnista. Se contemplan las siguientes subclases:	
	F1—Suelos susceptibles a la falla o colapso causado por la excitación sísmica, tales como; suelos licuables, arcillas sensitivas, suelos dispersivos o débilmente cementados, etc.	
	F2—Turba y arcillas orgánicas y muy orgánicas (H > 3m para turba o arcillas orgánicas y muy orgánicas).	
	F3—Arcillas de muy alta plasticidad (H > 7.5 m con índice de Plasticidad IP > 75)	
	F4—Perfiles de gran espesor de arcillas de rigidez mediana a blanda (H > 30m)	
	F5—Suelos con contrastes de impedancia α ocurriendo dentro de los primeros 30 m superiores del perfil de subsuelo, incluyendo contactos entre suelos blandos y roca, con variaciones bruscas de velocidades de ondas de corte.	
	F6—Rellenos colocados sin control ingenieril.	

Tabla 15. Clasificación de los perfiles de suelo.

Fuente: NEC, 2015

En la tabla 16, se muestran los valores para el factor F_a , considerando el tipo de suelo, respecto a la zona sísmica (z). Las características del tipo de suelo en el sitio de estudio, se mencionan en capítulo III, pág.65

Tipo de perfil del subsuelo	Zona sísmica y factor Z					
	I	II	III	IV	V	VI
	0.15	0.25	0.30	0.35	0.40	≥ 0.5
A	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9
B	1	1	1	1	1	1
C	1.4	1.3	1.25	1.23	1.2	1.18
D	1.6	1.4	1.3	1.25	1.2	1.12
E	1.8	1.4	1.25	1.1	1.0	0.85

Tabla 16. Tipo de suelo y Factores de sitio F_a .

Fuente: NEC, 2015

Factor de seguridad para el análisis sísmico pseudoestático

Para el estudio de estabilidad según la (NEC, 2015) provee un factor de seguridad indirecto mínimo de 1.05 en un análisis pseudoestático tal como se muestra en la tabla 17.

CONDICIÓN	CONSTRUCCIÓN	ESTÁTICO	SISMO	PSEUDO ESTÁTICO
Deslizamiento	1.60	1.60	Diseño	1.05
Volcamiento: el que resulte más crítico de:				
Momento Resistente/Momento Actuante	≥ 3.00	≥ 3.00	Diseño	≥ 2.00
Excentricidad en el sentido del momento (e/B)	$\leq 1/6$	$\leq 1/6$	Diseño	$\leq 1/4$
Capacidad Portante	Ver Tabla 6			
Estabilidad general del sistema:				
Permanente o de Larga duración (> 6 meses)	1.20	1.50	Diseño	1.05
Temporal o de Corta duración (< 6 meses)	1.20	1.30	50% de Diseño	1.00

Tabla 17. Factores de seguridad indirectos mínimos
Fuente: NEC, 2015.

CAPITULO III

DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

En este capítulo de la tesis se describen las características del sitio de investigación en Anconcito, denominado sector 2 de febrero donde, se propone una metodología de solución para estabilizar el acantilado existente y actualmente representa un alto riesgo para la comunidad que habita en este sitio.

3. Ubicación geográfica

El área de afectación por el deslizamiento se encuentra localizada en el sector “2 de febrero”, parroquia Anconcito, ubicada geográficamente en el hemisferio sur, zona 17, coordenadas UTM UPS WGS84, conforme se indica en la siguiente tabla 18.

ANCONCITO - SECTOR 2 DE FEBRERO		
COORDENADAS		
Punto	Este (X)	Norte (Y)
1	512710.44 m E	9743106.59 m S
2	512724.00 m E	9743118.00 m S
3	512747.00 m E	9743140.00 m S
4	512770.00 m E	9743146.00 m S
5	512789.00 m E	9743141.00 m S
6	512816.00 m E	9743139.00 m S
7	512838.00 m E	9743133.00 m S
8	512839.00 m E	9743103.00 m S
9	512778.00 m E	9743086.00 m S
10	512743.00 m E	9743088.00 m S
11	512713.00 m E	9743088.00 m S

Tabla 18. Coordenadas UTM UPS

Fuente: Autores

Actualmente en la parroquia Anconcito provincia de Santa Elena, existe un peligro de inestabilidad, por causa de erosión debido a la acción dinámica de las olas que impactan cíclicamente en periodos de pleamar y baja mar sobre el pie del acantilado, generando constantes deslizamientos; y, asentamientos de la estructura del macizo rocoso. Mediante un levantamiento topográfico realizado al deslizamiento rotacional existente, se ubica el límite periférico de la ladera, ubicada en el perfil costero del sector “2 de febrero”, implementando el uso de nivel y mira topográfica, GPS, y ortofotos. Ver anexo G. Se determinó que la zona de estudio en la presente tesis abarca un área de 1654,73 m², distribuida en una superficie longitudinal de 151,44 ml, en base a estos datos, se establece que en la actualidad aproximadamente existen 250.592,31 m³ de material desplazado, el levantamiento altimétrico fue realizado desde el pie del talud hasta el escarpe principal del acantilado, debido a las características geológicas que este presenta, está sujeto a constantes cambios geomorfológicos, por acción de la meteorización y erosión.

Por su ubicación geográfica el sector 2 de febrero posee ecosistemas marinos y costeros, tales como: playas, bahías, acantilados y zonas rocosas e intermareales.

La geomorfología del sitio de estudio se caracteriza por una serie de depósitos aluviales, laderas y pendientes, que se mantienen en constante cambio desde la antigüedad.

La figura 17, se muestra el acantilado costero del sector 2 de febrero ubicado en la parroquia Anconcito del cantón Salinas – provincia de Santa Elena.

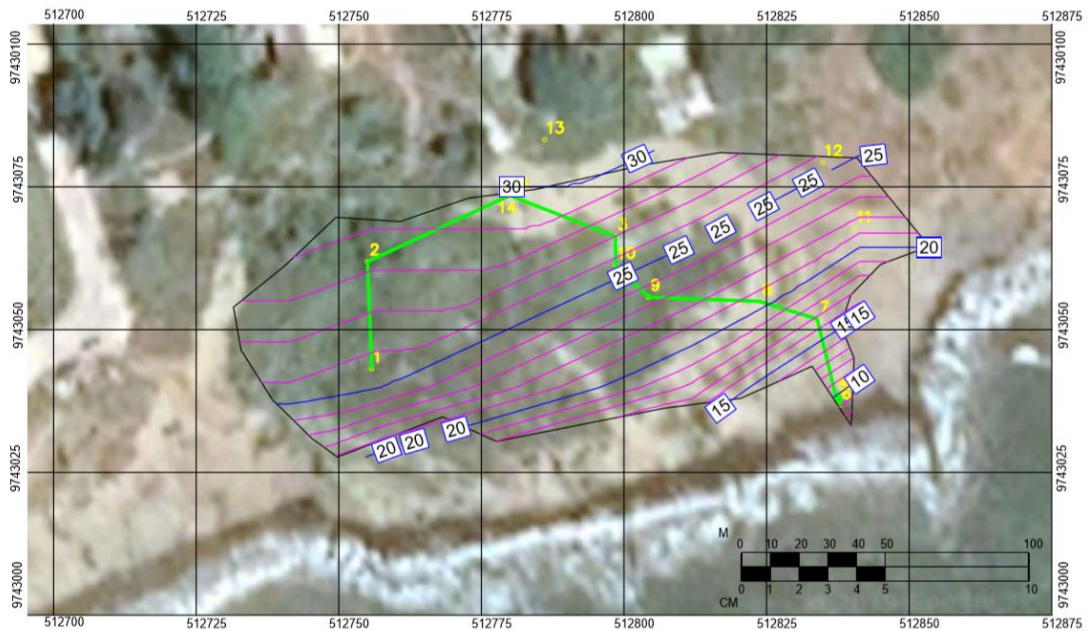


Figura 17. Vista aérea del acantilado inestable en el sector 2 de febrero.
Fuente: Autores.

La tabla 19, describe una matriz donde especifica que el sector 2 de febrero posee una amenaza natural de erosión media y por parte de la acción antropogénica se amplifica esa amenaza a alta, tasa erosiva, en los acantilados costeros.

Amenazas naturales	Ubicación	Ocurrencia
Tsunami	Todo el GAD	Alta
Sequía	Velasco Ibarra	Media
Inundación	Sectores Coreza, José Luis Tamayo, Anconcito, etc.	Baja
Erosión	Acantilados; Chocolatera, Punta Carnero, Anconcito	Media
Afloramiento hidrocarburos	Zona intangible, Valparaíso, pampas salineras	Media
Amenazas Antrópicas		
Quema	Sectores de Asentamientos Humanos	Medio
Tala	Velasco Ibarra	Medio
Extracción Petrolera		Alta
Contaminación por aguas residuales	Puertos, Línea costera Mar Bravo, Diablica, gasolineras, lubricadoras, y lavadoras, Aguapén	Media
Erosión	Acantilado de Anconcito	Alta
Contaminación por desechos sólidos	Puertos, Línea costera Mar Bravo, Diablica, Actividades comerciales, botaderos a cielo abierto controlado	Media

Tabla 19. Matriz para descripción de amenazas naturales y antrópicas
Fuente: GAD Salinas, 2014-2019

3.1 Geología

3.1.1 Geología Regional

En esta sección se menciona las formaciones geológicas regionales existentes en la provincia de Santa Elena como se muestra en la figura 18, que ejercen una influencia sobre el área del estudio de la presente tesis previo a la obtención del título de ingeniero civil.

Según la clasificación de varios autores sobre la región se presentan las siguientes formaciones geológicas:

Formación Piñón.- Constituida principalmente de basaltos afaníticos con estructura almohadilla y diabasas, algunos intrusivos básicos y ultrabásicos, la Fm. Piñón es esencialmente una serie volcánica y varía algo de área en área. Cerca de Guayaquil consiste principalmente en flujos de diabasas las cuales se hacen amigdaloidales en esta sección, su parte alta es principalmente de un verde claro, que comúnmente se encuentra alterada por meteorización esferoidal finamente cristalina, con lutitas tobáceas interestratificadas, de color gris a crema rojiza, toba y limolita silicificada, corresponde a un ambiente de plateau oceánico. (Nuñez del Arco, 2003)

Formación Cayo.- “Su formación tipo se encuentra en la orilla sur de la bahía de Cayo al SO de Cayo, desde ahí sigue en la Cordillera Chongón-Colonche hasta las cercanías de Guayaquil” (Baldock, 1982)

“Comprende pizarras arcillosas y tobáceas muy silicificadas de color verde a gris verduzco, areniscas bastas, arenosas, tobáceas hasta conglomeráticas de color pardo a negro y brechas finas” (Bristow & Hoffstetter, 1977)

Se interpreta que los sedimentos fueron depositados como resultado de la erosión y actividad volcánica contemporánea de un arco inmaduro y movilizado por corrientes turbidíticas en un ambiente de talud continental, la evidencia de ciclos granocrecientes podría ser indicativa de un abanico de eyección en la plataforma continental. (Ordoñez, Jiménez, & Suárez, 2006)

Grupo Azúcar.- “El Grupo Azúcar aflora en el Alto de Santa Elena, principalmente en los cerros de Estancia, Chanduy, Azúcar y Saya, aunque los mejores afloramientos se encuentran en los acantilados al Oeste de Playas” (Benítez, 1995)

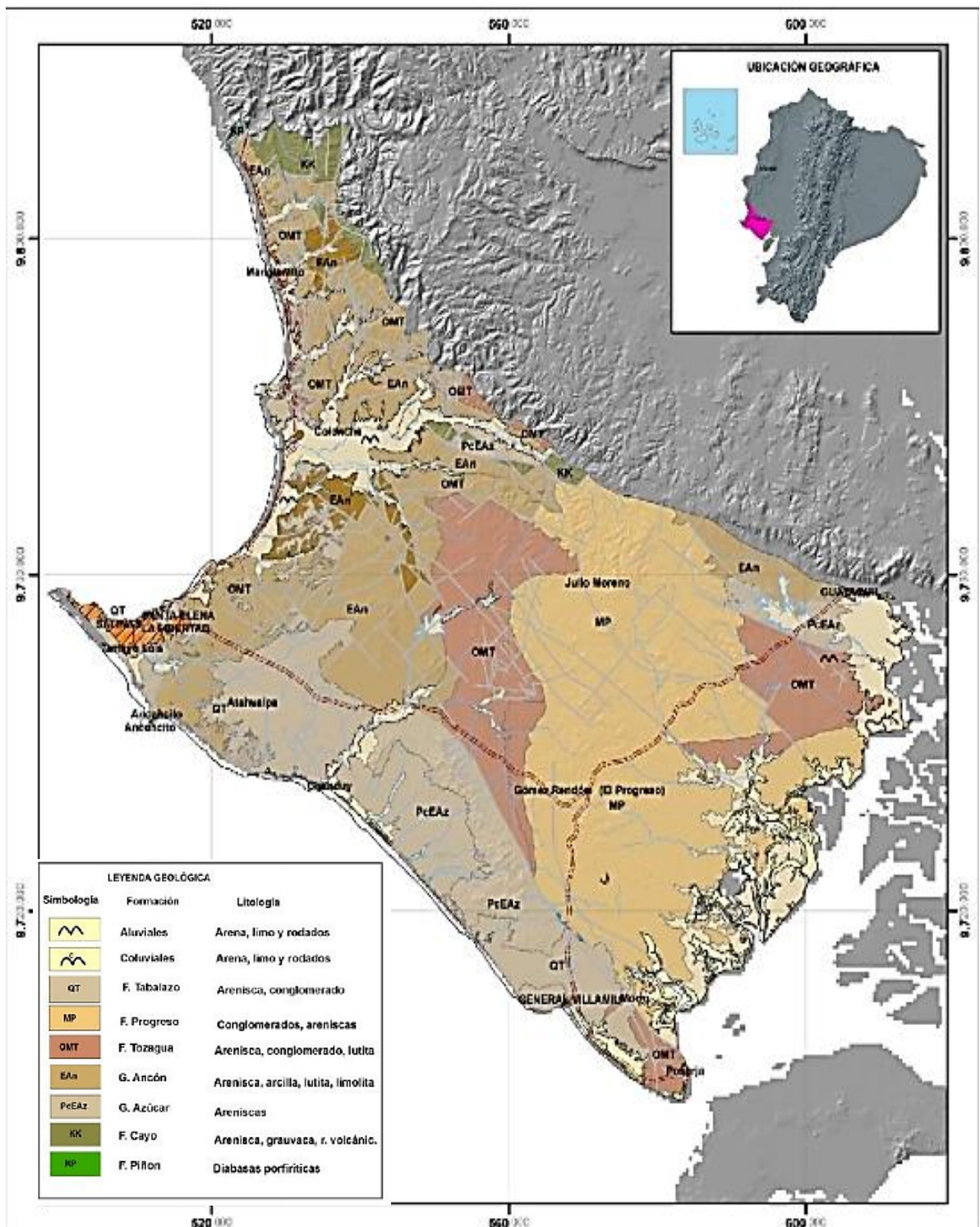
Formación Estancia.- “Conformada por areniscas grises, micáceas, color rojo ladrillo por meteorización con niveles de guijarros cuarcíticos, que alternan con lutitas negras duras y capas finas de areniscas micáceas con material carbonoso” (Benítez, 1995)

Formación Chanduy.- “Consta de areniscas grises, silíceas, de dureza moderada, conglomerados de cuarcitas, alternancias de arenisca y conglomerados y al tope alternancias de lutitas negras duras con arenisca gris (correlacionada con Fm. Atlanta)” (Benítez, 1995)

Formación Engabao: Conformada por areniscas masivas, suaves, de color marrón, intercalaciones de capas delgadas de lutitas y areniscas; a veces predomina la lutita y localmente conglomerado de cuarcitas. (Benítez, 1995)

La Formación Tablazo: La litología de esta formación se caracteriza por la presencia de conglomerados basales sobre los cuales se localiza areniscas (calcáreas) de grano grueso a fino. (Proaño Cadena, 2017)

Aluviales Cuaternarios: Los sedimentos cuaternarios marinos y de estuario (areno, lodos) están dispersos en los esteros y cauces de los sistemas de drenaje actuales. Al observar la distribución de las formaciones geológicas que tienen influencia al nivel regional en el área de Santa Elena. (Proaño Cadena, 2017)



**Figura 18. Mapa geológico de Santa Elena, Ecuador (G. Ancón; arenisca, arcilla, lutita y limolita).
Fuente: Inamhi, 2015**

3.1.2 Geología local

El trabajo de titulación es dirigido al estudio del acantilado costeros del sector 2 de febrero, donde se evidencian formaciones geológicas correspondientes al grupo ancón, el mismo que posee cuatro subgrupos de formaciones geológicas según Benítez (1995), denominadas: a) Clay Pebble Beds, b) Socorro, c) Seca, d) Punta Ancón. (Obsérvese la figura 19)

Grupo Ancón: Areniscas interestratificadas con arcillas y lutitas de color azul a plomo; presencia de delgadas vetillas de yeso. Contiene los miembros: Clay Pebble Bed, Socorro y Seca. El miembro Clay Pebble Bed (Eoceno medio, superior) es una brecha sedimentaria compuesta de arcillas verdes grisáceas, con fragmentos de todas las formaciones pre-existentes. Las deformaciones son muy intensas cerca del contacto ($295^{\circ}/23^{\circ}$) con la formación Socorro en el oeste. (Proaño Cadena, 2017)

A continuación se describe las formaciones geológicas según Benítez 1995.

Formación Clay Pebble Beds (CPB): “Se trata de una secuencia diamictítica maciza de matriz arcillosa, con rodados y bloques de superficie pulida, compuestos por cuarcitas negras, areniscas y calcáreos” (Marchant & Black, 1960)

Formación Socorro: Constituida por areniscas turbidíticas delgadas verdosas alternadas con lutitas grises deleznable grises a negras, que sobreyacen la Fm. CPB e infrayacen a las lutitas de la Fm. Seca; corresponde a la transición de abanicos turbidíticos-talud, con depósitos de lóbulos y canales de plataforma. (Benítez, 1995)

Formación Seca: Dispuesta en discordancia sobre la Fm. Socorro. Constituida fundamentalmente por arcillolitas gris verdosas con raras intercalaciones de areniscas finas. Estas arcillas tienden a meteorizar en colores amarillo rojizo por la formación y alteración de yeso microcristalino;

corresponden a depósitos marinos de plataforma que se intercalan con las facies de abanico submarino. (Benítez, 1995)

Formación Punta Ancón: Se trata de areniscas grises con base erosiva con alternancias de pelitas grises, niveles finos de color castaño, correspondientes a depósitos marinos localizados entre la plataforma externa y la parte superior del talud continental. (Benítez, 1995)

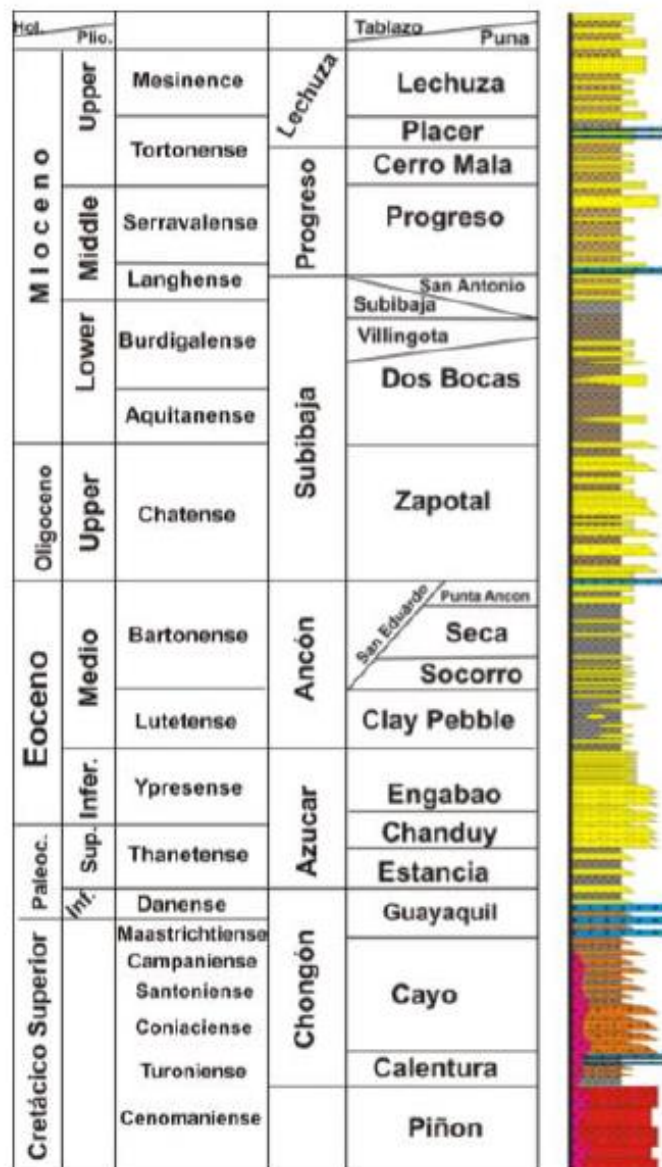


Figura 19. Columna estratigráfica de la Cuenca Progreso y Península de Santa Elena.

Fuente: Aguilar, et al., 2005

3.2 Tectónica

3.2.1 Tectónica regional

El Ecuador está ubicado en la región noroccidente de Sudamérica, se localiza sobre la zona de subducción de la Placa Nazca bajo la Placa Sudamericana. Esto origina una variedad de comportamientos tectónicos, que vienen modificando la superficie del relieve territorial, por medio de fenómenos de vulcanismo y sismicidad.

El frente de subducción comprende el desplazamiento de la placa nazca que tensiona y desplaza a la cordillera de Carnegie en dirección este, por medio de un desplazamiento progresivo mínimo generada por la rugosidad del material, lo que genera gran acumulación de energía en la zona de subducción; y, esto ocasiona riesgo potencial en sucesos sismológicos de gran magnitud (véase figura 20). El proceso de subducción forma parte importante en la interpretación de fuerzas, que actúan en la generación de actividad volcánica de la región.

De conformidad con varios estudios realizados por investigadores nacionales y extranjeros, el proceso tectónico de subducción de la Placa Nazca se inició hace unos 26 millones de años con el rompimiento cortical que involucra a varios países entre ellos el Ecuador y que hoy se define como placas de Cocos y Nazca. (Proaño Cadena, 2017)

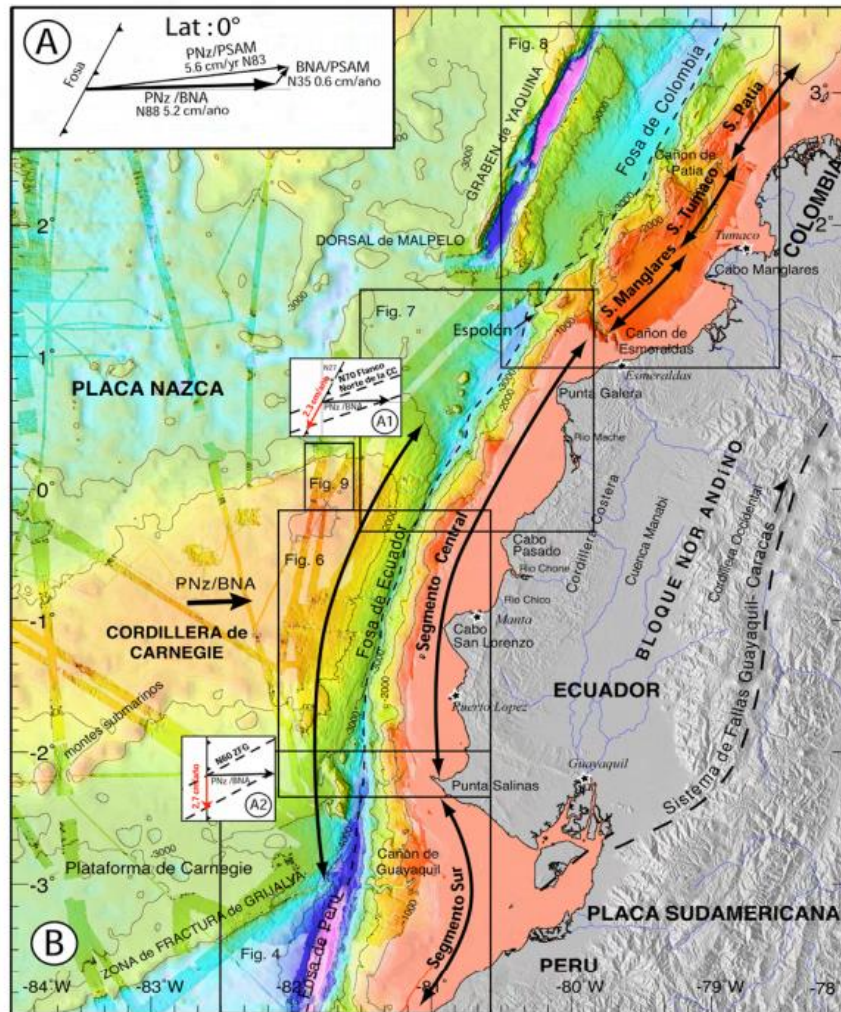


Figura 20. Vectores de convergencia entre la placa de Nazca (NzP), la placa de Sudamérica (SOM) y el bloque Nor-Andino con respecto a la fosa (línea a trazos) (según Noequet & Mothes, este volumen). (A1) Barrido hacia el sur del flanco norte de la Cordillera de Carnegie (FNCC) y (A2) la Zona de Fractura de Grijalva (GFZ) a lo largo de la fosa a 2.3cm/año. (B) Batimetría a intervalos de 200-m, y topografía de la zona de subducción de Ecuador y del sur de Colombia (según Michaud et al, 2006); Notar el desplazamiento NS entre el segmento del margen central y la cordillera de Carnegie en ambos lados de la fosa de Ecuador.

