



FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de Ingeniería Geológica

“CONTROLES GEOTÉCNICOS PARA LA ESTABILIDAD DE TALUDES ENTRE LAS PROGRESIVAS KM4 + 100 – KM6 + 500 DE LA CARRETERA CAJAMARCA - CHAMIS”

Tesis para optar el título profesional de:

Ingeniero de Geólogo

Autores:

Pedro Alexander Goicochea Briones

Brando Michael Erick Vidaurre Llallacachi

Asesor:

Ing. Daniel Alva Huamán

Cajamarca - Perú

2020

DEDICATORIA

Mi tesis la dedico con mucho cariño a mis padres Delia y Pedro que me dieron la vida y han estado conmigo en todo momento. Gracias por siempre confiar en mí.

A mis hermanos Lis y Walter; por sus consejos, por su apoyo, por su tiempo y el gran aliento que me dan a día a día. A mi sobrino Rodrigo que siempre es la motivación de superación y esfuerzo constante para cada mañana.

Y finalmente a mis familiares y amigos que han contribuido para el logro de mis objetivos.

Pedro Goicochea

Dedico esta tesis con un gran aprecio a mis padres, que me han apoyado desde el comienzo de este proyecto de vida creyendo en mi capacidad por superarme dándome la fortaleza para seguir adelante.

Dedicado también a mis familiares y amigos, quienes me alentaron con sus consejos.

Brando Vidaurre

AGRADECIMIENTO

Agradecemos primero a Dios por seguir brindándonos una vida saludable, por ser nuestro guía, por ofrecernos sabiduría y sobre todo por permitirnos cumplir uno de nuestros primeros logros con lo cual ejerceremos nuestra profesión.

Agradecemos a nuestra alma mater Universidad Privada del Norte, por habernos brindado los instrumentos necesarios, a la plana docente de la Escuela de Ingeniería Geológica por consagrar todos sus conocimientos para nuestra formación profesional.

Agradecemos, por último, pero no menos importante, a nuestro asesor de tesis, Ing. Daniel Alva Huamán por contribuir con su experiencia la cual fue fundamental para la realización de esta investigación.

Pedro y Brando

Tabla de contenidos

DEDICATORIA.....	2
AGRADECIMIENTO.....	3
ÍNDICE DE FIGURAS.....	6
ÍNDICE DE TABLAS.....	7
ÍNDICE DE ECUACIONES.....	9
CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN.....	11
1.1. Realidad problemática.....	11
1.2. Formulación del problema.....	15
1.3. Objetivos.....	15
<i>Objetivo general.....</i>	<i>15</i>
<i>Objetivos específicos.....</i>	<i>15</i>
1.4. Hipótesis.....	15
<i>Hipótesis General.....</i>	<i>15</i>
CAPÍTULO II. METODOLOGÍA.....	16
2.1. Tipo de investigación.....	16
<i>Tipo de investigación.....</i>	<i>16</i>
<i>Nivel de investigación.....</i>	<i>16</i>
<i>Diseño de investigación.....</i>	<i>16</i>
2.2. Población.....	16
2.3. Muestra.....	17
2.4. Materiales, instrumentos y métodos.....	17
2.5. Procedimiento.....	18
<i>Etapa de pre campo.....</i>	<i>18</i>
<i>Etapa de campo.....</i>	<i>21</i>
<i>Etapa de gabinete.....</i>	<i>23</i>
CAPÍTULO III. RESULTADOS.....	25
3.1. Ubicación geográfica.....	25
3.2. Ubicación política.....	25
3.3. Accesibilidad.....	26
3.4. Clima.....	26
3.5. Precipitación.....	28
3.6. Flora y fauna.....	29
3.7. Geología Regional.....	31
3.8. Geología Local.....	33
3.9. Geomorfología.....	38
3.10. Estaciones de Control Geotécnico.....	41
3.10.1. Estación N° 1.....	42
<i>Resistencia de la roca intacta.....</i>	<i>44</i>
<i>Índice de la calidad de la roca, RQD.....</i>	<i>44</i>