Fuente: (Collot, Sallares, & Pazmiño , 2009)

3.2.2 Tectónica local

En la parroquia Anconcito de la provincia de Santa Elena, se presenta la incidencia de dos fallas tectónicas; a) falla Anconcito, b) falla Chanduy, tal como se observa en la figura 21. Teniendo incidencia en la inestabilidad de los acantilados costeros de la localidad, debido a las vibraciones sísmo tectónicas que se producen en esta zona.

En el enlace de (Vera, 2019) describe las fallas presentes en el perfil costero de la península de Santa Elena:

- **Falla San Jose** esta falla es de tipo inversa, posee una longitud 34.25 kilómetros con una profundidad de 20 kilómetros
- **Falla Valdivia** esta falla es de tipo Cizalla dextral, tiene una longitud 24.57 kilómetros, con una profundidad de 20 kilómetros
- **Falla Bachiller** esta falla es de tipo inversa, con una longitud 28.18 kilómetros, tiene una profundidad de 18 kilómetros, ancho de la falla 14 Km.
- **Falla Salinas** esta falla es de tipo inferida, tiene una longitud 16.17 kilómetros, con una profundidad de 20 kilómetros, ancho 14 Km
- **Falla Anconcito** esta falla es de tipo inferida, tiene una longitud 11.08 kilómetros, con una profundidad de 20 kilómetros, ancho 16 Km
- **Falla Chanduy** esta falla es de tipo normal, con una longitud 22.00 kilómetros, tiene una profundidad de 12 kilómetros, ancho 16 Km
- **Falla Prisma 6** esta falla es de tipo inversa, con una longitud 80 kilómetros, tiene una profundidad de 18 kilómetros, ancho 8 Km
- **Falla Prisma 7** esta falla es de tipo inversa, tiene una longitud 80 kilómetros, con una profundidad de 18 kilómetros, ancho 16 Km
- **Falla La Cruz** esta falla es de tipo normal, tiene una longitud 69.89 kilómetros, con una profundidad de 16 kilómetros, ancho 10 Km



Figura 21. Fallas de la península de Santa Elena.
Fuente: Vera, 2019.

Estructuralmente, en los afloramientos de los acantilados de Anconcito se evidencian estructuras plegadas “flame” y “convolucionadas” asociadas a microfallas inversas de deformación sin-sedimentaria por desplazamientos laterales transpresivos. No obstante, la tectónica actual indica otro mecanismo post-deformacional asociado a desplazamientos transtensivos caracterizados en el terreno por fallas normales con componentes dextrales y sinestrales. Estas últimas son de interés técnico en el presente estudio, debido a los deslizamientos de masas de rocas a lo largo de estos planos de fallas con dirección hacia el S-SW que están deformando y colapsando la superficie del terreno. (Chunga Morán, 2010)

3.3 Sismicidad

El Ecuador se encuentra ubicado sobre el llamado “Cinturón de Fuego del Pacífico”, que es una zona del planeta caracterizada por concentrar algunas de las zonas de subducción más importantes del mundo, lo que ocasiona una intensa actividad sísmica y volcánica. Según la actividad sísmica, el territorio ecuatoriano ha sido clasificado en 6 zonas, definidas para determinar los niveles de amenaza física a partir de la aceleración máxima efectiva en la roca esperada para un sismo.

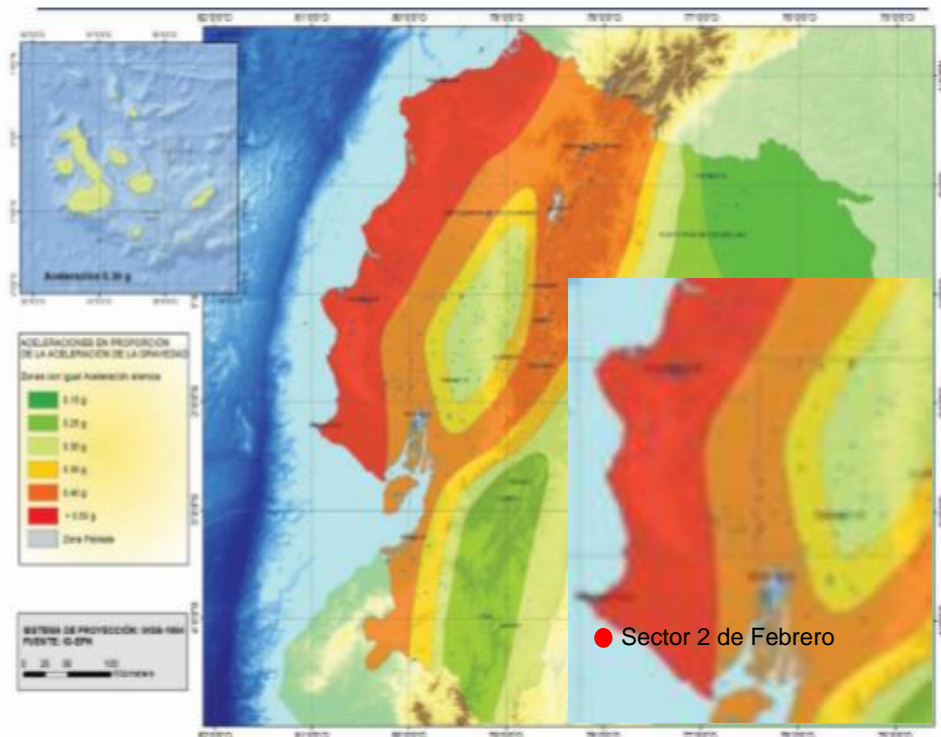


Figura 22. Ecuador, zonas sísmicas para propósito de diseño y valor del factor de zona Z.
Fuente: NEC, 2015

ZONA SISMICA	I	II	III	IV	V	VI
VALOR FACTOR Z	0,15	0,25	0,30	0,35	0,40	> 0,50
CARACTERIZACION DEL PELIGRO SISMICO	INTERMEDIA	ALTA	ALTA	ALTA	ALTA	MUY ALTA

NOTA: Peligro sísmico para un 10% de excedencia en 50 años (periodo de retorno 475 años)

Tabla 20. Valores del factor Z en función de la zona sísmica adoptada
Fuente: NEC, 2015

De esta forma, se ha definido que la Zona I corresponde a la porción del territorio con menor peligro, mientras que la Zona VI corresponde a la región con mayor peligro sísmico, tal como se muestra en la tabla 20.

Según el mapa de zonificación y caracterización de peligrosidad sísmica de la norma (NEC, 2015), establece que la provincia de Santa Elena se encuentra ubicada en la zona VI y posee un nivel de peligrosidad sísmica muy alta. (Observar figura 22)

El 31 de marzo de 2019 a las 02:04 se registró un sismo de magnitud 6.3 en escala Richter frente a las costas de Salinas, según el IGM, la localización del evento fue 1.99° S y 81.07° W, a 7km de profundidad, después de este evento se generaron alrededor de 20 réplicas con magnitud inferior, entre las más representativas se pueden mencionar a continuación en la tabla 21.

Número	Magnitud	Profundidad	Localización	Fecha
1	5.1	8km	1.97°S, 81.19° W	31/03/19
2	5.6	7km	1.99°S, 80.84°W	31/03/19
3	5.1	3km	1.90°S, 80.93° W	31/03/19
4	4.7	7km	1.93°S, 81.00°W	31/03/19

Tabla 21. Réplicas de sismos suscitados a partir del sismo de magnitud 6.3 en escala de Richter, frente a las costas de Salinas, Marzo 2019.

Fuente: autores: IGM, 2019

La provincia de Santa Elena se ubica en la zona VI, que es caracterizada por concentrar alta tasa de peligrosidad sísmica, esto induce el desprendimiento de bloques que conforman el acantilado costero, ubicado en el sector 2 de febrero en la parroquia Anconcito, debido a la presencia de zonas con afloramiento de escarpes, principales de deslizamientos que podrían activarse mediante la actividad sismotectónica generada en el frente de subducción Ecuatoriano.

3.4 Influencia del tipo de material

La naturaleza intrínseca del material mantiene una estrecha relación con el tipo de inestabilidad que puede producirse, condicionando y pudiendo estimarse de antemano la susceptibilidad de cada material, a que se desarrolle un movimiento determinado.

Los terrenos en los que se producen los movimientos, se pueden dividir en tres grupos: macizos rocosos, suelos y materiales de relleno. El primer grupo se identifica con los medios rocosos, donde existen una serie de discontinuidades naturales antes de iniciarse un movimiento, variados por las fuentes tectónicas.

Mediante el trabajo de campo basado en el levantamiento topográfico y geológico del sitio, se pudo determinar el tipo de material que constituye el acantilado del sector 2 de febrero, que corresponde a roca arenisca con intercalaciones de lutitas de origen sedimentario.

En base a un estudio y diseño preliminar para la recuperación de las playas de salinas realizado por la Espol, afirma que el estrato rocoso del sector de Anconcito y Punta Ancón posee rocas blandas, con deformaciones dúctil a plástica, que se disponen en estratos alternados de areniscas y lutitas con marcada presencia de matriz arcillosa expansiva y de alta plasticidad. (Instituto Geofísico Escuela Politécnica Nacional, 2016)

Según la descripción realizada por el estudio se determina un suelo blando, considerando por la caracterización sísmica del mapa de zonificación sísmica; el suelo de Anconcito se cataloga de Perfil tipo E con una velocidad de onda de corte menor a 180 m/s, según NEC-2015.

3.5 Climatología

El cantón Salinas posee un clima tropical megatérmico, árido a semiárido que es el más representativo de la zona y en general de la Provincia de Santa Elena.

Las temperaturas medias anuales son de aproximadamente 24°C, las máximas rara vez superan 32°C y las mínimas son del orden de 16°C. Las precipitaciones anuales son inferiores a 500 mm y están concentradas en una sola estación lluviosa, de enero a abril. (GAD Salinas, 2014-2019)

Acogiéndonos a la clasificación climática de Köppen, en la provincia de Santa Elena se consideran 3 diferentes zonas climáticas: Clima Tropical Húmedo (Af), en la cordillera Chongón Colonche, Clima Tropical Seco (B) localizado en la faja costera, donde se encuentra ubicado el cantón Salinas y, Clima Tropical Sabana (Aw), que cubre la mayor parte de la provincia en la parte baja y valles de la provincia. (GAD Salinas, 2014-2019)

Dado el papel preponderante de la corriente fría de Humboldt, es en el cabo de Salinas en donde se observan los valores mínimos anuales de lluvia (125,5 mm). De temperatura (23,4°C. Entre julio y octubre, el tiempo se caracteriza por un cielo muy nuboso, neblinas y garúas sin impacto notable en la vegetación. (GAD Salinas, 2014-2019)

3.6 Hidrogeología local

Ubicada en el extremo oeste del territorio continental ecuatoriano, ocupando el área de la Península de Santa Elena, con una extensión aproximada de 5380 Km². El sistema hidrográfico de la Península comprende los ríos que nacen en la cordillera Chongón y Colonche y se dirigen hacia el sur oeste; entre los principales se destacan los ríos Zapotal, Salado, Grande, Javita, Viejo, Valdivia y Manglaralto. Geomorfológicamente es una zona relativamente plana con pequeñas colinas y cerros, que no sobrepasan los 300 metros de altura. El rasgo fisiográfico fundamental lo constituye el Cerro de Estancia, que separa la cuenca del Progreso al este y la plataforma de Santa Elena al oeste. (Inamhi, 2015)

Hidrogeología La unidad está integrada mayoritariamente por rocas sedimentarias del terciario al reciente, las cuales por su litología con predominancia de minerales arcillosos, mismos que ofrecen pocas posibilidades de constituir acuíferos de importancia; sin embargo, en los aluviales y en paleocauces es probable identificar zonas con un relativo interés hidrogeológico. (Inamhi, 2015)

En la tabla 22 se detalla el registro de amenaza por inundación en la parroquia Anconcito.

UBICACIÓN TERRITORIAL		TIPO DE AMENAZA	ANTECEDENTE O REGISTRO HISTÓRICO DE LA AMENAZA	DESCRIPCIÓN DE LA AMENAZA		
CANTÓN	PARROQUIA O COMUNA			RECURRENCIA	DURACIÓN	ÁREA DE INFLUENCIA/ AFECTACIÓN
Salinas	José Luis Tamayo (Muey)	Inundación	1982-83 63_ 1997-98-2008	un año	> dos meses	6 de junio Nicolás Lapenti. Brisas del mar, Velazco Ibarra, Arena y Sol, 17 de marzo, Vinicio Yagual.
	Anconcito	Inundación	1982-83 63_ 1997-98-2008	un año	> dos meses	Jaime Roldos, Aguilera, las Peñas, 2 de febrero, 20 de marzo, las lomas/ Manabí
	Salinas	Inundación	1982-83 63_ 1997-98-2008	un año	> dos meses	Salinas

Tabla 22. Registro y caracterización de las amenaza por inundación en el cantón Salinas.

Fuente: GAD provincial- proyecto "DIPECHO", elaboración propia.

3.7 Oceanografía

En el caso de estudio analizado en este trabajo de titulación previo a la obtención del título de ingeniero civil, se realizó una investigación previa sobre la dinámica costera, describiendo sus características y generalidades, con la finalidad de comprender la magnitud erosiva, que generan las olas sobre el acantilado costero del sector 2 de febrero perteneciente a la parroquia Anconcito - provincia de Santa Elena.

Es importante determinar parámetros de climatología y características de oleaje que permitan la interpretación del transcurso hidrodinámico actuante sobre el acantilado costero del sector 2 de febrero, dadas las diferentes variaciones de corrientes marinas concurrentes en el sitio de estudio.

(Allauca & Cardin , 1987) Menciona que el conocimiento de la climatología y de las características del oleaje, resulta de fundamental importancia en la determinación de los procesos hidrodinámicos y morfológicos que ocurren en la zona costera y su relación con las obras requeridas para el desarrollo de las actividades en estas zonas. Así, la información del oleaje es de especial importancia en el planeamiento, diseño y construcción de puertos terminales pesqueros, turísticos, industriales y urbanos. (p.2)

Mediante un estudio realizado por (Vera San Martín, 2000) establece que la máxima altura de ola encontrada en Salinas en 1997, 2.58m, ocurrió en noviembre, pero considerando que no se tiene más de tres meses de registro para ese año, no se lo puede considerar el máximo anual; en 1998, ocurre lo mismo, el valor máximo de 3.114m fue en febrero. (p.30)

En base a estos análisis se realiza una proyección a futuro que determina una altura máxima de ola esperada en el perfil costero del cantón Salinas. En la clasificación de “Drapper para la serie de Salinas, de donde se deduce que la probabilidad de obtener una ola de 4m, está en el orden de 1×10^{-4} (Vera San Martín, 2000). Variables a considerar en la determinación del grado de erosión que podría generar en el acantilado costero, estudiado en la presente tesis al generarse una ola de tal magnitud. Véase el índice en la tabla 23.

Tiempo	Hs esperada (m)
1 año	3.38
5 años	4.032
10 años	4.31
50 años	4.95

Tabla 23. Altura de la ola máxima esperada en Salinas.
Fuente: Vera San Martín , 2000.

Como dato regional el INOCAR proporciona un estudio realizado por (Vera San Martín, 2000) establece los valores de altura, donde se establece la altura promedio de olas registradas para la época seca corresponden a promedios diarios con altura promedio de 0.41m, en la época húmeda la altura media fue de 0.48m. Estos datos originan para ambas estaciones, variaciones que en la época seca va desde 0.2 y 0.98m, y en la época húmeda entre 0.19 y 1.22m. Estos datos constituyen un factor importante a considerar al momento de establecer la propuesta del método de estabilización del acantilado costero,

el mismo debe poseer características ingenieriles de minimización de la dinámica costera sobre el pie del acantilado.

A continuación se describe las características del sistema de corrientes, en Ecuador en base al estudio realizado por (Alemán, 2015) tal como se describe a continuación:

- **Corriente Surecuatorial:** La corriente ecuatorial del sur se mueve hacia el oeste a ambos lados del Ecuador, su límite hacia el norte es con la contracorriente ecuatorial. Las mayores velocidades son encontradas cerca del Ecuador con una magnitud de 0.5 m/s.
- **Corriente del Niño:** La corriente del Niño, debe su nombre en alusión al niño Jesús, debido a que normalmente esta corriente comienza a manifestarse en las proximidades de la Navidad, se caracteriza por ser de aguas cálidas y aparece entre los meses de diciembre a abril. Esta corriente provoca el aumento de la temperatura superficial del mar y sus meses de mayor intensidad son de febrero y marzo, posee un flujo estrecho costero de norte a sur y proviene de la cuenca de Panamá, baja hasta las costas ecuatorianas y peruanas calentando el agua del mar, provocando la mortalidad del plancton. Las aguas de esta corriente son pobres en nutrientes, por lo que durante su estadía en nuestras costas la pesca se ve notablemente disminuida.
- **Corriente de Humboldt:** se relaciona con un sistema de corrientes más complejo, dentro de éste se distinguen distintos componentes: la corriente costera que se mueve muy cerca de la costa, la corriente oceánica más alejada y la Contracorriente del Perú.
- **Subcorriente Ecuatorial:** Es llamada también Corriente de Cromwell, es una característica muy importante en la circulación oceánica ecuatorial, que forma parte del Sistema de Corrientes en el Pacífico Oriental, fue descubierta en 1952, actualmente su presencia ha sido establecida a lo largo de toda la faja ecuatorial en el Océano Pacífico.

La Subcorriente Ecuatorial es una corriente subsuperficial que fluye hacia el E. a lo largo del pacífico ecuatorial, es simétrica cerca del ecuador, tiene un espesor de unos 300 m. y un ancho de 400 Km.; el núcleo de esta corriente se encuentra centrado entre los 50 y los 150 m. de profundidad y alcanza velocidades aproximadas de 1.5 m/s. (Alemán, 2015)

CAPITULO IV

DESCRIPCIÓN DE LOS TIPOS DE INESTABILIDAD DE TALUDES

El estudio de la inestabilidad de los terrenos es un tema antiguo, debido a que la superficie de la tierra está en permanente cambio, siendo una causa común la caída de bloques de roca, desprendimientos, corrimientos, avalancha, flujos de lodo, etc.

Varios autores han contribuido con el estudio de cada fenómeno, introduciendo procedimientos de investigación del tema y la formulación de relaciones matemáticas, que permiten establecer el estudio de un suelo o un macizo rocoso. A continuación se incluye en la presente tesis definiciones de estos fenómenos.

4. Inestabilidad en laderas

Las inestabilidades en las laderas, al igual que en los taludes excavados, se deben al desequilibrio entre las fuerzas internas y externas que actúan sobre el terreno, de tal forma que a las fuerzas desestabilizadoras superan a las fuerzas estabilizadoras o resistentes, este desequilibrio puede ser debido a una modificación de las fuerzas existentes o a la aplicación de nuevas fuerzas externas estáticas o dinámicas. (González de Vallejo, et al., 2004)

Para terrenos que poseen una superficie distinta a la horizontal, existe un grupo de fuerzas actuando para generar la caída del terreno, donde participan: la fuerza de gravedad, presión del agua en las diaclasas, filtración, fracturas entre otros. En dirección contraria actúan fuerzas restauradoras; que se oponen a que ocurra la falla del talud, entre las que están; la resistencia del terreno, raíces y otras. Si el primer grupo de fuerzas predomina sobre el segundo, el talud se hace inestable. De todas las afectaciones a la masa rocosa, las diaclasas son las más importantes. Las diaclasas son un conjunto de fisuras en el macizo rocoso perjudicando la estabilidad.

4.1 Desprendimientos

Los deslizamientos son caídas libres muy rápidas de bloques o masas rocosas independizadas por planos de discontinuidades preexistentes (tectónico, superficies de estratificación, grietas de tracción, etc.). Son frecuentes en laderas de zonas montañosas escarpadas, en acantilados y, en general, en paredes rocosas, siendo frecuentes las roturas en forma de cuña y en bloques formados por varias familias de discontinuidades. Los factores que los provocan son la erosión y pérdida de apoyo o descalce de los bloques previamente independizados o sueltos, el agua en las discontinuidades y grietas, las sacudidas sísmicas, etc. (González de Vallejo, et al., 2004)

Mediante un análisis de los factores geológicos al sitio de estudio en la presente tesis se pudo recabar información sobre desprendimiento de masas rocosas (ver figura 23) a lo largo del acantilado costero que presenta rotura en forma rotacional provocado por varios eventos desencadenantes de desprendimientos que vienen generándose, entre ellos, se destaca el proceso erosivo del mar sobre la base del acantilado y eventos sísmicos recientes.



**Figura 23. Desprendimientos de bloques, acantilado costero sector 2 de Febrero, 2019.
Fuente: Autores**

4.2 Corrimientos

Cuando parte del suelo y de las rocas sueltas de una ladera montañosa se desplaza hacia abajo con rapidez algo mayor que la del arrastre general, esa porción suele quedar separada de las zonas limítrofes mediante una solución de continuidad, una grieta que se forma en su límite superior, y también por grietas y crestas en los bordes laterales. Muchas de tales masas son como deslizadores que resbalan, formando más o menos un todo, sobre una superficie basal de deslizamiento netamente definida; pero otras veces son flujos detríticos cuyas partes constituyentes se disgregan y mezclan durante el movimiento. Muchas masas comienzan a moverse como deslizadores y se tornan en flujos detríticos a medida que descienden. (Gilluly , Waters, & Woodford, 1958)

En la figura 24, muestra el corrimiento de ladera estudiado en la presente tesis posee superficie de agrietamiento y crestas en los bordes.



Figura 24. Corrimiento de ladera, sector 2 de febrero- Anconcito, 2018.
Fuente: Autores

4.3 Deslizamientos

Son movimientos que se producen al superarse la resistencia al corte del material y tienen lugar a lo largo de una o varias superficies o a través de una franja relativamente estrecha del material. Generalmente las superficies de deslizamiento son visibles o pueden deducirse razonablemente. (Instituto Geológico y Minero de España (IGME), 1985-1986)

Las causas que provocan los deslizamientos se relacionan principalmente, tanto con las propiedades inherentes a la unidad rocosa (presencia de minerales secundarios susceptibles de expansión, alteración, baja resistencia, presencia de las discontinuidades regulares: fracturas, fallas, foliación, y estratificación), como con factores externos: efecto de la gravedad (a través de erosión y/o precipitaciones) y acciones humanas (excavaciones para caminos, túneles y canales). (Rivera Mantilla, 2005)

4.3.1 Deslizamiento Rotacional

El acantilado costero del sector 2 de febrero, objeto de estudio en la presente tesis es considerado inestable debido a la acción cíclica de rompimiento de olas sobre el pie del talud generando socavación y por consiguiente desprendimiento de fragmentos de roca y una superficie de deslizamiento rotacional (ver figura 25). Para la interpretación de una superficie de deslizamiento rotacional se toma en consideración el criterio de (Buma y van Asch, 1996), donde menciona que “La superficie de cizalla puede tener forma circular o de cuchara. Los deslizamientos rotacionales pueden producirse en rocas, detritos y suelos. Presentan un pequeño grado de deformación interna en el material desplazado, que lo distingue de los flujos” citado por (Gutiérrez Elorza, 2008)

Varios eventos sobre desprendimientos de masas rocosas se vienen desarrollando en el sitio de estudio, originados por acción de agentes exógenos y el alto grado de meteorización que presenta el macizo rocoso, para la interpretación del periodo con el que ocurren los deslizamientos según

Varnes (1958), los deslizamientos rotacionales de rocas se mueven a velocidades desde unos pocos centímetros al año a varios metros por mes, mientras que los que afectan a suelos pueden alcanzar velocidades de hasta 3 m/seg. En cuanto a su tamaño, varían desde algunos metros a grandes complejos de varias hectáreas. (Citado en Gutiérrez Elorza, 2008)

El macizo rocoso presenta una baja resistencia al proceso erosivo del mar, el viento, y al factor antropogénico que incide en la alteración de su geomorfología generando retroceso de ladera y zona de riesgo para las edificaciones construidas sobre el estrato rocoso, entre las condiciones que atribuyen la presencia de deslizamiento rotacional (Buma y van Asch, 1996) son: “laderas con bloques muy fracturados (deslizamiento rotacionales de roca); laderas con potentes regolitos o depósitos morrécicos (suelos, detritos); laderas sin vegetación; laderas de margas y argilitas y sustratos rocosos con estratificación horizontal” (Citado en Gutiérrez Elorza , 2008)



Figura 25. Deslizamiento rotacional en el sector 2 de Febrero, 2019.
Fuente: Autores

4.3.2 Reptación

La reptación o “creep” consiste en movimientos del suelo subsuperficial desde muy lentos a extremadamente lentos sin una superficie definida de falla. La profundidad del movimiento puede ser desde pocos centímetros hasta varios metros. Generalmente, el desplazamiento horizontal es de unos pocos centímetros al año y afecta a grandes áreas de terreno. (Suárez Díaz, 2009)

Normalmente compromete a suelos residuales, terrenos de rocas blandas y de coluvios con abundante matriz arcillosa susceptible de experimentar deformaciones elástico – plásticas. Se trata de procesos que se desarrollan en nivel superficial, y que afectan volúmenes reducidos de materiales, por lo tanto, su identificación en el terreno no es fácil, solo se reconocen por leves inclinaciones en el tronco y raíces de los árboles mayores, deformaciones en los muros de contención o cercas y además desarrollo de ondulaciones en el suelo superficial. (Rivera Mantilla, 2005)

La reptación puede preceder a movimientos más rápidos como los flujos o deslizamientos traslacionales. La reptación comúnmente ocurre en las laderas con pendiente baja a media. Se le atribuye a las alteraciones climáticas relacionadas con los procesos de humedecimiento y secado en los suelos, usualmente arcillosos, muy blandos o alterados, con características expansivas. (Suárez Díaz, 2009)

En base a los criterios expuestos por los autores mencionados anteriormente, se describe el caso de reptación que presentaba el borde del acantilado costero del sector 2 de febrero previo al deslizamiento de gran proporción ocurrido en el año 2010, desplazamiento que venía en desarrollo con anterioridad hasta el surgimiento de escarpes de deslizamiento, que se desarrollaban longitudinalmente afectando significativamente a una extensa área de estrato rocoso, tal como se muestra en la figura 26, que contiene estratos de arcilla expansiva y yeso; material que es susceptible a desarrollar deformación elástico – plástica, el estrato rocoso que conforma el acantilado objeto de estudio en la presente tesis, actualmente se encuentra altamente meteorizado y en constante retroceso por erosión.



Figura 26. Fenómeno de reptación en el perfil del acantilado costero del sector 2 de Febrero.

Fuente: Comité técnico científico de la península de Santa Elena, 2011

CAPITULO V

ANÁLISIS METODOLÓGICO DEL ACANTILADO COSTERO DEL SECTOR 2 DE FEBRERO –ANCONCITO

5. Procedimiento de recolección de datos.

El presente trabajo de titulación se enmarca en una investigación descriptiva no experimental y aplicada a la investigación, en base a las variables analizadas anteriormente, del talud inestable ubicado en el sector 2 de febrero de la parroquia Anconcito provincia de Santa Elena.

En la visita de campo preliminar, con el apoyo de los profesores de la carrera; Dr. Kervin Chunga junto con el ing. Gastón Proaño, profesionales que conocen el área, orientaron el trabajo a ejecutarse durante el proceso de investigación, estableciendo los detalles y parámetros a considerar en el desarrollo de la presente tesis de fin de carrera.

En la consecutiva salida de campo, se procedió a identificar el tipo de roca que forma el macizo rocoso mediante el estudio de sus características y ubicación en la columna estratigráfica definida en los estudios de geología local (ver figura 19).

El nombre real de la formación geológica que aflora en el sector de Anconcito, corresponde a la formación seca, perteneciente al grupo Ancón.

“Formación Seca: Dispuesta en discordancia sobre la Fm. Socorro. Constituida fundamentalmente por arcillolitas gris verdosas con raras intercalaciones de areniscas finas. Estas arcillas tienden a meteorizar en colores amarillo rojizo por la formación y alteración de yeso microcristalino; corresponden a depósitos marinos de plataforma que se intercalan con las facies de abanico submarino”. (Benítez, 1995)

Posteriormente se procede a estudiar el estado de los materiales, tomando en consideración que el sector 2 de febrero, posee un acantilado de

aproximadamente un intervalo de altura partiendo de la cota 8 hasta 29m, con fuerte pendiente, cuya cara en dirección sur, recibe el impacto directo de los agentes exógenos e influencia de las olas, y partículas de humedad producto del rompimiento de energía marina, en el perfil litoral al pie del talud en el acantilado.

Los factores exógenos han tenido una influencia directa en la alteración de los minerales y componentes de la masa rocosa, que conforma el sector de investigación, tal es así que actualmente no se observa estructura litológica del material original, lo que se tiene en realidad, es un suelo duro altamente susceptible a deslizamiento. Esta es una razón importante en el estudio de la inestabilidad de los taludes de la parroquia Anconcito, donde los deslizamientos y la reptación de los suelos son continuos con aceleración de caída de material al presentarse precipitaciones, o el impacto de ondas sísmicas generadas por sismos en el frente de subducción ecuatoriano, y vibraciones transmitidas por refracción de olas que impactan al macizo rocoso.

Varias visitas fueron ejecutadas con la finalidad de registrar las estructuras tectónicas que alteran las propiedades geotécnicas del macizo rocoso, y favorecen el proceso de caída del talud provocando daños a construcciones, viviendas y todo tipo de obra civil existente.

5.1 Descripción de la caracterización geológica- geotécnica del macizo rocoso.

Litología.

En el afloramiento del sector 2 de febrero, el acantilado está libre de vegetación, y se observa claramente el tipo de roca que forma el macizo rocoso de conformidad con la geología del sector, este estrato corresponde a la familia de roca sedimentaria perteneciente al grupo Ancón y específicamente a la “formación seca”, la masa rocosa está completamente alterada debido a la acción permanente de los agentes exógenos propios del

sector de Anconcito e influenciados por la acción continua del viento marino y la humedad que aumenta principalmente durante la noche.

Meteorización del macizo rocoso.

Por las razones antes expuestas, la roca que forma el acantilado de Anconcito, se encuentra altamente meteorizada, condición que favorece la inestabilidad de los materiales bajo condiciones de alta precipitación y fuerzas sísmicas que afectan la zona del perfil litoral ecuatoriano.

Según la escala de meteorización en rocas sedimentarias detríticas (basada en ISRM). Se categoriza como una roca grado VI, constituida por suelo residual producto de la meteorización de la roca, en la que se reconoce: "Todo el macizo rocoso se ha transformado en un suelo. Se ha destruido la estructura del macizo y la fábrica del material.". Durante el trabajo de campo, se verificó que incluso los planos de estratificación de la roca sedimentaria son indefinidos (no se ven fácilmente), como se encuentra completamente meteorizada no se puede definir el rumbo y el buzamiento; para cuantificar estos parámetros el área de análisis debe ser inalterada.

El perfil del escarpe que se observa en el sitio de estudio, por razones de meteorización de las rocas ya no se puede definir como macizo, formado por estratos que permiten la determinación de los indicadores del modelo geológico implementado en este presente trabajo. El material que forma el escarpe de falla, y los acantilados anexos al deslizamiento existente están conformados por suelo de características arcillosas muy expansivas.

Estructura del macizo rocoso

Debido a la alteración significativa que presenta el estrato de roca en el sitio del deslizamiento, se procedió a realizar el análisis de campo a un estrato rocoso adyacente, con el propósito de identificar el sistema de fallas que presenta el talud, para la obtención de los datos se aplicó el levantamiento geológico en campo de los caracteres geomecánicos, que presentaba la

estructura del macizo. El área de análisis posee diferentes tipos de características litológicas

En el sector 2 de febrero el área de manera general está conformada por grandes unidades litológicas de rocas sedimentaria, perteneciente a la formación seca.

5.1.1 Observación de afloramientos.

En el proceso de obtención de valores se utiliza la recopilación de medidas directamente en el afloramiento, para obtener la inclinación (buzamiento) y orientación (dirección de buzamiento) de las características estructurales del macizo rocoso.

Para ello, se hace uso del equipo necesario, en este tipo de investigación y consta de los siguientes elementos:

- Brújula Brunton de geología
- Martillo de geólogo
- Martillo de Schmidt
- Libreta de campo
- Navaja
- Cinta métrica de 25m de longitud.
- Machete
- Cámara fotográfica.
- Pintura
- Otros

Para el registro de las discontinuidades se aplica conceptos propuestos por autores y que actualmente tiene gran aceptación por especialistas en geotecnia. Consecutivos trabajos de campo fueron realizados con el propósito de recaudar la información real de la estructura tectónica que caracteriza el macizo rocoso.

Utilizando los equipos de campos descritos anteriormente se procede a llenar la matriz geotécnica, en la cual consta los parámetros que se registran en el terreno para posteriormente aplicar al modelo geológico, donde se define a que proceso de deslizamiento corresponde el sitio de estudio en esta tesis y realizar la interpretación con los datos obtenidos, se recomienda el tipo de estabilización posible a construirse para evitar daños posteriores. La construcción estará sujeta a la aprobación de las autoridades competentes mediante un análisis técnico de sostenibilidad y factibilidad a la propuesta realizada en la presente tesis sobre las obras civiles aquí recomendadas.

A continuación se procede a la descripción de las caracteres geomecánicos del macizo rocoso requeridos por el modelo geológico, mediante la recopilación de datos observados directamente en el sitio de estudio para la presente tesis.

5.1.2 Estimación de caracteres geomecánicos de las discontinuidades.

En esta sección se procede a la descripción de los métodos para realizar el levantamiento geológico de los caracteres geomecánicos en el macizo rocoso, que han sido mencionados anteriormente. Se procede con el análisis de tres grupos de familias de discontinuidades.

1. Orientación y familia de discontinuidades.

La información adquirida en campo consta de datos obtenidos mediante el análisis de tres familias de discontinuidades tomando rumbo, y buzamiento por medio de una brújula Brunton; de manera dispersa en el talud con el objetivo de recabar la información necesaria para determinar la identificación estructural de discontinuidades. Los datos obtenidos fueron interpretados mediante el uso de la proyección estereográfica presentada en la figura 33, en donde se puede observar la presencia de un sistema de fallamiento en cuña y obedece a un bloque de estrato rocoso ubicado en la dirección sur-este con respecto a la dirección del talud, y se establece como propenso a

deslizamiento ante la presencia de cualquier actividad sismogénica o antrópica.

2. Espaciado

Para expresar numéricamente el espaciado de discontinuidades fue necesaria la medición directa en campo mediante el uso de cinta métrica, ubicada en sentido transversal formando un ángulo de 90° con las discontinuidades.

El espaciado de las discontinuidades es tomado en la superficie del macizo rocoso del sector 2 de febrero. Mediante el histograma mostrado en la figura 27, se observa con mayor frecuencia un intervalo de 60 a 200 cm de espaciamiento entre discontinuidades; tomando como referencia los índices de espaciados recomendados por la sociedad internacional de mecánica de rocas, descritos en la tabla 3 (pág.30), categoriza estas dimensiones como un tipo de espaciamiento abierto que origina bloques de gran tamaño engranados entre sí propensos a desprendimiento.

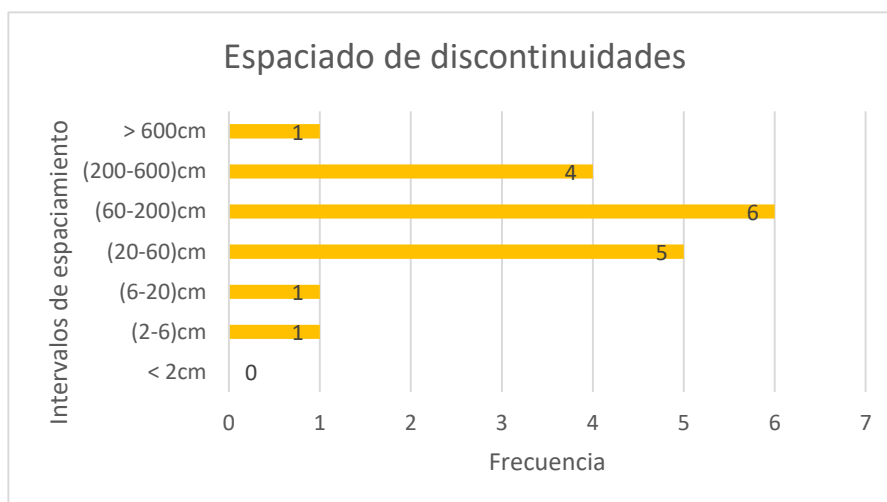


Figura 27. Histograma de espaciados de las discontinuidades del talud.
Fuente: Autores.

3. Dimensiones (Persistencia).

Las discontinuidades que afloran en la superficie del macizo rocoso presentan dimensiones variadas para establecer la persistencia que presentan, se

realizó un levantamiento geológico de la pared lateral del acantilado costero del sector 2 de febrero en la parroquia Anconcito.

El histograma que se muestra en la figura 28, expresa las mediciones de persistencia en función de los intervalos de longitud y el número de discontinuidades registradas en el acantilado costero objeto de estudio en la presente tesis. La persistencia de discontinuidades en mayor frecuencia se cataloga según la tabla 5 (pág. 31) de término pequeño comprendido en un intervalo de 1 a 3 m de longitud, estas medidas son importantes para la determinación de los tamaños de bloques propensos a mayor incidencia de caída. Posteriormente se presentan intervalos de 3 a 10 m que indican los modos de falla estructural del talud en el sector 2 de febrero.

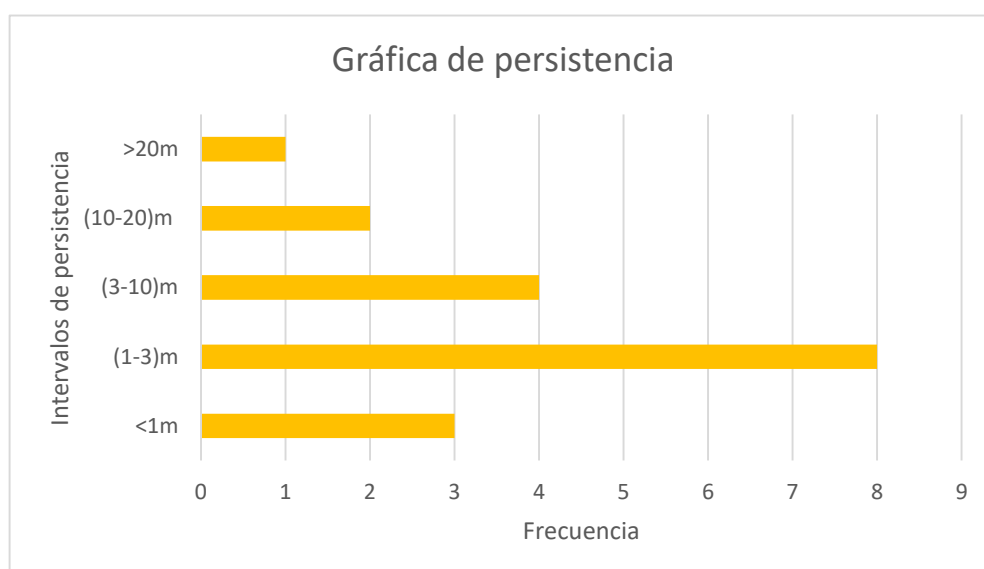


Figura 28. Gráfico sobre índices de persistencia de las discontinuidades que presenta el acantilado costero del sector 2 de febrero.

Fuente: Autores.

4. Rugosidad

Los valores de rugosidad fueron determinados en campo por medio de perfiles correlacionados al coeficiente de rugosidad, mediante el uso de una regla ubicada paralelamente a la superficie vertical del talud, se estableció referencialmente que el talud en análisis posee una superficie no uniforme. La figura 29, muestra los valores obtenidos en el análisis a 3 familias de discontinuidades que presenta el talud del sector 2 de febrero - Anconcito,

descritas en la matriz geológica de datos en campo en el anexo E, para el macizo rocoso; se determinó con mayor frecuencia la presencia de una superficie ondulada, la importancia de identificar este tipo de superficie se debe a que esta genera expansión o dilatación en las discontinuidades y tiende a ocasionar un desplazamiento cortante; al estar ambos lados en contacto, se produce inestabilidad en toda la matriz rocosa del acantilado costero del sector 2 de febrero, seguidas de discontinuidades con superficies ligeramente rugosas.

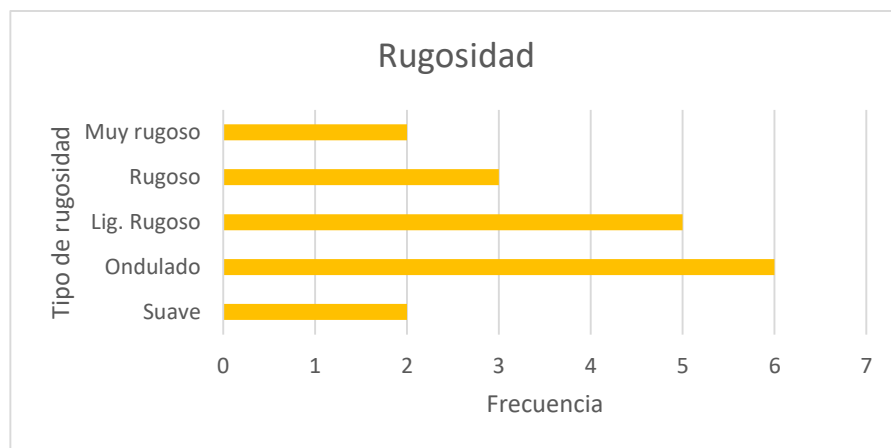


Figura 29. Representación gráfica de los tipos de rugosidades presentes en el talud del sector 2 de febrero.

Fuente. Autores

5. Apertura

Para medir la apertura que presentan las discontinuidades, se utilizó una regla graduada en mm, ubicando la regla perpendicular a la superficie de apertura.

Es importante mencionar que la superficie del talud está constantemente sujeta a la interacción de agentes atmosféricos por ende los datos obtenidos tienden a variar con el paso del tiempo. Por estas razones, las aperturas medidas son probablemente mayores que aquellas que existen dentro del macizo rocoso.

Para poder constatar los datos obtenidos en el trabajo de campo realizado al sitio de estudio se presenta a continuación la figura 30, que muestra variados tipos de dimensiones en aperturas teniendo con mayor frecuencia aperturas

menores a 0,1mm con aspecto cerrado y en menor frecuencia se presenta aperturas de 5 a 10 mm que se describe como apertura moderadamente ancha con aspecto de hendidura, según tabla 7 (pág. 33) que muestra la terminología de apertura recomendada por la SIMR.

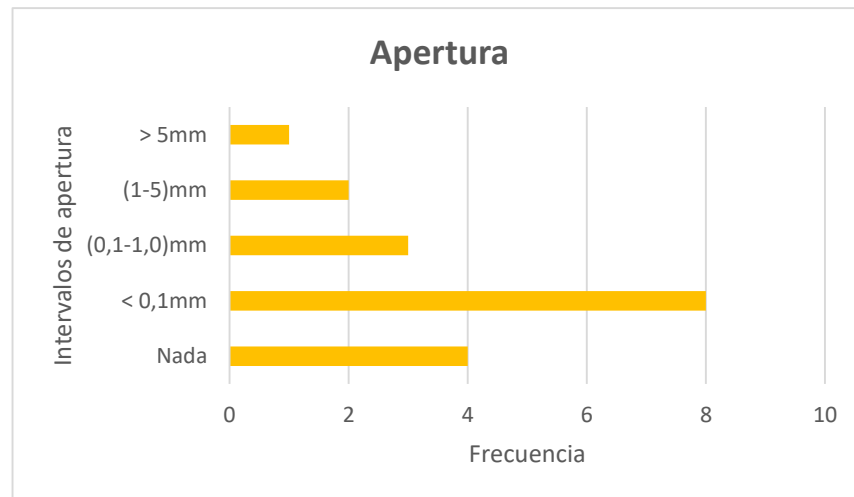


Figura 30. Representación gráfica de aperturas en discontinuidades en el talud del acantilado costero del sector 2 de febrero.
Fuente. Autores

6. Relleno

Las discontinuidades que presenta el macizo rocoso objeto de estudio en la presente tesis, poseen en su apertura relleno de material de yeso.

La figura 31 muestra los espesores menores a 5mm con un material de relleno de características blandas. Según la descripción granulométrica de Brown descrita en la tabla 8 (pág. 34) que corresponde a gravas finas y arenas gruesas con característica granulométrica gruesa, también existe el caso en ciertas discontinuidades que no presentan una apertura esta se caracteriza como discontinuidad sin relleno. Estos parámetros influyen en las diversas propiedades mecánicas e hidráulicas que presenta el acantilado costero del sector 2 de febrero.

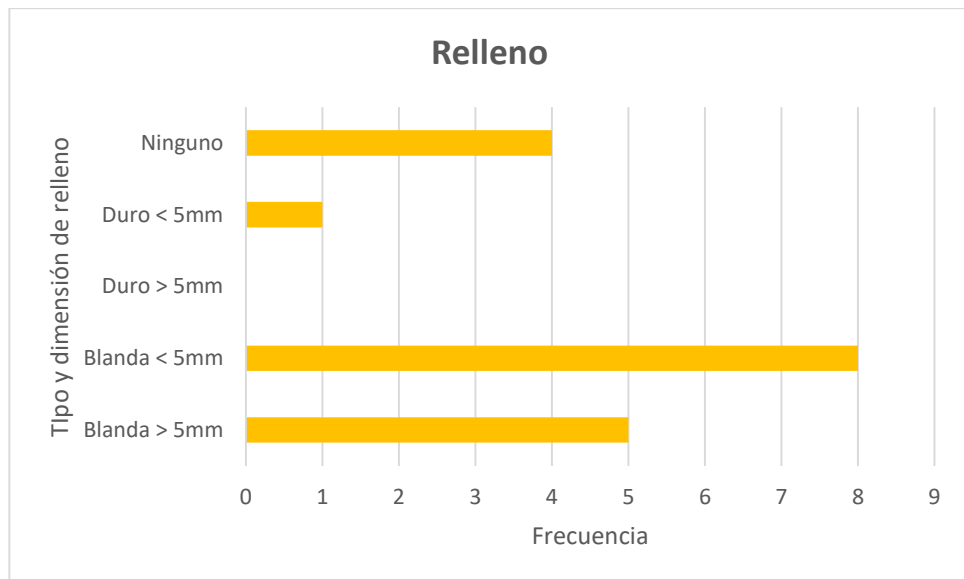


Figura 31. Histograma referente a tipos y dimensiones de rellenos presentes en la estructura del macizo rocoso.
Fuente. Autores

7. Circulación de agua

En la descripción de la hidrología local, se procedió a determinar el índice de humedad presente en las juntas o familias de juntas más relevantes, con relación a la estabilidad. Según estudios del INAMHI el índice de precipitación media anual es relativamente baja, dando como resultado un ecosistema árido en el sitio de estudio de la presente tesis.