<i>Espaciamiento de las discontinuidades</i>	46
<i>Condición de las discontinuidades (Jc)</i>	47
<i>Condición del Agua</i>	49
<i>Valoración del macizo rocoso RMR</i>	49
<i>Orientación de las Discontinuidades</i>	49
3.10.2. <i>Estación N° 2</i>	51
<i>Resistencia de la roca intacta</i>	53
<i>Índice de la calidad de la roca, RQD</i>	53
<i>Espaciamiento de las discontinuidades</i>	55
<i>Condición de las discontinuidades (Jc)</i>	56
<i>Condición del Agua</i>	57
<i>Valoración del macizo rocoso RMR</i>	58
<i>Orientación de las Discontinuidades</i>	58
3.10.3. <i>Estación N° 3</i>	59
<i>Resistencia a la roca intacta</i>	61
<i>Índice de la calidad de la roca, RQD</i>	61
<i>Espaciamiento de las discontinuidades</i>	63
<i>Condición de las discontinuidades (Jc)</i>	64
<i>Condición del Agua</i>	65
<i>Valoración del macizo rocoso RMR</i>	66
<i>Orientación de las Discontinuidades</i>	66
3.10.4. <i>Estación N° 4</i>	67
3.11. <i>Análisis Mediante el Software Dips</i>	68
3.11.1. <i>Estación N° 1</i>	69
3.11.2. <i>Estación N° 2</i>	73
3.11.3. <i>Estación N° 3</i>	77
3.12. <i>Cálculo de Factor de seguridad</i>	81
3.12.1 <i>Estación N°1</i>	82
3.12.2 <i>Estación N°2</i>	83
3.12.3 <i>Estación N° 3</i>	84
3.12.4. <i>Estación N° 4</i>	85
3.13. <i>Sistema de estabilización propuesto</i>	86
3.14. <i>Cuadro resumen de las estaciones</i>	87
CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES	88
4.1. <i>Discusión</i>	88
4.2. <i>Conclusiones</i>	91
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	94
ANEXOS	96