Mediante el análisis de campo se pudo establecer el histograma presente en la figura 32, en donde se muestra que el acantilado costero del sector 2 de febrero, tiene en mayor presencia un grado de filtración I en sus discontinuidades. Según la tabla 10 (pág. 36), indica que en esta etapa los materiales de relleno están fuertemente consolidados y secos, con improbabilidad de aparición de un flujo debido a la baja permeabilidad y en menor porción presenta un grado de filtración II en donde el material de relleno está ligeramente húmedo pero no circula agua.

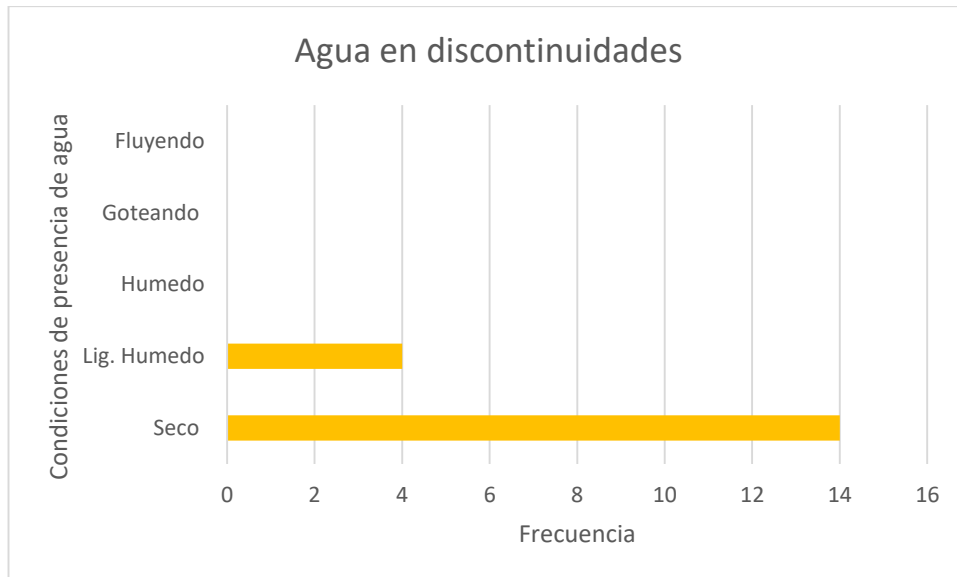


Figura 32. Representación gráfica referente a la presencia de agua en la discontinuidad.
Fuente. Autores

5.2 Características resistentes de la roca

El análisis de la fractura se realizó, en el sitio de estudio y mediante una inspección directa en campo y, se pudo concluir que el material de relleno es yeso.

Equipos utilizados para determinar la resistencia del material in situ.

- Veleta
- Penetrómetro
- Martillo de Schmidt

Con la veleta no se pudo obtener la resistencia del material que forma el talud debido a la condición de la alteración de la roca original que no corresponde a suelo. Esta metodología es utilizada para determinar la resistencia de suelos específicamente.

Con el penetrómetro se realiza un ensayo de penetración, pero no se logra obtener resultados debido a la presencia de un estrato rocoso en el sitio de estudio. Las condiciones de alteración del macizo rocoso no alcanzan una definición de suelo, por tal razón el ensayo no permite obtener resultados.

Dureza de las rocas. (Martillo de Schmidt y geólogo).

Posteriormente en otra salida de campo se aplica el martillo de Schmidt y se logra obtener los números de rebote tomados en situ.

N° de Ensayos	Valor de rebote
1	30
2	27
3	29
4	28
5	33
6	25
7	28
8	31
9	26
10	24

Tabla 24. Valores de rebote obtenidos en situ.

Fuente: Autores

En la tabla 24 se muestran los valores de rebote de martillo de Schmidt tomados en el estrato rocoso, de los 10 datos registrados en campo se seleccionan los 5 mayores (28, 29, 30, 31, 33) y se determina el valor medio como índice de rebote del sitio = 30. Mediante la tabla 24 se escoge el peso específico de la arenisca de 2.3 g/cm³ que equivale a 22.56 kN/m³, con estos datos se ubica los puntos en la gráfica de la figura 1, referente a la dispersión media de resistencia para rocas en (MPa).

A partir de la proyección del peso específico de la roca y en base a la orientación del martillo al realizar el ensayo, da como resultado en la estructura del macizo rocoso una resistencia de **58 MPa**. Ver anexo E

En base a la tabla 12 se determina la clasificación de la rocas a partir de su resistencia a la compresión simple, que en el sitio de estudio está comprendida en un intervalo de 50 a 100 MPa correspondiente, según la clasificación del ISRM y la Geological Society of London, como una roca dura y según la clasificación de Bieniawski como una roca de resistencia media.

5.3 Presentación de los datos de campo y representación gráfica de las familias de fracturas registradas en el sitio.

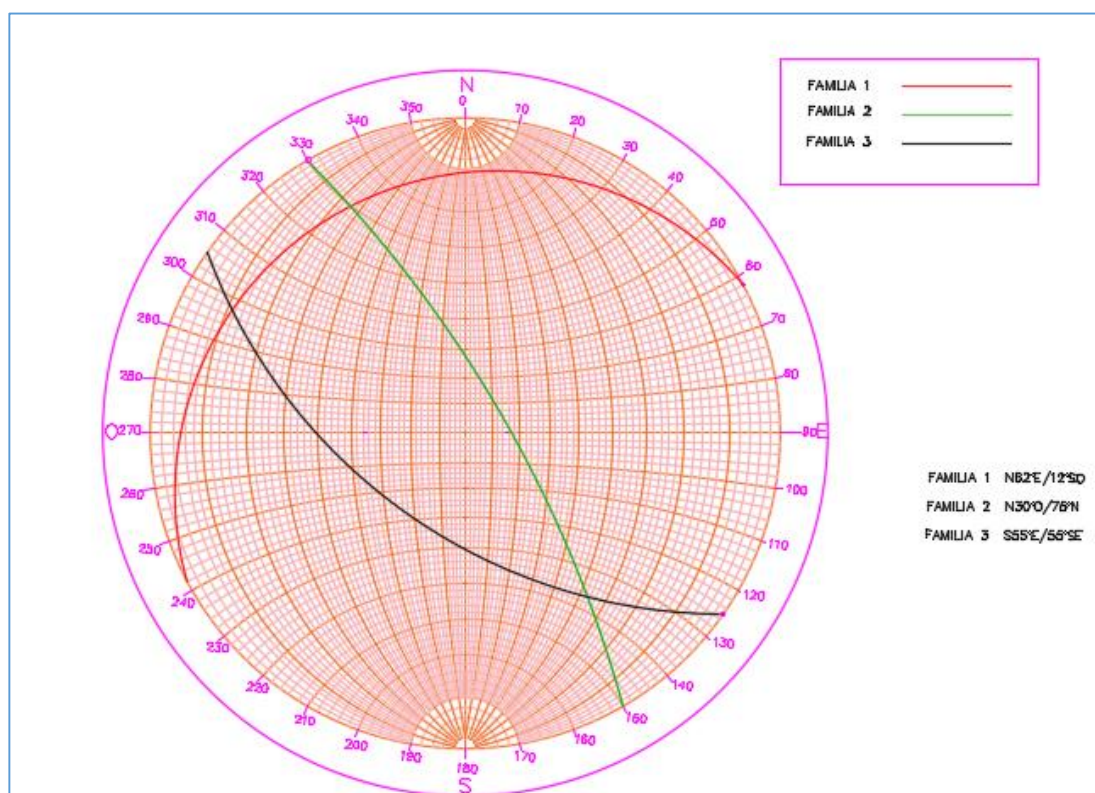


Figura 33. Proyección estereográfica de las 3 familias de discontinuidades analizadas en el acantilado costero del sector 2 de febrero.

Fuente. Autores

En la proyección estereográfica vista en la figura 33, se describe la intersección que presenta el plano de discontinuidades dando origen al tipo de falla semicircular de un bloque de roca, propenso a deslizamiento lo que sustenta la propuesta de aplicar una metodología de estabilización mediante la implementación de muros de gaviones.

CAPITULO VI

ANÁLISIS Y RESULTADO DEL DISEÑO DE LA PROPUESTA PARA ESTABILIZAR TALUD.

Habiendo estudiado las características del material que conforma el macizo rocoso, como: litología, meteorización, pendiente y el trabajo de las olas marinas al pie del talud, se considera como solución factible para estabilizar el talud objeto de estudio en la tesis la construcción de muros de contención o gaviones que es un método de amplia aplicación a nivel nacional e internacional.

6. Análisis de diseño

Para el diseño del muro de gaviones se utilizó un software de análisis geotécnico, debido a la gran versatilidad que presenta al momento de resolver problemas geotécnicos mediante el uso de métodos analíticos convencionales y elementos finitos.

En la modelación de la estructura de contención, se realizaron los siguientes procesos:

Primero se ingresan datos referente al material de relleno para la estructura de gaviones; para el proyecto se seleccionó la roca coquina proveniente de la formación tablazo, extraída de la cantera ubicada en el cerro del mismo nombre, debido a que sus características geomecánicas, cumplen con los requisitos de la obra a implementarse y se encuentra cercana al sitio de estudio.

De la tabla 25, se escoge el peso específico $\gamma = 2400 \text{ kg/m}^3$ y la resistencia a la compresión simple de 39,9 MPa; que será utilizada posteriormente en las tablas 12 y 13 (pág. 41) para determinar el valor de la cohesión, siendo para este material de 100kpa y el ángulo de rozamiento interno $\Phi = 25^\circ$. (Véase figura 34).

Ensayo	Unidad	Valor
Masa específica aparente	kg/m ³	2400
Porosidad aparente	%	5.1
Abrasión aparente de agua	%	2.3
Resistencia a la compresión uniforme	Mpa	39.9
Resistencia a la compresión uniaxial	Mpa	36.7
Resistencia a la flexión	Mpa	6.8
Resistencia al desgaste Amsler	mm	3.8
Resistencia al impacto con el cuerpo duro	cm	58
Índice de forma a las partículas	Cúbico	
Desgaste a la abrasión "Los Ángeles"	%	40
Desgaste al sulfato de magnesio	%	12

Tabla 25. Características geomecánicas de la roca coquina, perteneciente a la formación tablazo.

Fuente: Vásquez, W.,2008

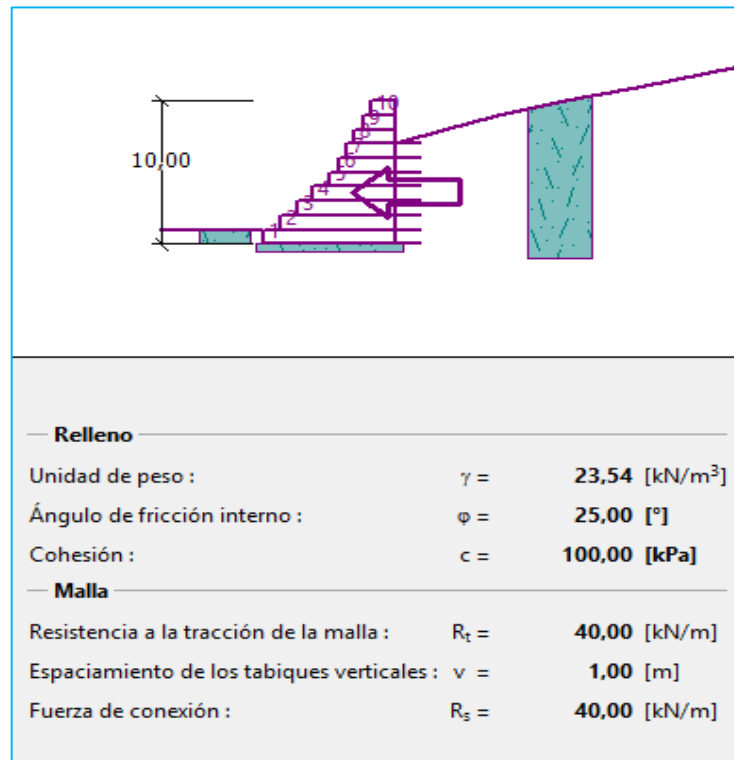


Figura 34. Datos del material de relleno en la estructura de gaviones.

Fuente: Software GEO5.

Posteriormente, se ingresan datos sobre los parámetros de la roca Arenisca (figura 35), que según la distribución litológica de la formación seca en la

geología local, y observación directa de campo en el macizo rocoso, este tipo de roca es predominante en el acantilado costero del sector 2 de febrero.

A continuación la tabla 26, muestra los valores que posee la roca sedimentaria (arenisca), referente a peso específico $\gamma = 2,3 \text{ gr/cm}^3$ y una porosidad del 16%, para poder ingresar en la base de datos de GEO5 se realizó las respectivas conversiones de unidades, siendo $\gamma = 22,50 \text{ kN/m}^3$

Roca	Peso específico (gr/cm ³)	Porosidad (%)
Andesita	2,2 - 2,35	10 - 15
Anfibolita	2,9 - 3,0	-----
Arenisca	2,3 - 2,6	5 - 25 (16,0)
Basalto	2,7 - 2,9	0,1 - 2
Caliza	2,3 - 2,6	5 - 20 (11,0)
Carbón	1,0 - 2,0	10
Cuarcita	2,6 - 2,7	0,1 - 0,5
Creta	1,7 - 2,3	30
Diabasa	2,9	0,1
Diorita	2,7 - 2,85	-----
Dolomía	2,5 - 2,6	0,5 - 10
Esquisto	2,5 - 2,8	3
Grabo	3,0 - 3,1	0,1 - 0,2
Gneiss	2,7 - 3,0	0,5 - 1,5
Granito	2,6 - 2,7	0,5 - 1,5 (0,9)
Grauvaca	2,8	3
Mármol	2,6 - 2,8	0,3 - 2 (0,6)
Lutita	2,2 - 2,6	2 --- 15
Pizarra	2,5 - 2,7	0,1 - 1
Riolita	2,4 - 2,6	4 --- 6
Sal	2,1 - 2,2	5
Toba	1,9 - 2,3	14 - 40
Yeso	2,3	5

Tabla 26. Valores típicos del peso específico y porosidad de las rocas.

Fuente: González de Vallejo, et al., 2004.

Figura 35. Ingreso de datos sobre los parámetros de la roca que forma el acantilado costero del sector 2 de febrero al software GEO5.

Fuente: Software GEO5.

Por medio de la tabla 12 (pág. 41), en función de la resistencia a la compresión simple de 58 MPa, determinada en el capítulo V, se categoriza a la roca con características resistentes de calidad media, según Bieniawski. Con esta clasificación de la tabla 13(pág. 41), se adopta una cohesión de 2kg/cm² y un ángulo de fricción interno $\Phi_{ef} = 25^\circ$.

TABLA 2.3. Propiedades físicas y mecánicas de diversas rocas

ROCAS	DENSIDAD (kg/m ³)	MÓDULO DE YOUNG (GPa)	COEFICIENTE DE POISSON	POROSIDAD %	RESISTENCIA A COMPRESIÓN (MPa)	RESISTENCIA A TRACCIÓN (MPa)	RESISTENCIA A FLEXIÓN (MPa)
Rocas batolíticas							
Granito granodiorita	2500-2750	30-70	0,12-0,25	0,1-2	120-280	4-7	10-20
Gabro	2920-3050	60-100	0,12-0,25	2-5	150-200	5-8	10-22
Rocas extrusivas							
Riolitas	2450-2600	10-20	0,1-0,2	0,4-4	80-160	5-9	10-22
Dacita	2500-2750	8-18	0,09-0,2	0,5-5	80-160	3-8	9-20
Andesita	2300-2750	12-35	0,11-0,2	0,2-8	40-320	5-11	13-25
Basalto	2750-3000	20-100	0,14-0,2	0,2-1,5	30-420	6-12	14-26
Diabasa	2900-3100	30-90	0,12-0,2	0,3-0,7	120-250	6-13	12-26
Tobas volcánicas	1300-2200	-----	0,1-0,2	8-35	5-60	0,5-4,5	3-8
Rocas sedimentarias							
Arenisca	2100-2500	15-17	0,07-0,12	1-8	10-120	1,5-6	4-16
Caliza de grano fino	2600-2850	50-80	0,1-0,2	0,1-0,8	50-200	4-7	5-15
Caliza de grano grueso	1550-2300	-----	0,12	2-16	4-60	1-3,5	2,5-7
Caliza	1550-2500	-----	0,07-0,12	1,5-6	49-200	1,5-5	3-9
Dolomita	2200-2700	20-30	0,08-0,2	0,2-4	15-200	2,5-6	4-16
Esquistos	2450-2750	-----	-----	0,2-0,4	-----	-----	20-30
Rocas metamórficas							
Mármol	2650-2750	60-90	0,11-0,2	0,1-0,5	50-180	5-8	8-12
Gneis	2600-2780	25-60	0,09-0,2	1-5	80-250	4-7	8-20

Tabla 27. Propiedades Físicas y mecánicas de diversas rocas
Fuente: (Ramírez Oyanguren & Alejano Monge, 2004)

Materiales de interfaz	Factor de fricción $tg(\delta)$	Ángulo de fricción δ°
Masa de hormigón en la seguida base de materiales:		
<i>Sonido de roca limpio</i>	0,7	35
<i>Gravilla limpia, mezcla de gravilla y arena, arena gruesa</i>	0,55 - 0,6	29 - 31
<i>Arena fina limpia a media, arena media a gruesa limosa, arena gruesa limosa a gravilla arcillosa</i>	0,45 - 0,55	
<i>Arena fina limpia, arena limosa o limpia arcillosa a media</i>	0,35 - 0,45	19 - 24
<i>Arena fina limosa, limosa o plástica</i>	0,30 - 0,30	17 - 19
<i>Arcilla muy rígida y difícil residual o arcilla pre-consolidada</i>	0,40 - 0,50	22 - 26
<i>Arcilla Media rígida, arcilla rígida y arcilla limosa</i>	0,30 - 0,35	17 - 19
Pilotes de acero contra los siguientes suelos:		
<i>Gravilla limpia, mezcla de arena-gravilla, rocas bien clasificadas rellena de ripio</i>	0,4	22
<i>Arena limpia, mezcla de arena limosa-gravilla, tamaño único de rocas pesadas rellenas</i>	0,3	17
<i>Arcilla arenosa, gravilla o arena mezclada con limo o arcilla</i>	0,25	14
<i>Arena fina y limosa, limo no plástico</i>	0,20	11
Formado de hormigón o láminas de hormigón vs los siguientes suelos:		
<i>Gravilla limpia, mezcla de arena-gravilla, rocas bien clasificadas rellena de ripio</i>	0,40 - 0,50	22 - 26
<i>Arena limpia, mezcla de arena limosa-gravilla, tamaño único de rocas pesadas rellenas</i>	0,3 - 0,4	17 - 22
<i>Arcilla arenosa, gravilla o arena mezclada con limo o arcilla</i>	0,3	17
<i>Arena fina y limosa, limo no plástico</i>	0,25	14
Diversos materiales estructurales:		
<i>Vestidos en: rocas suaves o rocas suaves</i>	0,7	35
<i>Vestidos en: rocas duras o rocas suaves</i>	0,65	33
<i>Vestidos en: rocas duras o rocas duras</i>	0,55	29
<i>Mampostería en madera (grano bruto)</i>	0,5	26
<i>Acero en acero en muro de tablestaca</i>	0,3	17

Tabla 28. Factores de fricción para diversos materiales

Fuente: Base de datos GEO5

6.1 Dimensiones del muro de gaviones

Se procede al dimensionamiento del muro en base a las características del volumen del material desplazado tal como se muestra en la figura 36, ingresando los valores en la tabla 29, correspondiente a cada sección en función del nivel de piso de gaviones.

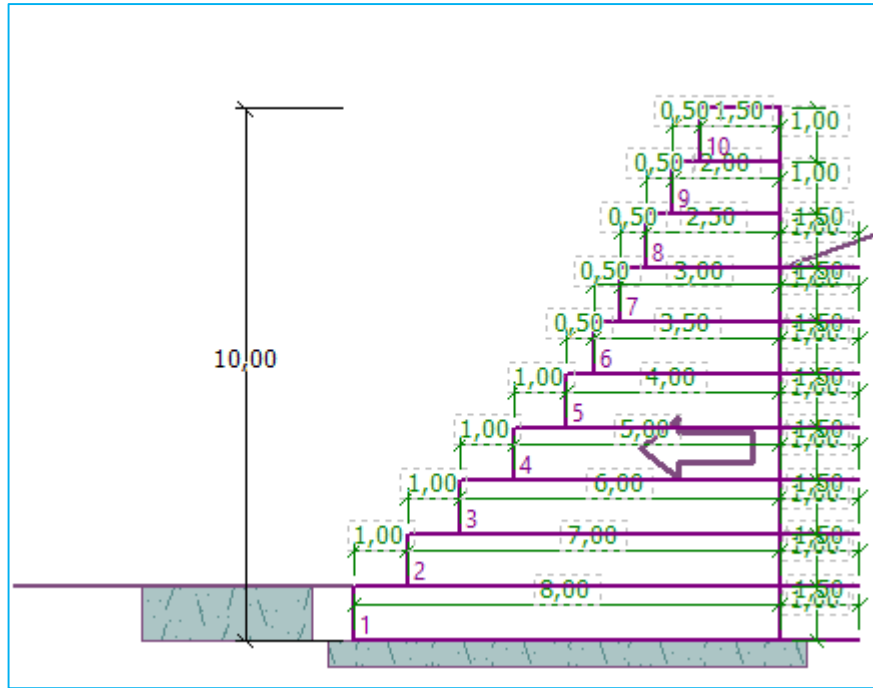


Figura 36. Dimensionamiento del muro de gaviones para estabilización de la superficie de deslizamiento del acantilado costero sector 2 de febrero.
Fuente: Autores

Pendiente gavión: $\alpha =$ [°]

Nro.	Ancho b [m]	Altura h [m]	Corrimiento a [m]	Malla sobres.	Longitud l [m]	Cap.port. R_t [kN/m]	Material
10	1,50	1,00	0,50				Coquina
9	2,00	1,00	0,50				Coquina
8	2,50	1,00	0,50	✓	1,50	40,00	Coquina
7	3,00	1,00	0,50	✓	1,50	40,00	Coquina
6	3,50	1,00	0,50	✓	1,50	40,00	Coquina
5	4,00	1,00	1,00	✓	1,50	40,00	Coquina
4	5,00	1,00	1,00	✓	1,50	40,00	Coquina
3	6,00	1,00	1,00	✓	1,50	40,00	Coquina
2	7,00	1,00	1,00	✓	1,50	40,00	Coquina
1	8,00	1,00		✓	1,50	40,00	Coquina

Tabla 29. Tabla correspondiente a especificaciones de dimensionamiento y material de relleno del muro de gaviones.
Fuente: Autores

En el dimensionamiento del talud en el programa se realizó en base a la gráfica obtenida en el levantamiento topográfico altimétrico del sitio de estudio de la presente tesis, donde se obtuvo las curvas de nivel del macizo rocoso inestable y por medio de este se determinó el perfil de terreno, las coordenadas se muestran en la tabla 30, y en la figura 37 se observa el gráfico del perfil del terreno obtenido del software Geo5.