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Identificación posibles zonas susceptibles, 2020.....	22
Figura 2. Toma de datos, 2020.....	22
Figura 3. Reconocimiento de materiales presentes en el lugar de estudio, 2020.....	23
Figura 4. Método de dovelas o rebanadas Olalla, C. 199.....	24
Figura 5. Ubicación de la zona de estudio.....	26
Figura 6. Accesibilidad a zona de estudio - Fuente Google Earth 2020.....	27
Figura 7. Temperatura de Chamis durante el año.....	27
Figura 8. Clima del área de estudio - Fuente Weather Spark.....	28
Figura 9. Probabilidad de lluvia de la zona de estudio.....	29
Figura 10. Vegetación de la zona de la carretera hacia Chamis.....	29
Figura 11. Columna estratigráfica de Cajamarca, Cajabamba y San Marcos. Fuente: Orbasa Geología UNC (2013).....	31
Figura 12. Plano Geológico de la zona de estudio.....	32
Figura 13. Formación Farrat, presencia de limonitas arenosas.....	33
Figura 14. Formación Inca, presencia de areniscas y lutitas ferruginosas masivas.....	34
Figura 15. Formación Chúlec, presencia de limolita arcillosa y areniscas limosas.....	35
Figura 16. Formación Mujarrún, presencia de calizas nodulares con margas y lutitas pardo amarillentas.....	36
Figura 17. Formación Huambos, presencia de tobas andesíticas y regolito.....	37
Figura 18. Formación Huambos, presencia de tobas andesíticas.....	37
Figura 19. Fragmentación de la roca por acción de las raíces.....	38
Figura 20. Curvatura de los árboles debido a la reptación producida en el suelo.....	39
Figura 21. Cárcavas al costado de la carretera hacia Chamis.....	40
Figura 22. Movimiento de rocas cuesta abajo por la fuerza de la gravedad.....	41
Figura 23. Talud de roca de la Estación de Control Geomecánico N°01.....	42
Figura 24. Muestra de roca de la Estación de Control 3040 Geomecánico N°01.....	43
Figura 25. Talud de roca de la Estación de Control Geomecánico N°02.....	51
Figura 26. Talud de roca de la Estación de Control Geomecánico N°02.....	52
Figura 27. Talud de roca de la Estación de Control.....	60
Figura 28. Talud de Suelo analizado por criterio Mohr - Coulomb.....	68
Figura 29. Análisis estereográfico de las discontinuidades tomando como base al cono de fricción y la envolvente del talud, que tiene límites laterales de $\pm 20^\circ$. Aquí se presencia que se forma una falla planar como consecuencia de las características geomecánicas.....	70
Figura 30. Valores que tiene cada familia en el Estereograma.....	70
Figura 31. Análisis estereográfico de las discontinuidades tomando como base al cono de fricción y la envolvente del talud, que tiene límites laterales de $\pm 20^\circ$. Aquí se presencia una falla en cuña como consecuencia de las características geomecánicas de las juntas.....	71
Figura 32. Valores que tiene cada familia en el Estereograma.....	71
Figura 33. Análisis estereográfico de las discontinuidades tomando como base al cono de fricción y la envolvente del talud, que tiene límites laterales de $\pm 20^\circ$. Aquí se presencia que no se produce una falla por vuelco como consecuencia de las características geomecánicas.....	72
Figura 34. Valores que tiene cada familia en el Estereograma.....	72
Figura 35. Análisis estereográfico de las discontinuidades tomando como base al cono de fricción y la envolvente del talud, que tiene límites laterales de $\pm 20^\circ$. Aquí se presencia que no se produce una falla planar como consecuencia de las características geomecánicas.....	74
Figura 36. Valores que tiene cada familia en el Estereograma.....	74
Figura 37. Análisis estereográfico de las discontinuidades tomando como base al cono de fricción y la envolvente del talud, que tiene límites laterales de $\pm 20^\circ$. Aquí se presencia que se forma una falla en cuña /como consecuencia de las características geomecánicas.....	75
Figura 38. Valores que tiene cada familia en el Estereograma.....	75
Figura 39. Análisis estereográfico de las discontinuidades tomando como base al cono de fricción y la envolvente del talud, que tiene límites laterales de $\pm 20^\circ$. Aquí se presencia que no se produce una falla por vuelco como consecuencia de las características geomecánicas.....	76
Figura 40. Valores que tiene cada familia en el Estereograma.....	76

Figura 41. Análisis estereográfico de las discontinuidades tomando como base al cono de fricción y la envolvente del talud, que tiene límites laterales de $\pm 20^\circ$. Aquí se presencia que se forma una falla planar como consecuencia de las características geomecánicas de la junta 1.	78
Figura 42. Valores que tiene cada familia en el Estereograma.....	78
Figura 43. Análisis estereográfico de las discontinuidades tomando como base al cono de fricción y la envolvente del talud, que tiene límites laterales de $\pm 20^\circ$. Aquí se presencia que se forma una falla en cuña como consecuencia de las características geomecánicas.	79
Figura 44. Valores que tiene cada familia en el Estereograma.....	79
Figura 45. Análisis estereográfico de las discontinuidades tomando como base al cono de fricción y la envolvente del talud, que tiene límites laterales de $\pm 20^\circ$. Aquí se presencia que no se produce una falla por vuelco como consecuencia de las características geomecánicas.....	80
Figura 46. Valores que tiene cada familia en el Estereograma.....	80
Figura 47. Sección 01 Análisis mediante Spencer. Se obtiene un FS de 1.348, lo cual nos dice que ante evento geológico es moderadamente estable.....	82
Figura 48. Sección 01 Análisis mediante Morgenstern – Price. Se obtiene un FS de 1.334 lo cual nos dice que ante evento geológico es moderadamente estable.	82
Figura 49. Sección 02 de análisis mediante Spencer. Se obtiene un FS de 1.243 lo cual nos dice que ante evento geológico es moderadamente estable.....	83
Figura 50. Sección 02 Análisis mediante Morgenstern-Price. Se obtiene un FS de 1.239, lo cual nos dice que ante evento geológico es inestable.....	83
Figura 51. Sección 03 Análisis mediante Spencer. Se obtiene un FS de 1.719 lo cual nos dice que ante evento geológico estable.....	84
Figura 52. Sección 03 Análisis mediante Morgenstern-Price. Se obtiene un FS de 1.721, lo cual nos dice que ante evento geológico es estable.	84
Figura 53. Sección 04 Análisis de Mohr - Coulomb mediante Spencer. Se obtiene un FS de 0.364 lo cual nos dice que ante evento geológico es muy inestable.....	85
Figura 54. Sección 04 Análisis de Mohr – Coulomb mediante Morgenstern-Price. Se obtiene un FS de 0.363, lo cual nos dice que ante evento geológico es muy inestable.....	85
Figura 55. Estabilización propuesta para talud de Estación N°1 mediante Software Geotable.....	86
Figura 56. Estabilización propuesta para talud de Estación N° 2 mediante Software Geotable.....	86