N°	Coordendas	
	X(m)	Z(m)
1	0	0
2	2,89	-1
3	6,22	-2
4	10,32	-3
5	14,68	-4
6	19,07	-5
7	23,58	-6
8	28,5	-7
9	32,89	-8
10	37,8	-9
11	42,83	-10
12	46,95	-11
13	50,52	-12
14	53,19	-13

Tabla 30. Coordenadas del perfil del acantilado costero
Fuente: Autores

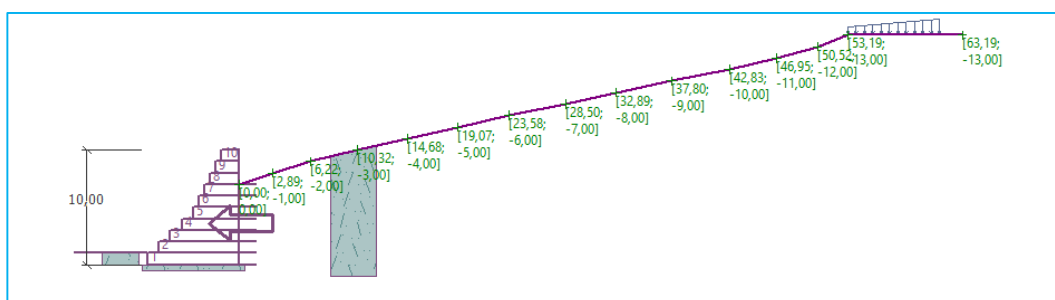


Figura 37. Grafica del perfil de terreno en GEO5
Fuente. Autores

Posteriormente se procede a la asignación de sobrecargas sobre la superficie del terreno en base al peso promedio 10 kN/m² y 20 kN/m² de las viviendas

que están cimentadas en la parte superior del acantilado tal como se muestra en la figura 38.

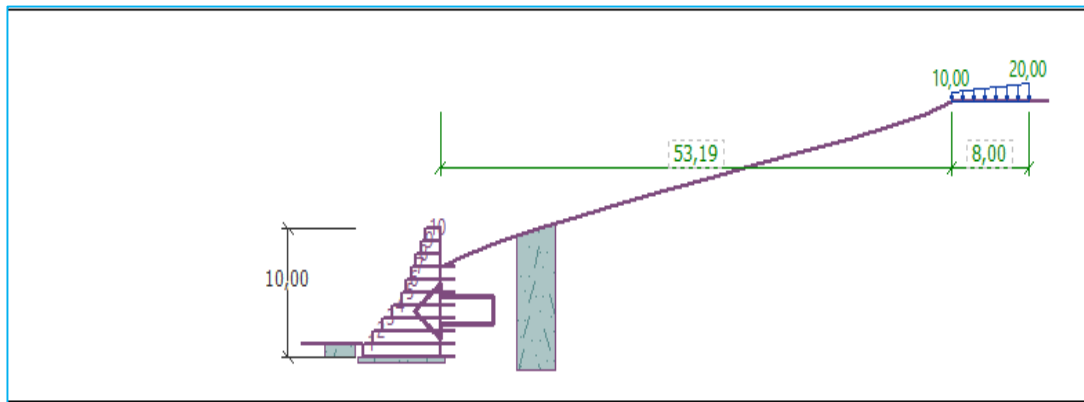


Figura 38. Sobrecarga de forma trapezoidal de 10 KN/m² y 20 kN/m² en la parte superior del acantilado.

Fuente. Autores.

6.2 Análisis sísmico

A continuación se procede a configurar el análisis pseudoestático, adoptando la fórmula para la componente sísmica horizontal k_h , considerado para un sismo importante un $FS > 1,05$. (NEC, 2015) véase tabla 17. (Pág. 50)

Para determinar la componente sísmica horizontal se utiliza la ecuación (7):

$$K_h = 0.6 * z * F_a$$

Dónde 0.6 corresponde, al 60 % de la aceleración sísmica del terreno, $z=0,5$ según el mapa de zonificación sísmica, $F_a = 0,85$ factor de amplificación sísmica en el terreno. (NEC, 2015)

Mediante los valores adoptados anteriormente en la ecuación 7 nos da un $K_h = 0.255$ valor que es introducido en la ventana de análisis sísmico tal como se muestra en la figura 39.

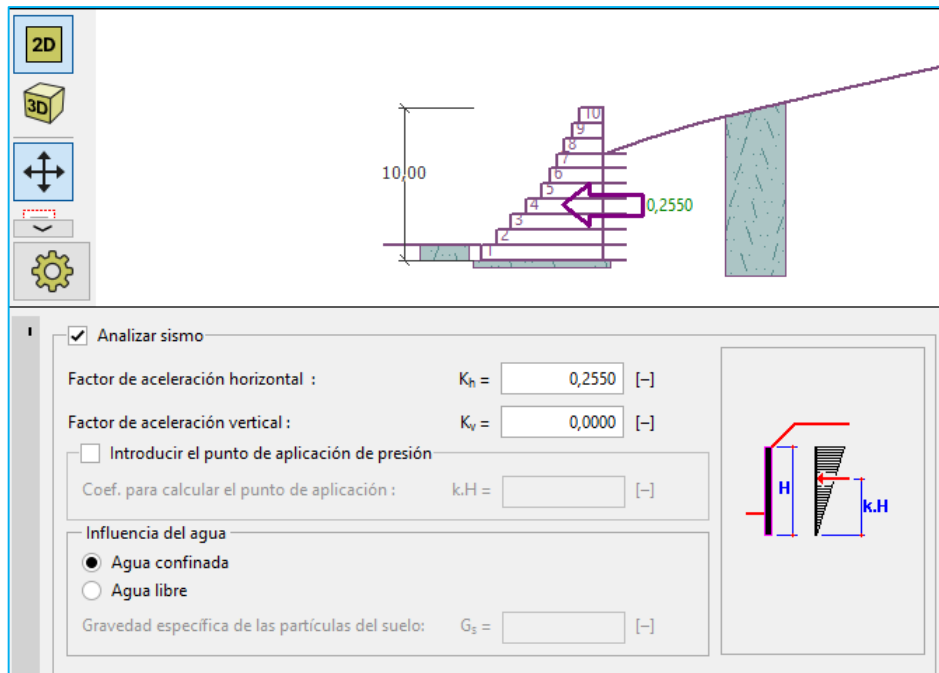


Figura 39. Asignación de la componente sísmica horizontal k_h en el GEO5.
Fuente: Autores

Luego de haber ingresado los datos requeridos por el software se procede a realizar la verificación de equilibrio del muro, obteniendo los siguientes resultados tal como se muestra en la figura 40.

Verif. de Equilibrio : [1] [2]

Nro.	Fuerza	F_x [kN/m]	F_z [kN/m]	Pto. aplicación		Coef.
				x [m]	z [m]	[-]
1	Peso - Muro	0,00	1000,45	5,37	-3,62	1,000
2	Sismo - construcción	-255,11	0,00	5,37	-3,62	1,000
3	Resistencia del frente	2,25	0,00	0,00	-0,33	1,000
4	Presión activa	-110,25	0,00	8,00	-2,33	1,000
5	Sismo - presión activa	-312,77	3,82	8,00	-4,67	1,000
6	Sobrecarga 1 - trapecoidal	0,00	0,00	8,00	-7,00	1,000
7	Extensión de malla	40,00	0,00	8,00	0,00	1,000
8	Extensión de malla	40,00	0,00	8,63	-1,00	1,000
9	Extensión de malla	21,70	0,00	9,26	-2,00	1,000
10	Extensión de malla	0,00	0,00	9,89	-3,00	1,000
11	Extensión de malla	0,00	0,00	10,52	-4,00	1,000
12	Extensión de malla	0,00	0,00	11,16	-5,00	1,000
13	Extensión de malla	0,00	0,00	11,79	-6,00	1,000
14	Extensión de malla	0,00	0,00	12,42	-7,00	1,000

— Verificación

VUELCO : **ACEPTABLE** (96,2%)

DESPLAZAMIENTO : **ACEPTABLE** (41,7%)

Figura 40. Ventana de parámetros considerados en la verificación de equilibrio en GEO5.

Fuente: Autores

En la siguiente ventana (figura 41) se muestran los coeficientes obtenidos en la verificación de estabilidad de vuelco determinando un factor de seguridad para vuelco de $2,08 > 2$ y caracteriza al diseño como muy satisfactorio. También se realiza la verificación del deslizamiento en base a la fuerza

horizontal resistente y la fuerza horizontal activa dando como resultado un FS de $2,52 > 1,05$ siendo satisfactorio el diseño del muro contra deslizamiento.

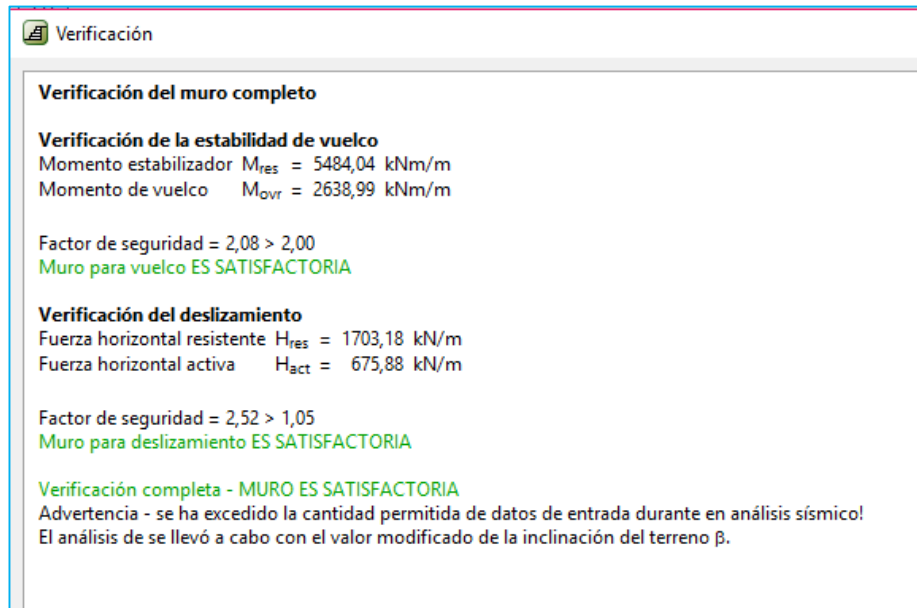


Figura 41. Ventana de resultados en la verificación de equilibrio – GEO5
Fuente: Autores

A continuación se realiza el análisis por capacidad portante y excentricidad, ingresando al software la capacidad de carga admisible del terreno, siendo para la roca arenisca de $q_{adm} = 20 \text{ kp/cm}^2$ equivalente a 1961,33 kpa. Valor adoptado de la tabla 31.

Tipo de roca	$q_{adm} \text{ Kp/cm}^2$
Rocas ígneas (granitos y gneiss), sanas	100
Calizas y areniscas duras	40
Esquistos y pizarras	30
Argilitas y limolitas duras y areniscas blandas	20
Arenas cementadas	10
Argilitas y limolitas blandas	6--10
Calizas blandas y porosas	6

Tabla 31. Presiones admisibles en roca
Fuente: Código Inglés CP2004/1972

Después de ingresar este parámetro al software, se ejecuta el análisis y se obtiene un porcentaje aceptable en relación a excentricidad y capacidad portante del terreno. Figura 42 y 43.

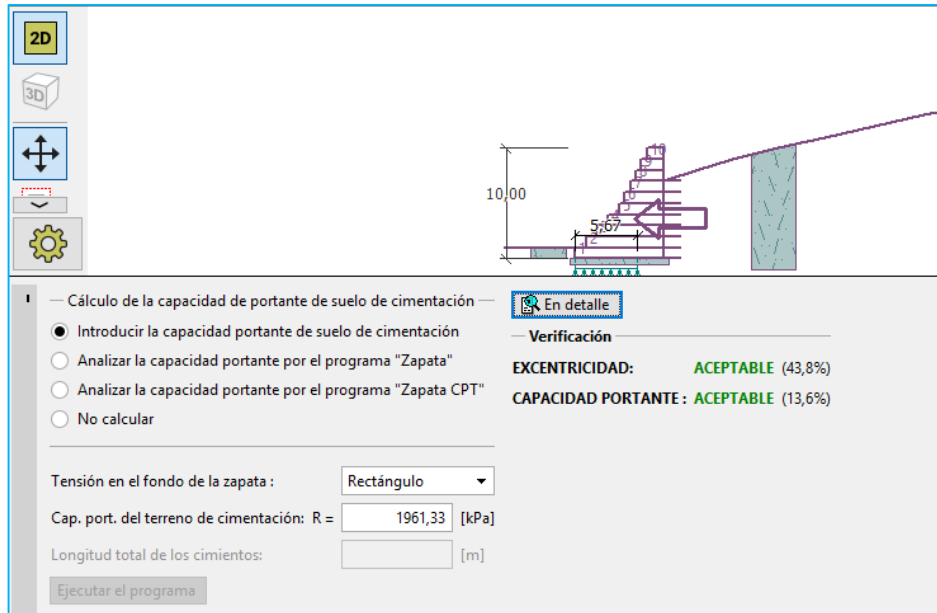


Figura 42. Resultados del análisis de capacidad portante del terreno y excentricidad del muro de gaviones.
Fuente: Software GEO5

Verif. de Cap. portante

Carga de diseño actuando en el centro del fondo de la zapata

Nro.	Momento [kNm/m]	Fuerza Normal [kN/m]	Resistencia al corte [kN/m]	Excentricidad [-]	Tensión [kPa]
1	1172,04	1004,27	574,18	0,146	177,25
2	1172,04	1004,27	574,18	0,146	177,25

Carga de servicio actuando en el centro del fondo de la zapata

Nro.	Momento [kNm/m]	Fuerza Normal [kN/m]	Resistencia al corte [kN/m]
1	1172,04	1004,27	574,18
2	1172,04	1004,27	574,18

Verificación de la capacidad portante del terreno de cimentación
Tensión en el fondo de la zapata : Rectángulo

Verificación de excentricidad
Máx. excentricidad de fuerza normal $e = 0,146$
Máxima excentricidad permitida $e_{alw} = 0,333$
Excentricidad de la fuerza normal ES SATISFACTORIA

Verificación de la capacidad portante del fondo de la zapata
Max. tensión en el fondo de la zapata $\sigma = 177,25$ kPa
Capacidad portante del terreno de cimentación $R_d = 1961,33$ kPa
Factor de seguridad = 11,07 > 1,50
Capacidad portante del terreno de cimentación ES SATISFACTORIA

Estabilidad global - Cap. portante del terreno de cimentación ES SATISFACTORIA

Figura 43. Resultados detallados en el análisis de la carga de diseño actuando en la cimentación.
Fuente: Software GEO5

Consecutivamente se realiza el análisis de equilibrio entre la interacción muro y deslizamiento, en dónde el software determinó; una estabilidad aceptable para el muro en función del Vuelco, deslizamiento, presión horizontal y diaclasa entre bloques tal como se muestra en la interfaz de la figura 44.

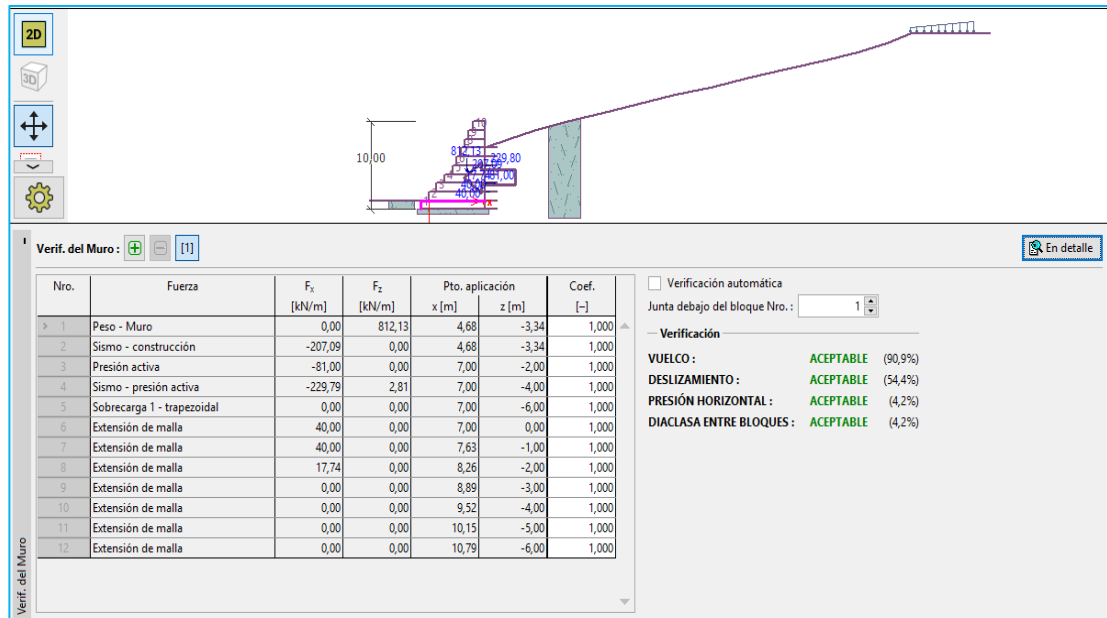


Figura 44. Interfaz de verificación del muro de gaviones en el software GEO5.
Fuente: Autores.

6.3 Verificación del factor de seguridad

En la figura 45, se muestran los resultados obtenidos en el análisis de muro de gaviones realizado por el programa de diseño geotécnico GEO5, en el cuál se obtiene factores de seguridad muy satisfactorios en los siguientes análisis:

- Verificación de la estabilidad de vuelco
- Verificación del deslizamiento
- Capacidad portante contra presión transversal
- Comprobación de diaclasa entre bloque.

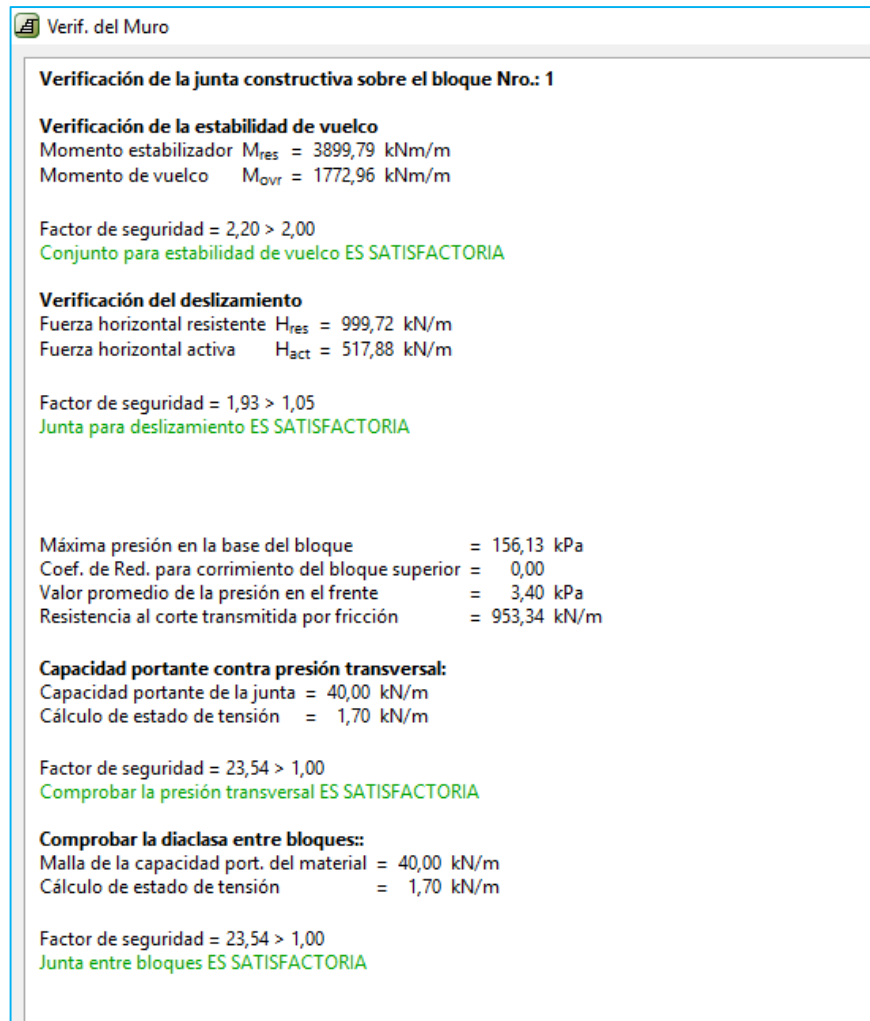


Figura 45. Ventana de resultados en la verificación de la junta constructiva en el muro de gaviones – GEO5.

Fuente: Autores

6.4 Resultados

Se ha obtenido resultados satisfactorios en los cálculos realizados por el programa, referente a parámetros que determinan las condiciones de diseño de muros de gaviones al pie del acantilado costero del sector 2 de febrero, posteriormente se procede a realizar el análisis de estabilidad global mediante el método de equilibrio límite (Bishop), el mismo que viene inmerso en las opciones del software de cálculo geotécnico, logrando obtener como resultado final los siguientes datos que se muestran en la figura 46, argumentando la factibilidad que se adquiere aplicando el método de estabilización de taludes por medio de muros de gaviones.

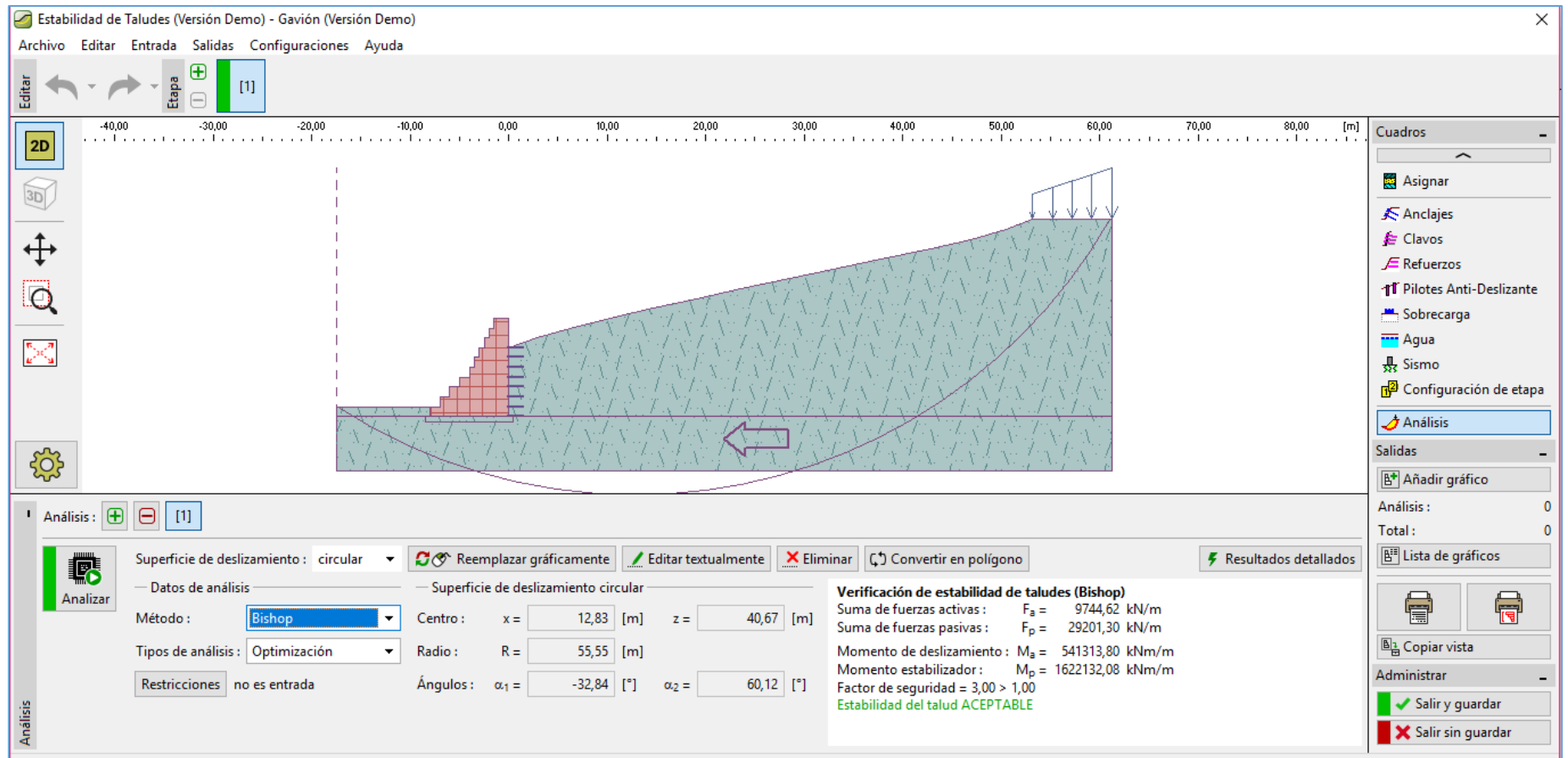


Figura 46. Análisis de estabilidad del talud mediante el método de Bishop - GEO5
Fuente: Autores

Después de haber realizado el análisis de estabilidad de taludes mediante el método de equilibrio límite de Bishop, se obtiene los siguientes resultados descritos en la figura 47, con respecto a la sumatoria de fuerzas activas, fuerzas pasivas, momentos actuantes de deslizamiento y estabilizador dando como resultado un factor de seguridad $3 > 1,05$ determinando una estabilidad de talud aceptable.