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Base de datos	18
Tabla 2. Cuadro resumen de bibliografías.....	19
Tabla 3. Ubicación Geográfica Coordenadas de la zona de estudio.....	25
Tabla 4. Ubicación Política de la zona de estudio, se encuentra en la ubicación política	25
Tabla 5. Coordenadas UTM-WGS84 de la Estación Geomecánica N° 01.	42
Tabla 6. Rango de Valores para la Resistencia de la roca “intacta” de la Estación Geomecánica N° 01. ...	44
Tabla 7. Rango de Valores para el Índice de calidad del RQD de la Estación Geomecánica N° 01.	46
Tabla 8. Sistema de discontinuidades en el macizo rocoso de la Estación Geomecánica N° 01.	46
Tabla 9. Rango de Valores para el Espaciamiento de Discontinuidades de la Estación Geomecánica N° 01.	47
Tabla 10. Rango de Valores en Relación a las Condiciones de las Discontinuidades de la Estación Geomecánica N° 01.....	48
Tabla 11. Valoración del RMR al sumar los puntajes obtenidos	49
Tabla 12. Ajuste de Valoración por Orientación de las Fisuras.....	50
Tabla 13. Coordenadas UTM-WGS84 de la Estación Geomecánica N° 02.	51
Tabla 14. Rango de Valores para la Resistencia de la roca “intacta” de la Estación Geomecánica N° 02. .	53
Tabla 15. Rango de Valores para el Índice de calidad del RQD de la Estación Geomecánica N° 02.	54
Tabla 16. Sistema de discontinuidades en el macizo rocoso de la Estación Geomecánica N° 02.	55
Tabla 17. Rango de Valores para el Espaciamiento de Discontinuidades de la Estación Geomecánica N° 02.	56
Tabla 18. Rango de Valores en Relación a las Condiciones de las Discontinuidades de la Estación Geomecánica N° 02.....	57
Tabla 19. Valoración del RMR al sumar los puntajes obtenidos de la Estación Geomecánica N° 02.	58
Tabla 20. Ajuste de Valoración por Orientación de las Fisuras.....	59
Tabla 21. Coordenadas UTM-WGS84 de la Estación Geomecánica N° 03.	60
Tabla 22. Rango de Valores para la Resistencia de la roca “intacta” de la Estación Geomecánica N° 03. .	61
Tabla 23. Rango de Valores para el Índice de calidad del RQD de la Estación Geomecánica N° 03.	62
Tabla 24. Sistema de discontinuidades en el macizo rocoso de la Estación Geomecánica N° 03.	63
Tabla 25. Rango de Valores para el Espaciamiento de Discontinuidades de la Estación Geomecánica N° 03.	63
Tabla 26. Rango de Valores en Relación a las Condiciones de las Discontinuidades	65
Tabla 27. Valoración del RMR al sumar los puntajes obtenidos de la Estación Geomecánica N° 03	66
Tabla 28. Ajuste de Valoración por Orientación de las Fisuras de la Estación Geomecánica N° 03.....	67
Tabla 29. Coordenadas UTM-WGS84 de la estación Geomecánica N°4	68
Tabla 30. Datos de campo de la Estación N° 01.....	69
Tabla 31. Datos de campo de la Estación N°02.....	73
Tabla 32. Datos de campo de la Estación N°03.....	77
Tabla 33. Cuadro resumen de ensayos de estaciones.	87

ÍNDICE DE ECUACIONES

<i>Ecuación 1. RQD a través de J_v.....</i>	<i>44</i>
<i>Ecuación 2. RQD a través de λ.....</i>	<i>45</i>
<i>Ecuación 3. Cohesión a través del RMR.....</i>	<i>50</i>
<i>Ecuación 4. Ángulo de Fricción</i>	<i>50</i>
<i>Ecuación 5. Fórmula para hallar λ.....</i>	<i>54</i>
<i>Ecuación 6. Fórmula para hallar λ.....</i>	<i>62</i>

RESUMEN

El presente trabajo tiene como objetivo de diseñar los controles de estabilidad de taludes entre las progresivas km4 + 100 – km6 + 500 de la carretera Cajamarca - Chamis Para ello, se identificará características litológicas, físicas, geotécnicas de los materiales que conforman los taludes y factores condicionantes. En primer lugar, se llevará a cabo un análisis del Criterio de Mohr-Coulomb, será utilizado para los taludes de suelos y el Criterio Generalizado de Hoek Brown para los taludes de roca. Usando métodos de equilibrio límite en Spencer y Morgenstern obteniendo así un FS del talud de suelo. Con el software Geotable se realizará el análisis a través de los datos obtenidos en campo para el posible diseño de control geotécnico, como también el análisis con el Software Slide v6.0 (Método de Equilibrio Límite), utilizando los factores geológicos de cada talud; por último, se simulará con el software Dips v6.0, donde se analizará los tipos de fallas que se puedan producir en los taludes ya sean de tipo planar, en cuña o por vuelco. El tipo de investigación que emplearemos será no experimental, descriptiva. Los resultados muestran que los taludes de roca que vienen a ser las estaciones 1, 2 y 4 son inestables, y la estación numero 3 es estable, se ha podido verificar con los ensayos de carga puntual que las resistencias de las muestras son de tendencia regular. Por lo tanto, al realizar un ensayo de análisis granulométrico del talud de suelo, se comprueba que el suelo es de calificación areno arcillosa.

Palabras clave: Análisis de Estabilidad, Factor de Seguridad, Método de Equilibrio Limite, deslizamientos.

CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN

1.1. Realidad problemática

La estimación del peligro de deslizamientos en laderas requiere del conocimiento de los factores que contribuyen a su ocurrencia. Estos pueden englobarse en internos y externos, siendo los primeros los relativos a las propiedades de los suelos y rocas que constituyen la ladera, incluyendo sus discontinuidades o planos de debilidad, así como su inclinación y altura. Las lluvias intensas y prolongadas, los sismos, la actividad volcánica, la erosión y el hombre, son los factores externos y juegan el papel de detonadores de caídos, deslizamientos y flujos de materiales térreos en laderas. (Grupo ITEICO Euroamericano – Universidad de las Californias Internacional”, México 2011)

Si bien es cierto la inestabilidad del terreno que se ocasiona en laderas o taludes de roca o suelo se produce cada año en todo el mundo causando cuantiosas pérdidas humanas, materiales y considerables daños al medio ambiente e infraestructuras generando situaciones de emergencias.