También el software GEO5 proporciona una optimización de la superficie de deslizamiento circular que se podrá apreciar en el anexo H.

Verificación de estabilidad de taludes (Bishop)
Suma de fuerzas activas : $F_a = 9744,62$ kN/m
Suma de fuerzas pasivas : $F_p = 29201,30$ kN/m
Momento de deslizamiento : $M_s = 541313,80$ kNm/m
Momento estabilizador : $M_p = 1622132,08$ kNm/m
Factor de seguridad = $3,00 > 1,00$
Estabilidad del talud **ACEPTABLE**

Optimización de la superficie de deslizamiento circular (Bishop)

Nro.	Centro		Radio	FS	Verificación
	x [m]	z [m]	R [m]		
1	-1,87	101,47	108,59	6,57	ACEPTABLE
2	-1,87	101,47	108,59	6,57	ACEPTABLE
3	26,04	27,88	37,99	3,84	ACEPTABLE
4	28,13	61,77	58,81	6,46	ACEPTABLE
5	8,43	61,14	71,27	3,17	ACEPTABLE
6	28,67	15,51	32,41	4,47	ACEPTABLE
7	12,86	40,54	55,46	3,00	ACEPTABLE
8	18,26	25,90	31,10	4,87	ACEPTABLE
9	-74,92	402,23	412,27	30,36	ACEPTABLE
10	18,84	69,17	70,23	4,93	ACEPTABLE
11	12,54	41,83	56,38	3,00	ACEPTABLE
12	27,85	17,89	33,50	10,03	ACEPTABLE
13	-31,01	172,12	178,64	35,54	ACEPTABLE
14	11,48	62,90	62,30	8,26	ACEPTABLE
15	7,43	27,16	41,37	3,40	ACEPTABLE
16	12,86	40,52	55,45	3,00	ACEPTABLE
17	27,60	19,30	33,98	9,65	ACEPTABLE
18	-72,57	392,91	402,71	30,01	ACEPTABLE
19	12,86	40,52	55,45	3,00	ACEPTABLE
20	20,86	27,38	42,63	8,29	ACEPTABLE
21	11,32	39,03	47,64	16,70	ACEPTABLE
22	10,44	66,66	73,72	15,26	ACEPTABLE
23	21,14	26,33	42,02	7,99	ACEPTABLE
24	18,26	18,28	43,06	3,45	ACEPTABLE
25	17,03	19,76	34,41	9,68	ACEPTABLE
26	4,61	61,68	67,66	21,48	ACEPTABLE
27	8,99	31,77	46,02	3,28	ACEPTABLE
28	12,33	19,20	38,90	3,48	ACEPTABLE

Figura 47. Ventana de resultados finales en la verificación de estabilidad de taludes realizada por el software GEO5.

Fuente: Autores

CAPITULO VII

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

- Los Caracteres Geotécnicos presentes en el acantilado costero del sector 2 de febrero de la parroquia Anconcito – provincia de Santa Elena, son establecidos mediante trabajo de campo y medición de los factores geológicos referentes a: litología, grado de meteorización del macizo rocoso, parámetros estructurales, resistencia de la roca, topografía del área de afectación del fenómeno de inestabilidad, y de las características geológicas y estructurales de la roca sedimentaria que aflora en el sitio de estudio de la presente tesis para posteriormente realizar de forma manual la proyección estereográfica y una vez identificado el sistema de fallamiento del talud se procederá al análisis de estabilidad.

- Mediante trabajo de campo se verificó la distribución estratigráfica del estrato que corresponde a un suelo arcilloso con lentes de arena y alto contenido de yeso; Estas arcillas son propensas a meteorizarse en colores amarillo rojizo, y se determinó que la Litología que presenta el talud en estudio corresponde a la formación seca del grupo Ancón descrito en la geología local. El material rocoso que conforma el acantilado costero se encuentra en un alto grado de meteorización categoría VI (suelo residual), y es afectado por agentes exógenos como; el intemperismo y la acción marino costera al pie del talud generando constante variación en su sistema de fracturamiento. La constante refracción de oleaje que golpea en la base de talud provoca socavamiento y vibraciones que generan inestabilidad del macizo rocoso, dejando bloques de roca propensos a deslizamiento. Observando la tonalidad oscura del agua de mar, se concluye que adquiere esta característica debido al arrastre de material fino y sedimento estableciendo que la acción erosiva en el pie del acantilado

es significativa y se mantiene constante en periodos de pleamar y bajamar.

- Las particularidades que presenta el acantilado costero del sector 2 de febrero son: Las discontinuidades que afloran en la pared lateral del acantilado divididas en tres familias principales de diaclasas con un espaciado predominante en un intervalo de (60 – 200) cm y de (20-60) cm, clasificado como espaciamiento abierto que origina bloques de gran tamaño engranados entre sí propensos a desprendimiento. Las discontinuidades presentan una persistencia que va con mayor frecuencia de 1 a 3 m y definen el modo de fallamiento del talud, con escasa presencia de agua y de superficie ondulada, mediante el martillo de Schmidt se determinó una resistencia a la compresión simple en roca de 58Mpa, posteriormente haciendo uso de la proyección estereográfica manual, se graficó los rumbos y buzamientos de las familias de discontinuidades, en donde se determinó el sistema de fallamiento semicircular que presenta la estructura del macizo rocoso.
- Una vez establecido el sistema de fallamiento semicircular que presenta el acantilado costero del sector 2 de febrero, se procede a realizar la propuesta de estabilización de talud mediante la implementación de muro de gaviones. Debido al constante asentamiento de la estructura portante se escoge una estructura flexible que se condicione al modo de consolidación del material portante. Utilizando el software **GEOS** se realiza el diseño del muro de gaviones con las siguientes dimensiones 8m en la base, 1m de alto, y un corrimiento de 1m hasta el quinto nivel y un corrimiento de 0,50m desde el nivel 5 hasta el nivel 10. Estas características se ingresan al programa de cálculo geotécnico, en base al perfil del terreno y los parámetros geomecánicos de la arenisca. Posteriormente se realizó un análisis pseudoestático, adoptando una componente sísmica $K_h=0,255$, en función del 60% de la aceleración sísmica del terreno, y el factor $z=$

0,5 tomado del mapa de zonificación sísmica del Ecuador y un factor del ampliación sísmica para el terreno $F_a = 0,85$ valores obtenidos mediante la NEC-15 y una sobrecarga en la superficie del talud. Con el método de equilibrio límite de Bishop; en el cuál se determinó que el diseño es factible ante: el vuelco, deslizamiento, excentricidad, capacidad portante. Con un coeficiente de seguridad global favorable cuyo valor es de $3 > 1,05$.

Recomendaciones

- Se recomienda realizar un corte longitudinalmente de 10m desde el pie hasta la parte interna del acantilado para evitar que la ola impacte sobre el muro y genere inestabilidad del mismo.
- Es importante considerar que las obras de contención representan un rubro elevado para minimizar costos, se recomienda utilizar la roca coquina (caliza) como material de relleno en el cajón del gavión, debido a que esta roca es abundante en la Provincia de Santa Elena, y es ampliamente utilizada en obras de contención en el medio, con propiedades geomecánicas favorables.
- Se recomienda realizar anclajes con extensión de malla de 1,5 m en el interior del talud para generar un empotramiento.

REFERENCIAS

- Alemán, M. (2015). *Estudio de impacto ambiental de deposito de pesa artesanal Petrocomercial Ancocncito- operacion y cierre*. Cardno, Quito.
- Allauca, S., & Cardin , V. (1987). *Analisis de las olas en la costa central del Ecuador*. Guayaquil: Instituto Oceanografica de la armada (INOCAR).
- Baldock, J. W. (1982). *Geología del Ecuador*. Guayaquil, Ecuador : División de investigación Geológico- Minera.
- Benítez, S. (1995). *Évolution géodynamique de la province côtière sud-équatorienne au Crétacé supérieur - Tertiaire*. Français: Géology Alpine.
- Bristow, C. R., & Hoffstetter, R. (1977). *Lexique Stratigraphique International*. Paris: Centre National de la Recherche Scientifique.
- Chávez Aguirre , J. M. (2006). *Geotecnia*. Mexico: Universidad Nacional Autónoma de México.
- Chunga Morán, K. (2010). *Diagnóstico sísmico y análisis estructural con identificación de fenómenos geológicos en el barrio "2 De Febrero" de Anconcito, Provincia de Santa Elena*. Salinas: UPSE Y CTC .
- GAD Salinas. (2014-2019). *Plan de desarrollo y ordenamiento territorial del cantón Salinas*. Salinas: Consejo cantonal de planificación de Salinas. Obtenido de http://app.sni.gob.ec/sni-link/sni/PORTAL_SNI/data_sigad_plus/sigadplusdiagnostico/DIAGNOSTICO%20PDOT%202014_13-11-2014.pdf
- Gilluly , J., Waters, A. C., & Woodford, A. O. (1958). *Principios de geologia*. Madrid: Aguilar.
- González de Vallejo, L. I., Ferrer, M., Ortuño, L., & Oteo, C. (2004). *Ingeniería Geológica*. Madrid, España: Pearson Education.

- Guillén, C. E. (2004). *Estabilidad de taludes en los departamentos de Guatemala y alta Verapaz, casos reales(tesis)*. Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala.
- Gutiérrez Elorza, M. (2008). *Geomorfología*. Madrid: Pearson Prentice hall.
- Hunt, R. E. (1984). *Geotechnical Engineering Investigation Manual*. McGraw-Hill Book Company.
- Inamhi, (. (2015). *Introduccion a la Idrogeologia del Ecuador*. Obtenido de http://www.serviciometeorologico.gob.ec/Publicaciones/Hidrologia/HIDROGEOLOGIA_2%20EDICION_2014.pdf
- Instituto Tecnológico Geominero de España. (1985-1986). *Manual de Ingeniería de Taludes*. Madrid, España: ITGE.
- Instituto Geofísico Escuela Politécnica Nacional. (2016). <http://www.igeppn.edu.ec/>. Obtenido de Obtenido de <http://www.igeppn.edu.ec/noticias/805-terremoto-del-5-de-agosto-de-1949>
- Instituto Geológico y Minero de España (IGME), e. E. (1985-1986). *Manual de Taludes*. Madrid.
- Instituto Tecnológico GeoMinero de España. (1987). *Manual de ingeniería de Taludes*. Madrid: ITGE.
- Marchant, S., & Black, C. (1960). *The Nature of Clay Pebble Beds and Associated Rocks of Southwest Ecuador*. *Journal of the Geological Society of London*. Ecuador: journal of the Geological Society of London.
- NEC. (2015). *Geotecnia y Cimentaciones*. Dirección de Comunicación Social, MIDUVI.
- NEC. (2015). *Peligro sísmico y requisitos de diseño sismo resistente*.
- Nuñez del Arco, E. (2003). *Geología del Ecuador*. Guayquil: Escuela Superior Politécnica del Litoral.

- Ordoñez, M., Jiménez, N., & Suárez, J. (2006). *Micropaléontología ecuatoriana. Datos bioestratigráficos y paleoecológicos de las cuencas: Graben de Jambelí, Progreso, Manabí, Esmeraldas y Oriente; del levantamiento de la península de Santa Elena, y de las cordilleras Chongón Colonche, costera y Occide*. Quito, Ecuador: Petroproducción y Centro de Investigaciones Geológicas de Guayaquil.
- Proaño Cadena, G. N. (2017). *Estudios de factibilidad y de ingeniería definitivos para el proyecto vial: interconexión corredor vial La Libertad-Salinas de 7.20 KM (incluye alcantarillas) en el cantón Salinas de la provincia de Santa Elena*. Santa Elena.
- Ramírez Oyanguren, P., & Alejano Monge, L. (2004). *Mecánica de Rocas: Fundamentos e Ingeniería de Taludes*. Madrid: Universidad Politécnica de Madrid.
- Ramírez Oyangüren, P., De la cuadra Irizar, L., Laín Huerta, R., & Grijalbo Obeso, E. (s.f.). *Mecánica de rocas aplicada a la minería metálica subterránea*. Madrid: Instituto Geológico y Minero de España .
- Rivera Mantilla, H. (2005). *Geología general* (Segunda ed.). Lima, Perú: Universidad Nacional Mayor de San Marcos.
- Rock Slope Engineering*. (2004). New York: Taylor and Francis Group.
- Suárez Díaz, J. (1998). *Deslizamientos y Estabilidad de Taludes en Zonas Tropicales*. Bucaramanga, Colombia: Ingeniería de Suelos Ltda. Obtenido de <http://www.erosion.com.co/deslizamientos-y-estabilidad-de-taludes-en-zonas-tropicales.html>
- Suárez Díaz, J. (2009). *Deslizamientos: Análisis Geotécnico* (Vol. I). Bogotá, Colombia: Universidad Industrial de Santander UIS. Obtenido de <http://www.erosion.com.co/presentaciones/category/45-tomo-i.html?download=440:librodeslizamientosti-cap1>
- Vera San Martín, L. (2000). *Análisis de los procesos costeros en la Libertad*. Guayaquil: Instituto Oceanográfico de la Armada.

Vera, C. (24 de Abril de 2019). Ingeniero Carlos Vera. *Fallas de la península de Santa Elena.*(Estado de Facebook). Obtenido de https://m.facebook.com/story.php?story_fbid=2148394998584338&id=100002415759127

Wicander, R., & Monroe, J. S. (2000). *Fundamentos de Geología* (Segunda ed., Vol. II). (M. Á. Toledo, Ed., & S. International Thomson Editores, Trad.) Mexico: Thomson editores, S.A. de C.V.

Wyllie, D. C., & Mah, C. W. (2004). *Rock Slope Engineering*. New York: Taylor and Francis Group.

ANEXOS

Anexo A. Reconocimiento del sitio sector 2 de febrero ubicado en la Parroquia Anconcito



Foto 1. Desprendimientos de bloques en el talud.



Foto 2. Escarpe de deslizamiento.

Anexo B. Observación del afloramiento en el macizo rocoso



Foto 3 y 4. Afloramiento del escarpe principal



Foto 5. Tutor y tesistas en el afloramiento del talud.



Foto 6 .Afloramiento del escarpe secundario

Anexo C. Reconocimiento de afectaciones en el macizo rocoso y daños en estructuras producidos por el deslizamiento.



Foto 7. Escombros de una vivienda totalmente destruida.



Foto 8. Macizo altamente meteorizado, clasificación VI.



Foto 9. En el macizo estudiado se observan suelos expansivos.

Anexo D. Toma de datos de caracterización geológica-geotécnica



Foto 10. Reconocimiento de la roca.



Foto 11. Fragmento de la roca



Foto 12. Medición de rumbo y buzamiento de las discontinuidades.



Foto 13. Medición con cinta el ancho de las familias de discontinuidades.

Anexo E. Matriz de caracteres geomecánicos del macizo rocoso, que conforma el acantilado costero del 2 de febrero ubicado en la parroquia Anconcito – provincia de Santa Elena.

Punto de observación	Orientación		Continuidad					Espaciado						Superficie					Relleno						Espesor			Meteorización de la roca	Circulación de agua					Resistencia de la roca		
	Rumbo	Buzamiento	Según rumbo																																	
			Según buzamiento																																	
			<1m	1-3m	3-10m	10-20m	>20m	<2cm	2-6cm	6-20cm	20-60cm	60cm-2m	2-6m	>6m	suave	ondulado	Lig. Rugoso	Rugoso	Muy rugoso	Blando > 5mm	blando < 5mm	Duro > 5mm	Duro < 5mm	Ninguno	Nada	< 0,1 mm	(0,1 -1,0)mm	(1-5)mm	> 5 mm		Seco	Lig. Humedo	humedo	Goteando	Fluyendo	
1	N 62° E	12° SO	1	3	1	1	1		1	1	3	3	2		1	3	2		1	3			2	1	3		1	1	VI	5	2					58 Mpa
2	N 30° O	75° N	2	3	3							3	1		2		3		2	3		1		3	4		1		VI	3						58 Mpa
3	S 55° E	55° SE		2		1					2		2		1	1	3		1	2	2		2		2	3			VI	6	2					58 Mpa



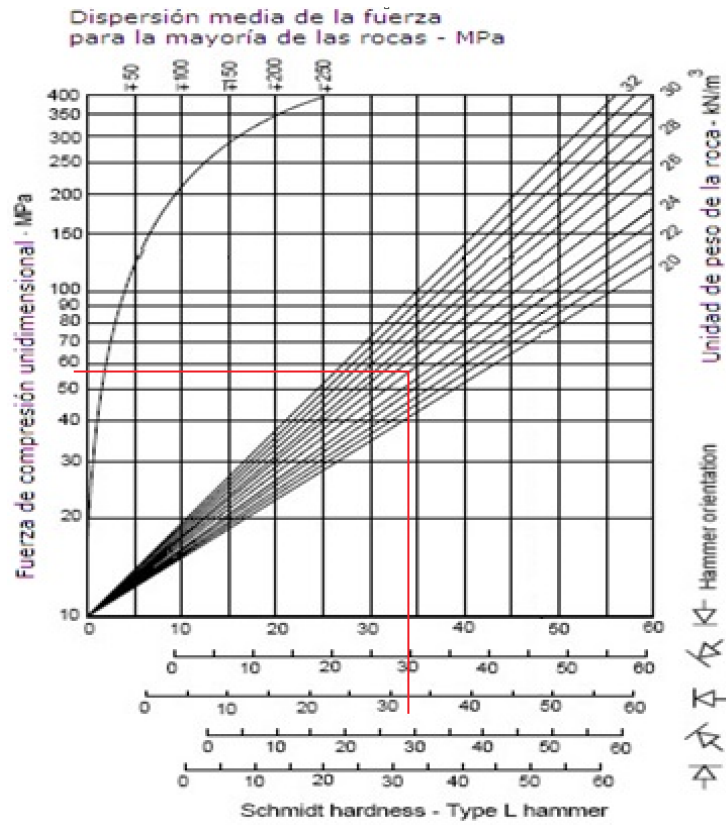
Foto 13. Medición de la resistencia de la roca con el equipo de la veleta – no funciona el ensayo.



Foto 14. Medición de la resistencia de la roca con el penetrómetro – no funcionó el ensayo.



Foto 15. Medición de la resistencia de la roca con el esclerómetro.



Abaco que determina la resistencia de la roca por medio del ensayo de rebote con el martillo de Schmidth.



Foto 16. Reconocimiento del material depositado en el deslizamiento.



Foto 17. Refracción de olas que golpean al pie del talud.

Anexo F. Secuelas de efecto sísmicos.

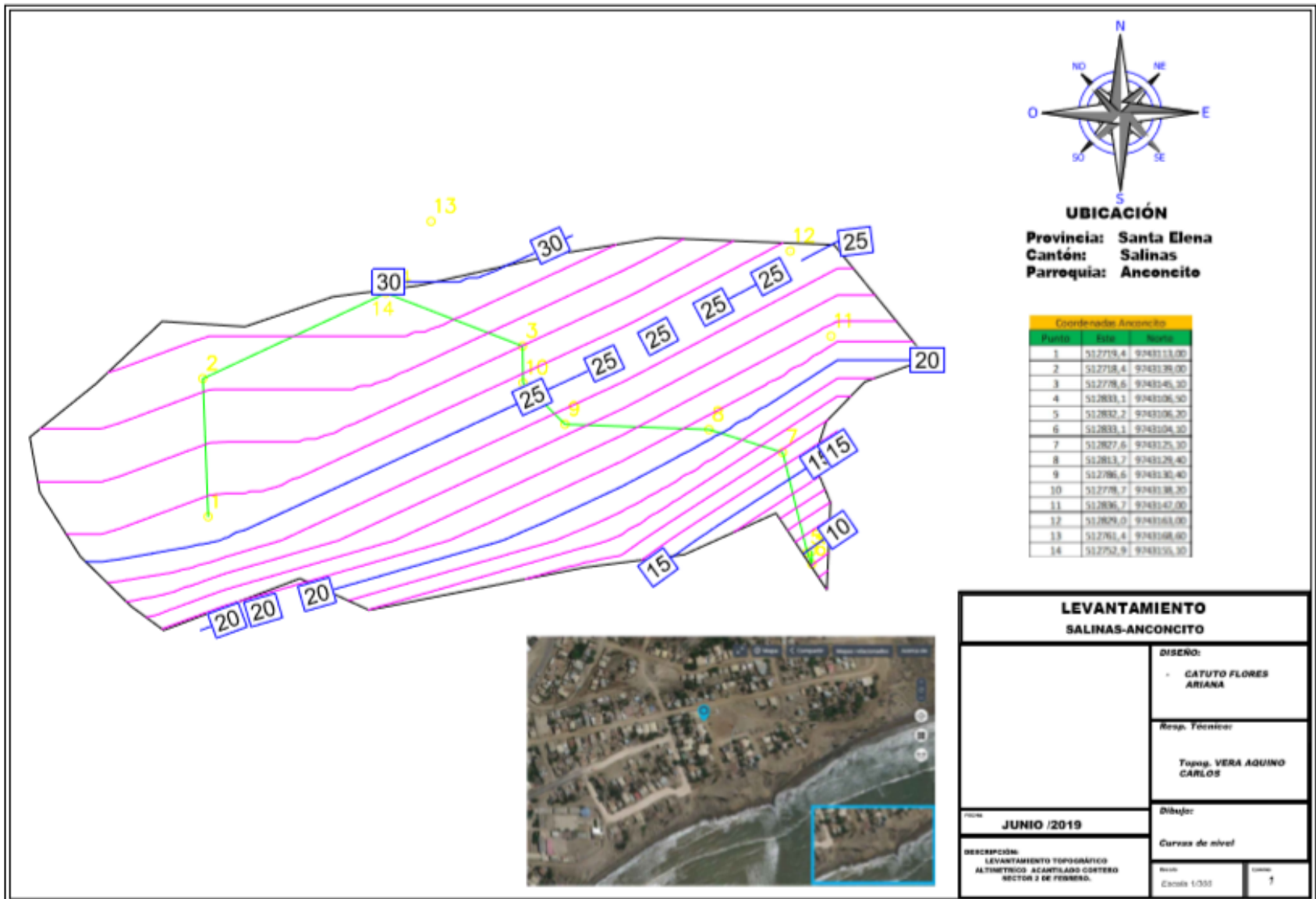
Fotos del sector los Caracoles – Parroquia Anconcito.