La inestabilidad geotécnica en los taludes de las vías de comunicación de nuestro país es un gran problema hoy en día, además de que estos presentan una accidentada geografía, muchas veces suelen suceder eventualidades no deseadas como, por ejemplo, los deslizamientos de suelos y rocas, teniendo como resultado numerosos accidentes y en consecuencia pérdidas económicas de muy grande escala.

Por lo tanto, es muy importante que antes de realizar cualquier tipo de labor se realice una evaluación exhaustiva de las condiciones actuales del macizo rocoso, de tal manera que se pueda identificar algún tipo de fallamiento y en relación a ello implementar medidas de prevención.

En el tramo correspondiente a evaluar se sitúa entre Cajamarca y Chamis formando parte los taludes que están constituidos por rocas sedimentarias calcáreas, dentro de los cuales existen discontinuidades muy pronunciadas y por lo tanto terminan de afectar la estabilidad de los taludes en la matriz rocosa, también existen depósitos cuaternarios.

El autor en su investigación añade también que, los procesos de meteorización, condiciones climáticas, sísmicas y vibraciones por desplazamientos de vehículos generan una cierta inestabilidad de los taludes los cuales con tales perturbaciones se encuentran propensos a los llamados deslizamientos, cabe resaltar que en periodos de lluvias intensas los materiales se vuelven más vulnerables y aumentan las probabilidades de ocurrir eventos no deseados (Villanueva, 2018).

La variedad de condiciones ambientales que comprende la zona a estudiar es muy diversa lo cual nos genera una probabilidad mayor de inestabilidad, más aún en temporada de invierno ya que se cuenta con rocas de baja dureza por intemperismo.

Un estudio enfocado en la estabilidad de taludes hace mención que el cartografiado de la geología con su respectiva evaluación litológica con fines geotécnicos es muy importante y significativo ya que a través de ello se identificaría una posible afectación por deslizamientos y todo ello se podría ubicar en un plano a una escala apropiada para su posterior análisis.

Para realizar una correcta evaluación geomecánica se dependerá diversos factores, para ello, Arteaga (2017) en su investigación relacionada a la estabilidad de taludes afirma lo siguiente:

Los factores geológicos-geotécnicos, junto con factores geométricos y topográficos de los taludes son afectados por procesos geodinámicos externos e internos, estos a la vez

han modificado sus propiedades geomecánicas, influyendo en la inestabilidad de los taludes, que incrementa con factores desencadenantes de saturación y sismicidad.

Parte de los taludes analizados en un determinado sector del tramo Cajamarca – Chamis están compuestos principalmente por depósitos cuaternarios aluviales, coluvio-aluviales, deluviales, conformadas por la Formación Farrat, compuesta por areniscas cuarzosas mediana a altamente fracturadas, estos factores son detonantes que influyen en el comportamiento geotécnico y el factor de seguridad de taludes .

Un estudio geotécnico realizado en determinados kilómetros de la carretera a Cajamarca permite realizar una evaluación de inestabilidad; por ende, Villanueva (2018) hace referencia a lo siguiente:

En base a las características geológicas y geotécnicas de los diferentes suelos y rocas presentes en la zona de estudio, del total de taludes analizados, se determinan que cantidad es inestable y de acuerdo a ello se obtendrán factor de seguridad bajo; sin embargo, también se determinan que taludes representan estabilidad, generando así un factor de seguridad apropiado.

Las evaluaciones deberán realizarse bajo condiciones estáticas y de obra permanente. Además de ello, se han cartografiado depósitos superficiales coluviales y coluvio-aluvial, rocas sedimentarias del período cretácico inferior, conformadas por la Formación Farrat, compuesta por areniscas cuarzosas mediana a altamente fracturadas; todas ellas han sido afectadas por aspectos estructurales y de geodinámica externa. Se concluye que un análisis cinemático no determina el tamaño ni la forma de los bloques, tampoco da un valor cuantitativo del factor de seguridad, pero indica el sistema de rotura del macizo rocoso en un determinado talud.

La evaluación geotécnica para evaluar la estabilidad de un talud o zona inclinada es muy relevante, es por ello, que el investigador Cabana (2016) en su trabajo investigativo presenta lo siguiente:

Sean cual sean los materiales expuestos en el área de investigación se debe realizar la correcta toma de datos estructurales y a la vez realizar un apropiado análisis cinemático para determinar la estabilidad del talud, con lo cual se determinará si existe o no algún tipo de falla que podría ocurrir en el talud. Adicionalmente a ello, el comportamiento geomecánico en los taludes de corte en suelo son evaluados en su totalidad con el software SLIDE por los métodos más apropiados y en consecuencia un posterior análisis con el factor de seguridad (FS).

Se señala que todas las pruebas que se le puedan realizar a los diferentes tipos de suelos, la mayoría de estos cohesivos y friccionantes se estima que, los taludes con alturas mayores a los 6 metros tendrán una probabilidad muy alta de generar una falla por pie de talud (Herrera, 2006).

En relación a la evaluación y análisis geomecánica de un talud, citamos a Mayorga & Garay (2003), quienes en referencia al tema acotan los siguiente:

La inspección y evaluación visual de taludes, en conjunto con tablas para la clasificación de rocas, considerando la resistencia y meteorización, son muy útiles, prácticas y sencillas y que pueden ser usados para realizar clasificaciones RMR, GSI, RQD del macizo rocoso, sirviendo esto para determinar la tipología de roca y clasificación necesaria.

Todas aquellas rocas sometidas a la acción de los agentes atmosféricos sufren una cierta degradación que merma sus propiedades geomecánicas, las características intrínsecas

de cada afloramiento son el reflejo de la actividad tectónica de la zona y de la propia naturaleza rocosa del lugar (González de Vallejo et al., 2002)

En la zona de Chamis las rocas han sufrido un desgaste o cambio en sus propiedades de dureza, lo cual genera una degradación prematura de este material, generando una posible inestabilidad en cada ladera.

1.2. Formulación del problema

¿Qué controles geotécnicos se deben aplicar para la estabilidad de taludes entre las progresivas km4 + 100 – km6 + 500 de la carretera Cajamarca – Chamis?

1.3. Objetivos

Objetivo general

Diseñar los controles de estabilidad de taludes entre las progresivas km4 + 100 - km6 + 500 de la carretera Cajamarca - Chamis.

Objetivos específicos

Identificar los taludes críticos que afecten y sean un peligro entre las progresivas km4 + 100 – km6 + 500 de la carretera Cajamarca - Chamis.

Realizar ensayos de laboratorio para conocer el comportamiento del material de los taludes entre las progresivas km4 + 100 – km6 + 500 de la carretera Cajamarca - Chamis.

Elaborar propuestas de control y mejora de las zonas críticas entre las progresivas km4 + 100 – km6 + 500 de la carretera Cajamarca - Chamis.

1.4. Hipótesis

Hipótesis General

Los controles geotécnicos ayudan a estabilizar los taludes de las progresivas km4 + 100 – km6 + 500 de la carretera Cajamarca – Chamis.

CAPÍTULO II. METODOLOGÍA

2.1. Tipo de investigación

Tipo de investigación

De acuerdo con Hernández, Fernández y Baptista (2014: 4), el enfoque cuantitativo está basado en obras como las de Auguste Comte y Émile Durkheim. La investigación cuantitativa considera que el conocimiento debe ser objetivo, y que este se genera a partir de un proceso deductivo en el que, a través de la medicación numérica y el análisis estadístico inferencial, se prueban hipótesis previamente formuladas. Este enfoque comúnmente se asocia con prácticas y normas de las ciencias naturales y del positivismo.

Nivel de investigación

Según Hernández, (2014, pág. 92) señalan que los diseños descriptivos es un tipo de metodología a aplicar para deducir un bien o circunstancia que se esté presentando; se aplica describiendo todas sus dimensiones, en este caso se describe el órgano u objeto a estudiar.