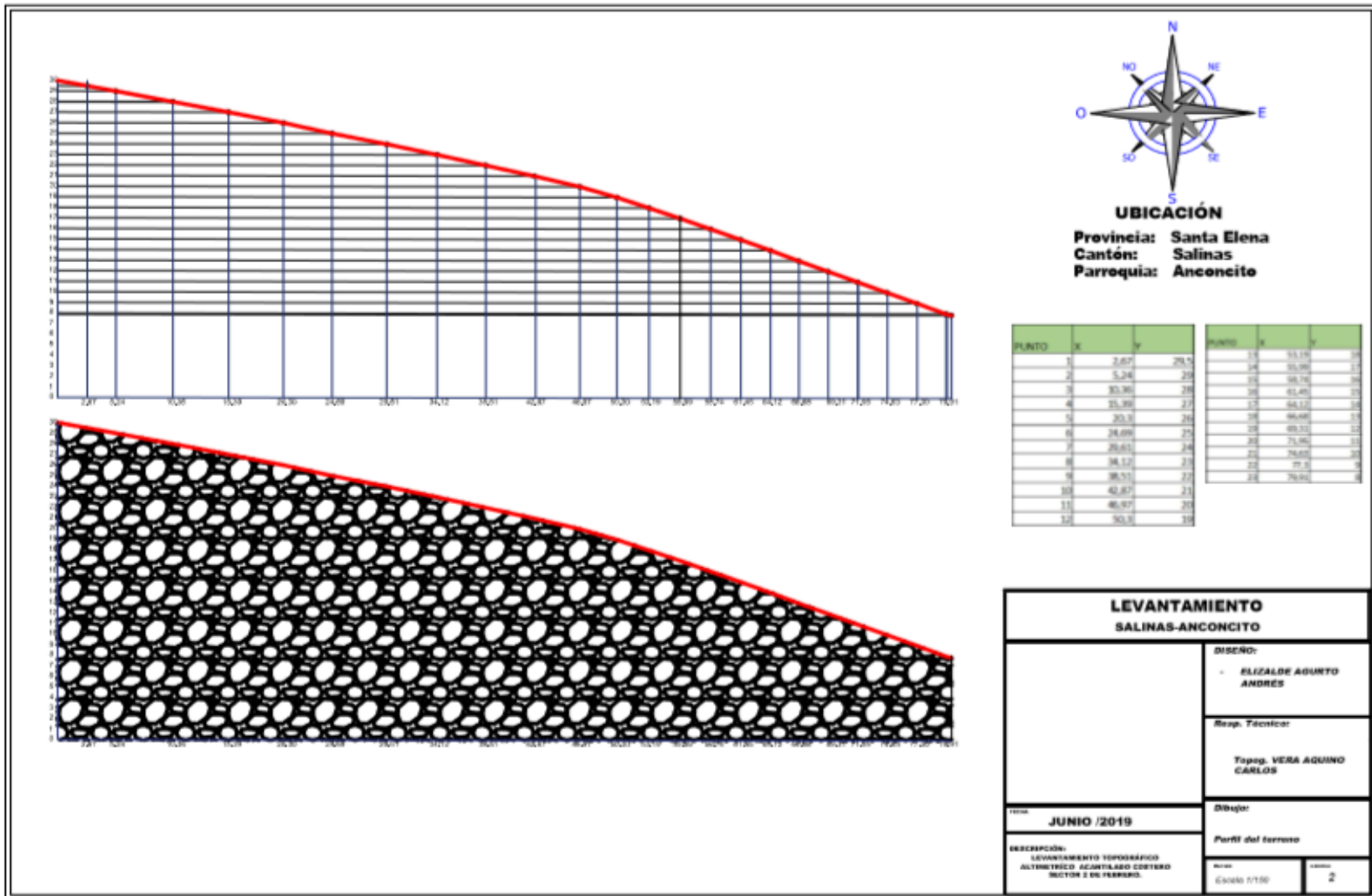
Anexo G. Topografía realizada en el sector 2 de Febrero.



Anexo H. Plano topográfico, curvas de nivel.



Plano de perfil, acantilado costero sector 2 de febrero.



Coordenadas de las curvas de nivel referentes al área de deslizamiento en el sector 2 de febrero.

Coordenadas Anconcito		
Punto	Este	Norte
1	512719,4	9743113,00
2	512718,4	9743139,00
3	512778,6	9743145,10
4	512833,1	9743106,50
5	512832,2	9743106,20
6	512833,1	9743104,10
7	512827,6	9743125,10
8	512813,7	9743129,40
9	512786,6	9743130,40
10	512778,7	9743138,20
11	512836,7	9743147,00
12	512829,0	9743163,00
13	512761,4	9743168,60
14	512752,9	9743155,10

Coordenadas referentes al perfil del acantilado costero desplazado en el sector 2 de febrero.

PUNTO	X	Y
1	2,67	29,5
2	5,24	29
3	10,36	28
4	15,39	27
5	20,3	26
6	24,69	25
7	29,61	24
8	34,12	23
9	38,51	22
10	42,87	21
11	46,97	20
12	50,3	19
13	53,19	18
14	55,99	17
15	58,74	16
16	61,45	15
17	64,12	14
18	66,68	13
19	69,31	12
20	71,95	11
21	74,63	10
22	77,3	9
23	79,91	8

Anexo I. Resultados obtenidos en el diseño de muros de gaviones en GEO5

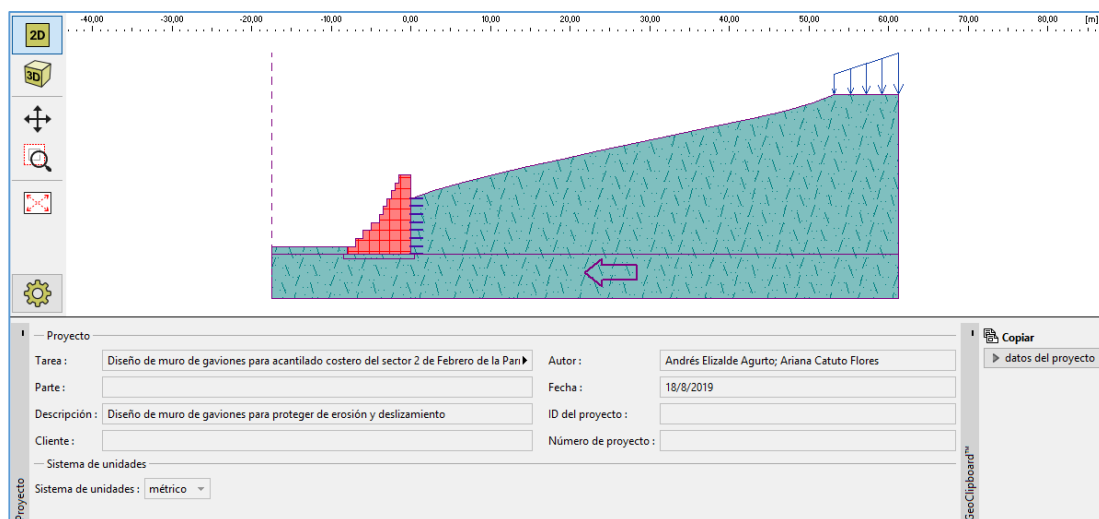


Figura 1. Datos generales sobre el proyecto en GEO5

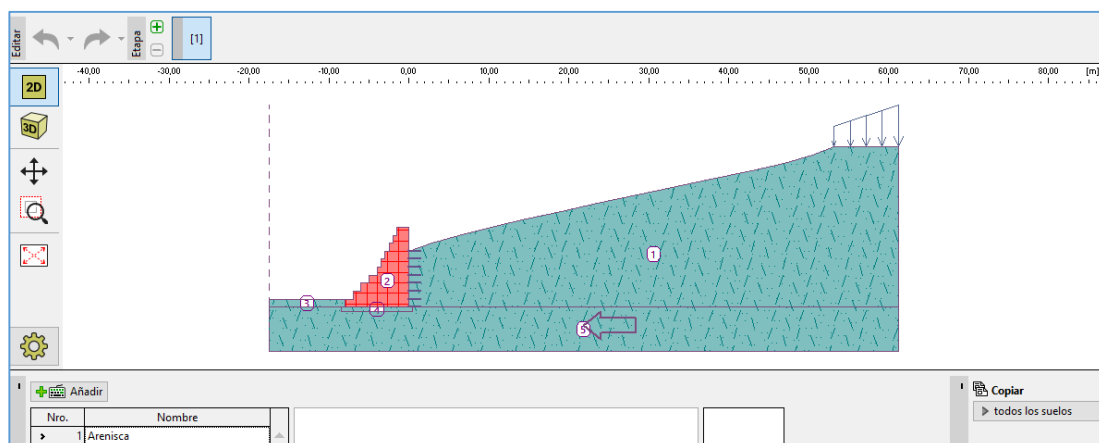


Figura 2. Asignación de características del suelo.

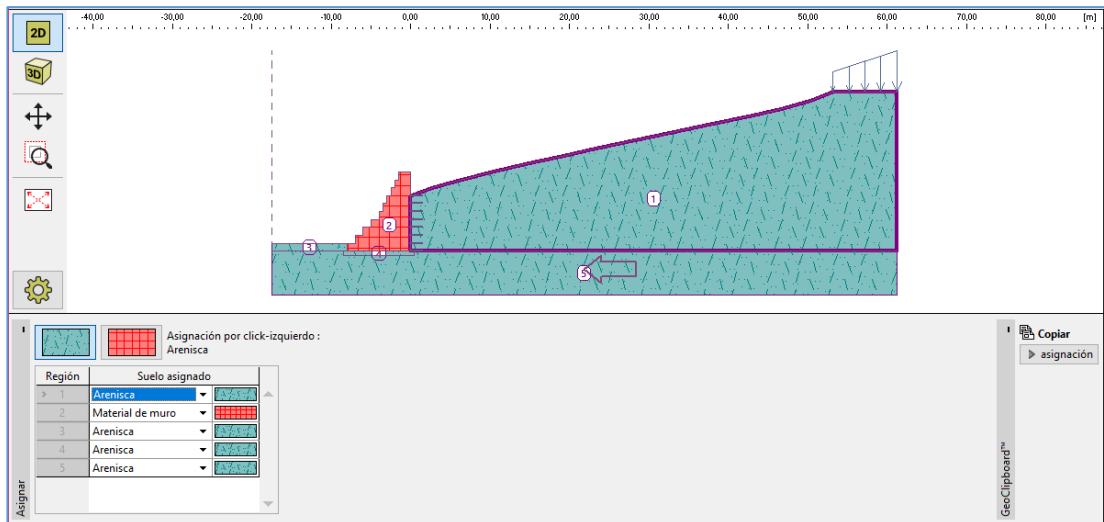


Figura 3. Asignación de los materiales que ejercen presiones sobre la pared del muro de gaviones

Verif. de Cap. portante

Carga de diseño actuando en el centro del fondo de la zapata

Nro.	Momento [kNm/m]	Fuerza Normal [kN/m]	Resistencia al corte [kN/m]	Excentricidad [-]	Tensión [kPa]
1	1172,04	1004,27	574,18	0,146	177,25
2	1172,04	1004,27	574,18	0,146	177,25

Carga de servicio actuando en el centro del fondo de la zapata

Nro.	Momento [kNm/m]	Fuerza Normal [kN/m]	Resistencia al corte [kN/m]
1	1172,04	1004,27	574,18
2	1172,04	1004,27	574,18

Verificación de la capacidad portante del terreno de cimentación
Tensión en el fondo de la zapata : Rectángulo

Verificación de excentricidad
Máx. excentricidad de fuerza normal $e = 0,146$
Máxima excentricidad permitida $e_{alw} = 0,333$
Excentricidad de la fuerza normal **ES SATISFACTORIA**

Verificación de la capacidad portante del fondo de la zapata
Max. tensión en el fondo de la zapata $\sigma = 177,25$ kPa
Capacidad portante del terreno de cimentación $R_d = 1961,33$ kPa
Factor de seguridad = $11,07 > 1,50$
Capacidad portante del terreno de cimentación **ES SATISFACTORIA**

Estabilidad global - Cap. portante del terreno de cimentación **ES SATISFACTORIA**

X Cerrar

Figura 4. Verificación de la capacidad portante del terreno determinada en GEO5

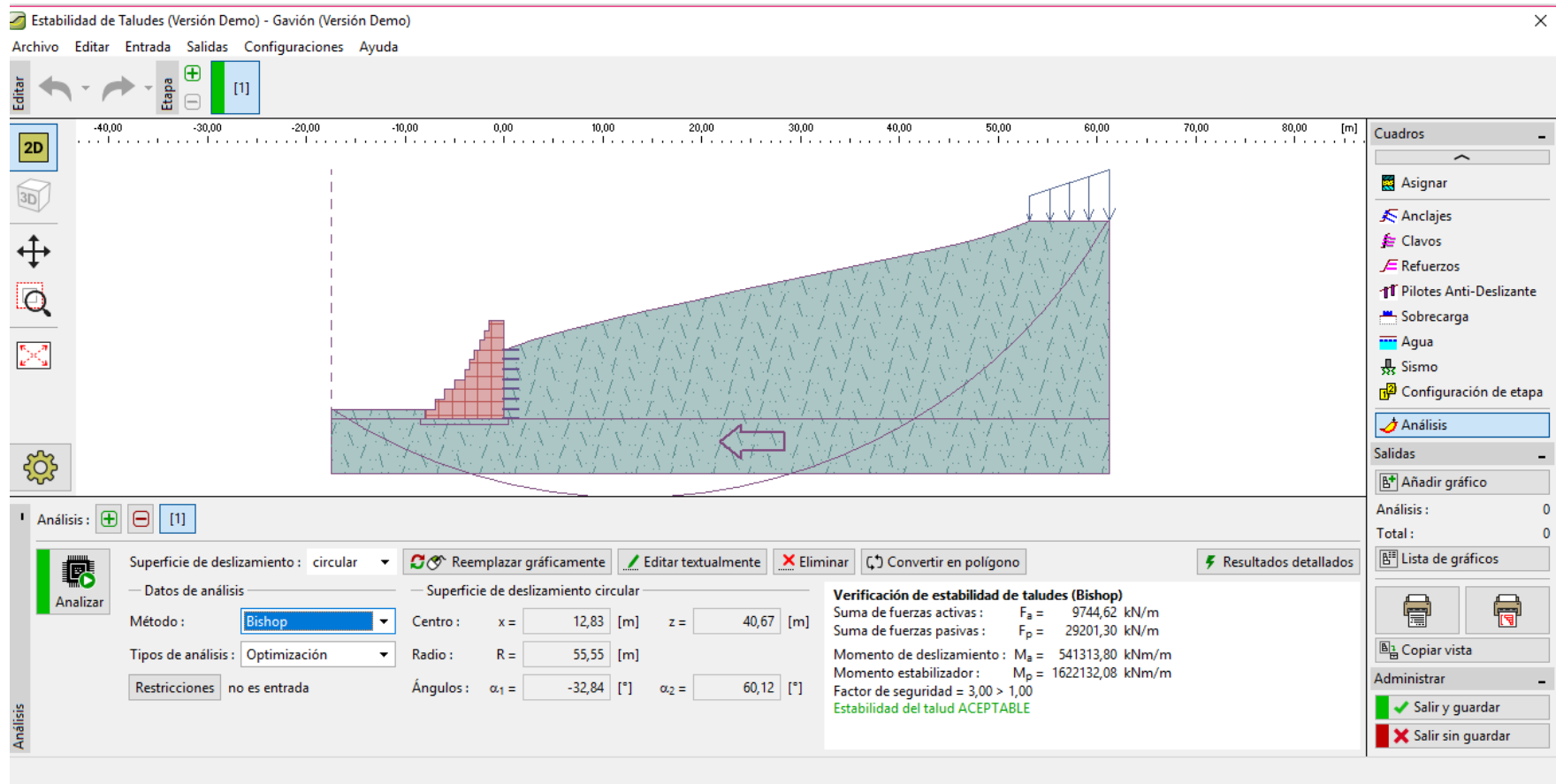


Figura 5. Análisis de estabilidad global del talud mediante el método de Bishop.

Tabla 1. El Software GEO5, proporciona datos referentes a verificación de fuerzas actuantes sobre la estabilización de talud aplicando la metodología de análisis de estabilidad de Bishop.

Verificación de estabilidad de taludes (Bishop)			
Suma de fuerzas activas :	Fa =	9744,62	kN/m
Suma de fuerzas pasivas :	Fp =	29201,30	kN/m
Momento de deslizamiento :	Ma =	541313,80	kNm/m
Momento estabilizador :	Mp =	1622132,08	kNm/m
Factor de seguridad = $3 > 1,00$			
Estabilidad del talud ACEPTABLE			

Tabla 2. Optimización de la superficie de deslizamiento circular, mediante análisis de estabilidad global en base a la metodología de (Bishop).

Nro.	Centro		Radio	FS	Verificación
	x [m]	z [m]			
1	-1,87	101,47	108,59	6,57	ACEPTABLE
2	-1,87	101,47	108,59	6,57	ACEPTABLE
3	26,04	27,88	37,99	3,84	ACEPTABLE
4	28,13	61,77	58,81	6,46	ACEPTABLE
5	8,43	61,14	71,27	3,17	ACEPTABLE
6	28,67	15,51	32,41	4,47	ACEPTABLE
7	12,86	40,54	55,46	3	ACEPTABLE
8	18,26	25,9	31,1	4,87	ACEPTABLE
9	-74,92	402,23	412,27	30,36	ACEPTABLE
10	18,84	69,17	70,23	4,93	ACEPTABLE

11	12,54	41,83	56,38	3	ACCEPTABLE
12	27,85	17,89	33,5	10,03	ACCEPTABLE
13	-31,01	172,12	178,64	35,54	ACCEPTABLE
14	11,48	62,9	62,3	8,26	ACCEPTABLE
15	7,43	27,16	41,37	3,4	ACCEPTABLE
16	12,86	40,52	55,45	3	ACCEPTABLE
17	27,6	19,3	33,98	9,65	ACCEPTABLE
18	-72,57	392,91	402,71	30,01	ACCEPTABLE
19	12,86	40,52	55,45	3	ACCEPTABLE
20	20,86	27,38	42,63	8,29	ACCEPTABLE
21	11,32	39,03	47,64	16,7	ACCEPTABLE
22	10,44	66,66	73,72	15,26	ACCEPTABLE
23	21,14	26,33	42,02	7,99	ACCEPTABLE
24	18,26	18,28	43,06	3,45	ACCEPTABLE
25	17,03	19,76	34,41	9,68	ACCEPTABLE
26	4,61	61,68	67,66	21,48	ACCEPTABLE
27	8,99	31,77	46,02	3,28	ACCEPTABLE
28	12,33	19,2	38,9	3,48	ACCEPTABLE
29	18,46	14,93	32,23	9,33	ACCEPTABLE
30	16,96	20	34,54	9,63	ACCEPTABLE
31	12,86	40,52	55,45	3	ACCEPTABLE
32	20,16	30,01	44,23	8,1	ACCEPTABLE

33	-119,7	586,75	601,53	30,2	ACCEPTABLE
34	12,86	40,52	55,45	3	ACCEPTABLE
35	16,92	35,05	49,28	3,1	ACCEPTABLE
36	10,73	41,17	51,67	3,92	ACCEPTABLE
37	11,21	56,49	66,1	4,26	ACCEPTABLE
38	21,15	19,16	40,31	3,54	ACCEPTABLE
39	17,9	31,37	46,84	3,14	ACCEPTABLE
40	14,62	27,98	42,17	3,34	ACCEPTABLE
41	7,94	50,64	59,52	5,82	ACCEPTABLE
42	14,5	18,03	39,86	3,51	ACCEPTABLE
43	18,74	14,03	35,32	3,95	ACCEPTABLE
44	16,13	22,88	39,18	3,45	ACCEPTABLE
45	14,5	18,03	39,86	3,51	ACCEPTABLE
46	15,06	26,5	41,25	3,36	ACCEPTABLE
47	12,86	40,52	55,45	3	ACCEPTABLE
48	17,08	34,45	48,87	3,11	ACCEPTABLE
49	12,86	40,52	55,45	3	ACCEPTABLE
50	15,36	37,64	51,86	3,05	ACCEPTABLE
51	11,38	41,53	53,27	3,19	ACCEPTABLE
52	12,15	50,06	61,31	3,08	ACCEPTABLE
53	18,57	25,19	44,14	3,23	ACCEPTABLE
54	16,2	34,35	49,61	3,07	ACCEPTABLE

55	13,91	32,35	46,66	3,19	ACCEPTABLE
56	7,52	50,08	61,32	3,23	ACCEPTABLE
57	10,13	46,08	56,85	3,23	ACCEPTABLE
58	17,02	21,03	40,15	3,43	ACCEPTABLE
59	14,97	28,47	44,18	3,23	ACCEPTABLE
60	14,31	30,88	45,69	3,2	ACCEPTABLE
61	12,86	40,52	55,45	3	ACCEPTABLE
62	15,65	36,51	51,08	3,06	ACCEPTABLE
63	-273,69	1221,31	1253,8	36,93	ACCEPTABLE
64	12,86	40,52	55,45	3	ACCEPTABLE
65	14,44	38,91	53,27	3,03	ACCEPTABLE
66	11,86	41,4	54,1	3,12	ACCEPTABLE
67	12,53	46,5	58,91	3,05	ACCEPTABLE
68	12,53	41,88	56,42	3	ACCEPTABLE
69	16,76	29,73	47,29	3,11	ACCEPTABLE
70	15,08	36,38	51,52	3,04	ACCEPTABLE
71	13,51	35,15	49,62	3,11	ACCEPTABLE
72	9,44	46,51	58,92	3,12	ACCEPTABLE
73	11,22	43,84	55,95	3,13	ACCEPTABLE
74	13,92	28,77	46,73	3,13	ACCEPTABLE
75	15,77	26,57	44,27	3,21	ACCEPTABLE
76	14,24	32,36	47,76	3,13	ACCEPTABLE

77	13,92	28,77	46,73	3,13	ACCEPTABLE
78	13,82	33,96	48,82	3,11	ACCEPTABLE
79	12,86	40,52	55,45	3	ACCEPTABLE
80	14,71	37,86	52,54	3,03	ACCEPTABLE
81	12,86	40,52	55,45	3	ACCEPTABLE
82	13,88	39,58	54,09	3,01	ACCEPTABLE
83	12,19	41,19	54,58	3,07	ACCEPTABLE
84	11,14	47,61	60,69	3,02	ACCEPTABLE
85	12,69	44,36	57,58	3,03	ACCEPTABLE
86	15,51	33,05	49,7	3,05	ACCEPTABLE
87	13,14	39,39	54,65	3	ACCEPTABLE
88	14,34	37,75	52,81	3,02	ACCEPTABLE
89	14,27	34,7	51,51	3,02	ACCEPTABLE
90	13,27	36,98	51,58	3,07	ACCEPTABLE
91	10,63	44,37	57,59	3,07	ACCEPTABLE
92	11,83	42,6	55,63	3,08	ACCEPTABLE
93	13,64	32,3	49,23	3,07	ACCEPTABLE
94	14,87	30,74	47,5	3,11	ACCEPTABLE
95	13,77	35,03	50,25	3,08	ACCEPTABLE
96	13,64	32,3	49,23	3,07	ACCEPTABLE
97	13,5	36,1	50,97	3,07	ACCEPTABLE
98	12,86	40,52	55,45	3	ACCEPTABLE

99	14,09	38,76	53,51	3,02	ACCEPTABLE
100	12,86	40,52	55,45	3	ACCEPTABLE
101	13,53	39,95	54,58	3,01	ACCEPTABLE
102	12,42	41	54,89	3,04	ACCEPTABLE
103	12,77	43,02	56,8	3,01	ACCEPTABLE
104	14,65	35,41	51,47	3,03	ACCEPTABLE
105	13,84	38,67	53,68	3,01	ACCEPTABLE
106	13,13	38,17	52,87	3,04	ACCEPTABLE
107	12,2	41,85	55,51	3,05	ACCEPTABLE
108	13,42	34,85	51,11	3,04	ACCEPTABLE
109	14,24	33,77	49,92	3,06	ACCEPTABLE
110	13,46	36,85	51,96	3,05	ACCEPTABLE
111	13,42	34,85	51,11	3,04	ACCEPTABLE
112	13,28	37,55	52,44	3,04	ACCEPTABLE
113	12,86	40,52	55,45	3	ACCEPTABLE
114	13,67	39,35	54,16	3,01	ACCEPTABLE
115	-712,95	3031,36	3116	39,88	ACCEPTABLE
116	12,86	40,52	55,45	3	ACCEPTABLE
117	13,3	40,17	54,89	3,01	ACCEPTABLE
118	12,57	40,86	55,08	3,03	ACCEPTABLE
119	12,81	42,16	56,32	3,01	ACCEPTABLE
120	14,06	37,05	52,73	3,01	ACCEPTABLE

121	13,51	39,29	54,27	3,01	ACCEPTABLE
122	13,04	38,97	53,74	3,03	ACCEPTABLE
123	12,43	41,39	55,47	3,03	ACCEPTABLE
124	13,79	35,92	51,65	3,03	ACCEPTABLE
125	12,72	38,8	53,93	3,02	ACCEPTABLE
126	13,26	38,07	53,11	3,03	ACCEPTABLE
127	13,14	38,54	53,44	3,03	ACCEPTABLE
128	12,86	40,52	55,45	3	ACCEPTABLE
129	13,4	39,74	54,59	3,01	ACCEPTABLE
130	12,86	40,52	55,45	3	ACCEPTABLE
131	13,15	40,3	55,08	3	ACCEPTABLE
132	12,66	40,76	55,21	3,02	ACCEPTABLE
133	12,83	41,61	56,02	3	ACCEPTABLE
134	13,67	38,18	53,6	3	ACCEPTABLE
135	13,3	39,7	54,66	3	ACCEPTABLE
136	12,98	39,49	54,31	3,02	ACCEPTABLE
137	12,22	41,62	56,03	3,01	ACCEPTABLE
138	12,58	41,1	55,45	3,02	ACCEPTABLE
139	13,49	37,41	52,87	3,02	ACCEPTABLE
140	13,13	38,89	53,89	3,02	ACCEPTABLE
141	13,05	39,2	54,11	3,02	ACCEPTABLE
142	12,86	40,52	55,45	3	ACCEPTABLE

143	13,22	40,01	54,88	3	ACCEPTABLE
144	12,86	40,52	55,45	3	ACCEPTABLE
145	13,05	40,38	55,21	3	ACCEPTABLE
146	12,73	40,69	55,29	3,01	ACCEPTABLE
147	12,55	41,81	56,36	3	ACCEPTABLE
148	12,81	40,73	55,59	3	ACCEPTABLE
149	13,4	38,95	54,21	3	ACCEPTABLE
150	13,16	39,29	54,58	3	ACCEPTABLE
151	12,7	40,19	55,07	3,01	ACCEPTABLE
152	13,04	39,44	54,41	3,01	ACCEPTABLE
153	12,86	40,52	55,45	3	ACCEPTABLE
154	12,86	40,52	55,45	3	ACCEPTABLE
155	12,99	40,43	55,29	3	ACCEPTABLE
156	12,77	40,64	55,35	3,01	ACCEPTABLE
157	12,85	41	55,7	3	ACCEPTABLE
158	12,83	40,66	55,54	3	ACCEPTABLE
159	13,22	39,47	54,61	3	ACCEPTABLE
160	12,74	40,78	55,45	3,01	ACCEPTABLE
161	12,75	40,31	55,2	3	ACCEPTABLE
162	13,14	39,12	54,28	3,01	ACCEPTABLE
163	12,86	40,52	55,45	3	ACCEPTABLE
164	13,02	40,3	55,19	3	ACCEPTABLE

165	12,86	40,52	55,45	3	ACCEPTABLE
166	12,94	40,46	55,34	3	ACCEPTABLE
167	12,8	40,61	55,39	3	ACCEPTABLE
168	12,85	40,84	55,61	3	ACCEPTABLE
169	12,84	40,62	55,51	3	ACCEPTABLE
170	12,92	40,56	55,4	3	ACCEPTABLE
171	12,78	40,69	55,44	3	ACCEPTABLE
172	12,83	40,94	55,67	3	ACCEPTABLE
173	12,81	40,72	55,58	3	ACCEPTABLE
174	12,86	40,53	55,45	3	ACCEPTABLE
175	12,97	40,37	55,27	3	ACCEPTABLE
176	12,87	40,31	55,17	3	ACCEPTABLE
177	12,76	40,78	55,5	3	ACCEPTABLE
178	12,76	40,47	55,35	3	ACCEPTABLE
179	12,78	40,38	55,28	3	ACCEPTABLE
180	12,9	40,22	55,11	3	ACCEPTABLE
181	12,84	40,63	55,52	3	ACCEPTABLE
182	12,95	40,46	55,34	3	ACCEPTABLE
183	12,84	40,62	55,51	3	ACCEPTABLE
184	12,9	40,58	55,44	3	ACCEPTABLE
185	12,8	40,66	55,46	3	ACCEPTABLE
186	12,84	40,83	55,62	3	ACCEPTABLE

187	12,82	40,69	55,56	3	ACCEPTABLE
188	12,85	40,56	55,47	3	ACCEPTABLE
189	12,93	40,45	55,35	3	ACCEPTABLE
190	12,86	40,41	55,28	3	ACCEPTABLE
191	12,79	40,73	55,51	3	ACCEPTABLE
192	12,79	40,52	55,4	3	ACCEPTABLE
193	12,82	40,4	55,32	3	ACCEPTABLE
194	12,8	40,46	55,36	3	ACCEPTABLE
195	12,88	40,35	55,24	3	ACCEPTABLE
196	12,84	40,63	55,52	3	ACCEPTABLE
197	12,91	40,52	55,4	3	ACCEPTABLE
198	12,84	40,62	55,51	3	ACCEPTABLE
199	12,88	40,59	55,46	3	ACCEPTABLE
200	12,81	40,65	55,48	3	ACCEPTABLE
201	12,84	40,76	55,58	3	ACCEPTABLE
202	12,83	40,67	55,55	3	ACCEPTABLE
203	12,87	40,63	55,49	3	ACCEPTABLE
204	12,8	40,7	55,52	3	ACCEPTABLE
205	12,82	40,8	55,61	3	ACCEPTABLE
206	12,82	40,7	55,57	3	ACCEPTABLE
207	12,84	40,62	55,51	3	ACCEPTABLE
208	12,89	40,55	55,43	3	ACCEPTABLE

209	12,84	40,53	55,4	3	ACCEPTABLE
210	12,79	40,74	55,55	3	ACCEPTABLE
211	12,8	40,6	55,48	3	ACCEPTABLE
212	12,82	40,52	55,42	3	ACCEPTABLE
213	12,86	40,45	55,34	3	ACCEPTABLE
214	12,81	40,56	55,45	3	ACCEPTABLE
215	12,85	40,49	55,37	3	ACCEPTABLE
216	12,83	40,66	55,54	3	ACCEPTABLE
217	12,88	40,59	55,46	3	ACCEPTABLE
218	12,83	40,66	55,54	3	ACCEPTABLE
219	12,85	40,64	55,51	3	ACCEPTABLE
220	12,81	40,69	55,53	3	ACCEPTABLE
221	12,83	40,75	55,59	3	ACCEPTABLE
222	12,82	40,69	55,56	3	ACCEPTABLE
223	12,9	40,45	55,37	3	ACCEPTABLE
224	12,83	40,63	55,52	3	ACCEPTABLE
225	12,87	40,59	55,47	3	ACCEPTABLE
226	12,87	40,49	55,42	3	ACCEPTABLE
227	12,84	40,58	55,45	3	ACCEPTABLE
228	12,81	40,72	55,55	3	ACCEPTABLE
229	12,81	40,63	55,5	3	ACCEPTABLE
230	12,86	40,43	55,36	3	ACCEPTABLE

231	12,89	40,39	55,31	3	ACCEPTABLE
232	12,82	40,57	55,46	3	ACCEPTABLE
233	12,85	40,52	55,41	3	ACCEPTABLE
234	12,85	40,43	55,36	3	ACCEPTABLE
235	12,81	40,6	55,48	3	ACCEPTABLE
236	12,85	40,55	55,43	3	ACCEPTABLE
237	12,83	40,66	55,54	3	ACCEPTABLE
238	12,86	40,61	55,49	3	ACCEPTABLE
239	18,23	26,03	31,19	4,87	ACCEPTABLE
240	10,53	53,41	64,65	3,09	ACCEPTABLE
241	6,93	64,95	74,97	3,21	ACCEPTABLE
242	27,31	23,32	35,23	3,98	ACCEPTABLE
243	18,68	16,56	42,46	3,55	ACCEPTABLE
244	3,3	42,71	52,89	3,57	ACCEPTABLE
245	20,86	14,7	24,82	5,08	ACCEPTABLE
246	26,52	27,02	37,21	3,88	ACCEPTABLE
247	-72,82	393,58	403,42	30	ACCEPTABLE
248	10,53	53,4	64,64	3,09	ACCEPTABLE
249	20,97	34,75	45,55	11,94	ACCEPTABLE
250	9,47	54,19	58,88	17,65	ACCEPTABLE
251	-36,22	242,75	249,47	23,63	ACCEPTABLE
252	5,54	97,91	101,41	15,87	ACCEPTABLE

253	25,9	14,54	35,12	11,82	ACCEPTABLE
254	12,15	43,43	57,54	3	ACCEPTABLE
255	20,11	30,19	44,34	8,61	ACCEPTABLE
256	10,13	43,04	50,96	18,91	ACCEPTABLE
257	8,41	74,32	80,78	15,86	ACCEPTABLE
258	20,63	28,26	43,15	8,22	ACCEPTABLE
259	17,92	19,68	43,59	3,38	ACCEPTABLE
260	16,38	21,95	35,59	9,99	ACCEPTABLE
261	-4,83	83,84	90,7	23,91	ACCEPTABLE
262	1,89	70,86	76,36	22,86	ACCEPTABLE
263	11,94	20,64	39,56	3,43	ACCEPTABLE
264	18,08	16,21	32,74	9,72	ACCEPTABLE
265	16,42	21,8	35,5	10,01	ACCEPTABLE
266	12,15	43,43	57,54	3	ACCEPTABLE
267	19,51	32,48	45,83	8,49	ACCEPTABLE
268	-110,88	538,77	553,15	32,05	ACCEPTABLE
269	12,15	43,43	57,54	3	ACCEPTABLE
270	16,09	38,18	51,48	3,08	ACCEPTABLE
271	9,66	44,78	54,58	4,56	ACCEPTABLE
272	9,8	61,78	70,71	5,43	ACCEPTABLE
273	11,46	46,29	59,68	3,01	ACCEPTABLE
274	20,73	20,73	40,99	3,46	ACCEPTABLE

275	17,29	33,66	48,34	3,11	ACCEPTABLE
276	16,44	25,79	46,35	3,16	ACCEPTABLE
277	13,87	30,51	43,81	3,31	ACCEPTABLE
278	6,38	55,87	64,09	7,88	ACCEPTABLE
279	18,35	15,34	35,76	3,84	ACCEPTABLE
280	15,61	24,62	40,14	3,4	ACCEPTABLE
281	10,33	33,65	48,33	3,19	ACCEPTABLE
282	14,42	28,65	42,59	3,33	ACCEPTABLE
283	12,15	43,43	57,54	3	ACCEPTABLE
284	16,35	37,18	50,77	3,09	ACCEPTABLE
285	12,15	43,43	57,54	3	ACCEPTABLE
286	14,56	40,73	54,08	3,05	ACCEPTABLE
287	10,44	44,9	55,9	3,22	ACCEPTABLE
288	11,07	54,24	64,75	3,12	ACCEPTABLE
289	18,08	27,07	45,16	3,18	ACCEPTABLE
290	15,56	36,84	51,3	3,05	ACCEPTABLE
291	13,17	35,01	48,47	3,18	ACCEPTABLE
292	9	50,14	60,18	3,28	ACCEPTABLE
293	16,56	22,67	40,94	3,37	ACCEPTABLE
294	14,39	30,55	45,48	3,2	ACCEPTABLE
295	13,65	33,25	47,26	3,18	ACCEPTABLE
296	12,15	43,43	57,54	3	ACCEPTABLE

297	14,93	39,3	53,04	3,05	ACCEPTABLE
298	-274,45	1224,44	1257,02	36,94	ACCEPTABLE
299	12,15	43,43	57,54	3	ACCEPTABLE
300	13,68	41,94	55,47	3,03	ACCEPTABLE
301	11,01	44,6	56,54	3,14	ACCEPTABLE
302	11,6	50,15	61,8	3,07	ACCEPTABLE
303	16,22	31,88	48,59	3,08	ACCEPTABLE
304	14,42	39	53,34	3,03	ACCEPTABLE
305	12,78	37,89	51,52	3,11	ACCEPTABLE
306	10,27	47,4	58,74	3,16	ACCEPTABLE
307	13,4	30,78	47,91	3,11	ACCEPTABLE
308	15,25	28,52	45,38	3,17	ACCEPTABLE
309	13,62	34,7	49,31	3,11	ACCEPTABLE
310	13,4	30,78	47,91	3,11	ACCEPTABLE
311	13,14	36,5	50,55	3,11	ACCEPTABLE
312	12,15	43,43	57,54	3	ACCEPTABLE
313	13,99	40,7	54,55	3,03	ACCEPTABLE
314	12,15	43,43	57,54	3	ACCEPTABLE
315	13,14	42,57	56,26	3,02	ACCEPTABLE
316	11,39	44,28	56,9	3,09	ACCEPTABLE
317	11,85	47,72	60,17	3,04	ACCEPTABLE
318	14,92	35,41	51,23	3,03	ACCEPTABLE

319	13,66	40,47	54,72	3,02	ACCEPTABLE
320	12,55	39,76	53,54	3,07	ACCEPTABLE
321	10,98	45,89	58,14	3,1	ACCEPTABLE
322	11,31	41,61	55,54	3,05	ACCEPTABLE
323	13,07	34,55	50,66	3,05	ACCEPTABLE
324	14,3	32,94	48,88	3,09	ACCEPTABLE
325	11,93	39,13	53,77	3,05	ACCEPTABLE
326	13,12	37,55	51,97	3,07	ACCEPTABLE
327	13,07	34,55	50,66	3,05	ACCEPTABLE
328	11,6	40,46	54,71	3,05	ACCEPTABLE
329	12,81	38,75	52,81	3,07	ACCEPTABLE
330	12,15	43,43	57,54	3	ACCEPTABLE
331	13,37	41,62	55,55	3,02	ACCEPTABLE
332	-541	2322,82	2386,98	34,05	ACCEPTABLE
333	12,15	43,43	57,54	3	ACCEPTABLE
334	12,79	42,92	56,73	3,01	ACCEPTABLE
335	11,65	44,03	57,12	3,06	ACCEPTABLE
336	11,98	46,22	59,21	3,03	ACCEPTABLE
337	14,03	37,93	53,17	3,01	ACCEPTABLE
338	13,16	41,45	55,66	3,01	ACCEPTABLE
339	12,41	41	54,88	3,04	ACCEPTABLE
340	11,4	45	57,86	3,06	ACCEPTABLE

341	11,59	42,22	56,21	3,03	ACCEPTABLE
342	12,81	37,29	52,73	3,03	ACCEPTABLE
343	13,62	36,17	51,5	3,05	ACCEPTABLE
344	12,79	39,48	53,79	3,04	ACCEPTABLE
345	12,81	37,29	52,73	3,03	ACCEPTABLE
346	12,59	40,28	54,36	3,04	ACCEPTABLE
347	12,15	43,43	57,54	3	ACCEPTABLE
348	12,96	42,23	56,22	3,01	ACCEPTABLE
349	-717,6	3050,54	3135,74	39,8	ACCEPTABLE
350	12,15	43,43	57,54	3	ACCEPTABLE
351	12,57	43,11	57,02	3,01	ACCEPTABLE
352	11,82	43,84	57,27	3,04	ACCEPTABLE
353	12,05	45,26	58,62	3,02	ACCEPTABLE
354	13,41	39,69	54,55	3,01	ACCEPTABLE
355	12,82	42,11	56,28	3,01	ACCEPTABLE
356	12,32	41,81	55,77	3,03	ACCEPTABLE
357	11,67	44,44	57,72	3,04	ACCEPTABLE
358	11,78	42,62	56,65	3,02	ACCEPTABLE
359	13,15	38,47	53,38	3,03	ACCEPTABLE
360	12,57	40,79	55,03	3,03	ACCEPTABLE
361	12,44	41,32	55,41	3,03	ACCEPTABLE
362	12,15	43,43	57,54	3	ACCEPTABLE

363	12,69	42,63	56,66	3,01	ACCEPTABLE
364	12,15	43,43	57,54	3	ACCEPTABLE
365	12,43	43,23	57,2	3,01	ACCEPTABLE
366	11,93	43,71	57,36	3,02	ACCEPTABLE
367	12,09	44,64	58,25	3,01	ACCEPTABLE
368	13	40,91	55,52	3	ACCEPTABLE
369	12,6	42,55	56,7	3,01	ACCEPTABLE
370	12,26	42,35	56,36	3,02	ACCEPTABLE
371	11,83	44,09	57,65	3,03	ACCEPTABLE
372	11,9	42,89	56,95	3,02	ACCEPTABLE
373	12,83	40,06	54,71	3,02	ACCEPTABLE
374	12,43	41,66	55,86	3,02	ACCEPTABLE
375	12,34	42,02	56,11	3,02	ACCEPTABLE
376	12,15	43,43	57,54	3	ACCEPTABLE
377	12,51	42,9	56,96	3,01	ACCEPTABLE
378	12,15	43,43	57,54	3	ACCEPTABLE
379	12,34	43,31	57,32	3	ACCEPTABLE
380	11,81	44,84	58,58	3,01	ACCEPTABLE
381	12,72	41,74	56,18	3	ACCEPTABLE
382	12,91	41,6	55,94	3,01	ACCEPTABLE
383	12,58	41,9	56,03	3,02	ACCEPTABLE
384	12,15	43,43	57,54	3	ACCEPTABLE

385	12,69	42,49	56,59	3,01	ACCEPTABLE
386	13,28	40,1	54,87	3,01	ACCEPTABLE
387	12,54	41,86	56,39	3	ACCEPTABLE
388	12,73	41,73	56,16	3	ACCEPTABLE
389	12,4	42,03	56,24	3,01	ACCEPTABLE
390	12,2	43,22	57,39	3	ACCEPTABLE
391	12,48	42,1	56,57	3	ACCEPTABLE
392	12,67	41,96	56,33	3	ACCEPTABLE
393	12,15	43,45	57,56	3	ACCEPTABLE
394	12,45	42,86	56,99	3	ACCEPTABLE
395	13,04	40,45	55,26	3	ACCEPTABLE
396	12,53	41,88	56,41	3	ACCEPTABLE
397	12,72	41,74	56,18	3	ACCEPTABLE
398	12,39	42,05	56,26	3,01	ACCEPTABLE
399	12,2	43,23	57,39	3	ACCEPTABLE
400	12,48	42,1	56,57	3	ACCEPTABLE
401	13,08	40,25	55,11	3	ACCEPTABLE
402	12,84	40,6	55,5	3	ACCEPTABLE
403	13,03	40,45	55,26	3	ACCEPTABLE
404	12,71	40,75	55,33	3,01	ACCEPTABLE
405	12,53	41,88	56,41	3	ACCEPTABLE
406	13,38	39,02	54,25	3	ACCEPTABLE

407	13,14	39,36	54,63	3	ACCEPTABLE
408	12,68	40,25	55,11	3,01	ACCEPTABLE
409	13,02	39,49	54,45	3,01	ACCEPTABLE
410	12,84	40,6	55,49	3	ACCEPTABLE
411	13,08	40,25	55,12	3	ACCEPTABLE
412	12,84	40,6	55,49	3	ACCEPTABLE
413	12,97	40,5	55,34	3	ACCEPTABLE
414	12,75	40,7	55,39	3,01	ACCEPTABLE
415	12,81	40,73	55,59	3	ACCEPTABLE
416	13,2	39,54	54,66	3	ACCEPTABLE
417	12,89	40,14	54,99	3,01	ACCEPTABLE
418	12,73	40,36	55,24	3	ACCEPTABLE
419	13,12	39,18	54,32	3,01	ACCEPTABLE
420	12,84	40,6	55,49	3	ACCEPTABLE
421	13	40,37	55,24	3	ACCEPTABLE
422	12,84	40,6	55,49	3	ACCEPTABLE
423	12,93	40,54	55,39	3	ACCEPTABLE
424	12,78	40,67	55,43	3	ACCEPTABLE
425	12,83	40,92	55,66	3	ACCEPTABLE
426	12,82	40,69	55,56	3	ACCEPTABLE
427	12,87	40,5	55,43	3	ACCEPTABLE
428	12,95	40,43	55,31	3	ACCEPTABLE

429	12,81	40,57	55,36	3	ACCEPTABLE
430	12,86	40,81	55,58	3	ACCEPTABLE
431	12,85	40,58	55,48	3	ACCEPTABLE
432	12,94	40,52	55,38	3	ACCEPTABLE
433	12,79	40,65	55,41	3	ACCEPTABLE
434	12,84	40,9	55,65	3	ACCEPTABLE
435	12,82	40,68	55,56	3	ACCEPTABLE
436	12,9	40,61	55,45	3	ACCEPTABLE
437	12,76	40,75	55,49	3	ACCEPTABLE
438	12,8	40,76	55,61	3	ACCEPTABLE
439	12,85	40,57	55,48	3	ACCEPTABLE
440	12,93	40,5	55,37	3	ACCEPTABLE
441	12,79	40,64	55,41	3	ACCEPTABLE
442	12,84	40,88	55,64	3	ACCEPTABLE
443	12,83	40,65	55,53	3	ACCEPTABLE
444	12,87	40,47	55,4	3	ACCEPTABLE
445	12,88	40,26	55,14	3	ACCEPTABLE
446	12,77	40,73	55,47	3	ACCEPTABLE
447	12,78	40,41	55,31	3	ACCEPTABLE
448	12,85	40,56	55,47	3	ACCEPTABLE
449	12,96	40,41	55,3	3	ACCEPTABLE
450	12,85	40,56	55,47	3	ACCEPTABLE

451	12,91	40,52	55,4	3	ACCEPTABLE
452	12,81	40,61	55,43	3	ACCEPTABLE
453	12,84	40,77	55,58	3	ACCEPTABLE
454	12,84	40,62	55,51	3	ACCEPTABLE
455	12,87	40,5	55,43	3	ACCEPTABLE
456	12,94	40,4	55,32	3	ACCEPTABLE
457	12,87	40,36	55,25	3	ACCEPTABLE
458	12,8	40,68	55,48	3	ACCEPTABLE
459	12,8	40,46	55,36	3	ACCEPTABLE
460	12,82	40,4	55,32	3	ACCEPTABLE
461	12,85	40,56	55,47	3	ACCEPTABLE
462	12,92	40,46	55,36	3	ACCEPTABLE
463	12,85	40,56	55,47	3	ACCEPTABLE
464	12,89	40,54	55,43	3	ACCEPTABLE
465	12,82	40,6	55,45	3	ACCEPTABLE
466	12,85	40,7	55,55	3	ACCEPTABLE
467	12,84	40,6	55,5	3	ACCEPTABLE
468	12,86	40,52	55,44	3	ACCEPTABLE
469	12,91	40,45	55,37	3	ACCEPTABLE
470	12,86	40,43	55,33	3	ACCEPTABLE
471	12,77	40,71	55,55	3	ACCEPTABLE
472	12,81	40,64	55,48	3	ACCEPTABLE

473	12,82	40,5	55,4	3	ACCEPTABLE
474	12,84	40,42	55,34	3	ACCEPTABLE
475	12,83	40,46	55,37	3	ACCEPTABLE
476	12,87	40,39	55,3	3	ACCEPTABLE
477	12,85	40,56	55,47	3	ACCEPTABLE
478	12,9	40,49	55,4	3	ACCEPTABLE
479	12,85	40,56	55,47	3	ACCEPTABLE
480	12,87	40,54	55,44	3	ACCEPTABLE
481	12,83	40,59	55,46	3	ACCEPTABLE
482	12,81	40,73	55,59	3	ACCEPTABLE
483	12,85	40,66	55,52	3	ACCEPTABLE
484	12,84	40,59	55,49	3	ACCEPTABLE
485	12,86	40,53	55,45	3	ACCEPTABLE
486	12,89	40,49	55,4	3	ACCEPTABLE
487	12,86	40,48	55,38	3	ACCEPTABLE
488	12,8	40,66	55,52	3	ACCEPTABLE
489	12,83	40,62	55,48	3	ACCEPTABLE
490	12,83	40,52	55,43	3	ACCEPTABLE
491	12,84	40,47	55,39	3	ACCEPTABLE
492	12,87	40,42	55,34	3	ACCEPTABLE
493	12,84	40,49	55,41	3	ACCEPTABLE
494	12,87	40,45	55,36	3	ACCEPTABLE

495	12,85	40,56	55,47	3	ACEPTABLE
496	12,88	40,52	55,42	3	ACEPTABLE
497	12,83	40,67	55,55	3	ACEPTABLE