Diseño de investigación

El diseño de investigación según, Hernández, Fernández y Baptista (2014: 4), menciona que un diseño no experimental, es aquel que realiza sin ninguna alteración de las variables. Es por ello, que es una investigación donde no se varia intencionalmente sus variables de estudio que tiene.

2.2. Población

La unidad de análisis está representada por todos los taludes, de las progresivas km4 + 100 – km6 + 500 de la carretera Cajamarca – Chamis.

2.3. Muestra

Se tienen 4 taludes inestables entre las progresivas km4 + 100 – km6 + 500 de la carretera Cajamarca – Chamis.

2.4. Materiales, instrumentos y métodos

2.4.1. Materiales

Laptop Lenovo Core i5.

SOFTWARES: Microsoft Excel y ArcGis 10.3, Slide, Dips, Geotable

Carta geológica: 15-f Papel bond A4.

Brújula Brunton Azimutal.

GPS Navegatorio Garmin Etrex 10.

Wincha (30m) y Flexómetro (5m).

Picota geológica Estwing.

Lápiz de dureza (Rayador).

Protactor-Escala 1/5000.

Mapa geológico.

Mapa topográfico.

Imagen satelital de la zona de estudio.

Libretas de campo, lapiceros y lápices, bolsas de muestreo.

Cámara fotográfica.

2.4.2. Instrumentos

- Fichas observación

- Tablas de muestreo

- Protocolos geomecánicos y geotécnicos.

2.4.3. Métodos

El método empleado para esta investigación es el análisis documental, observación, recolección de datos y análisis de laboratorio, ensayo de carga puntual en rocas, contenido de humedad, análisis granulométrico, límites de consistencia y ensayo de corte directo.

2.5. Procedimiento

El procedimiento a seguir para la presente investigación tiene 3 etapas:

Etapas de pre campo

Para llevar a cabo la realización de esta tesis lo primordial fue obtener una base de datos con el fin de recolectar material bibliográfico, no mayor a 10 años, en idiomas español e inglés; a nivel de todo el mundo se realizó la búsqueda.

Tabla 1.

Base de datos

Base de datos	Número de información recopilada
Google académico	19
Ebsco	3
Redalyc	5
Concytec	9

Fuente: Elaboración propia, 2020.

Se buscó la información en buscadores más conocidos como: Google académico, Ebsco, Redalyc, Concytec, Repositorio, entre otras, encontrando un número de su búsqueda, donde se organizó en la tabla. Se buscó con palabras claves: Geotecnia, estabilidad de taludes en carreteras.

Luego de ello se realizó la selección y la depuración de información, donde se va a apreciar a continuación en la tabla.

Tabla 2.

Cuadro resumen de bibliografías

N.º	Título	Año	País	Referencias
1	Análisis de la estabilidad de taludes en rocas entre los kilómetros 40 al 42 de la carretera Trujillo – Huamachuco.	2019	Trujillo - Perú	http://repositorio.upao.edu.pe/handle/upaorep/4631
2	Análisis de la estabilidad de Taludes en macizo rocoso de la carretera Sina Yanahuaya tramo III – sub tramo 02, a partir de la caracterización geológica y resistencia a la comprensión simple.	2016	Puno- Perú	http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/2976
3	Soluciones para la estabilidad de taludes de la carretera Canta – Huayllay entre las progresivas del Km 102 al Km 110.	2017	Lima - Perú	https://cybertesis.unmsm.edu.pe/handle/20.500.12672/5743
4	Ampliación y mejoramiento de la carretera Cañete - Yauyos - Huancayo del km. 163+200 al km. 163+500: estabilidad de taludes y diseño de pavimento.	2015	Perú	http://eds.b.ebscohost.com/eds/detail/detail?vid=2&sid=23ed1a6f-763b-49a8-bdeb-1c1e8b9e60ee%40pdc-v-sessmgr05&bdata=Jmxhbmc9ZXMmc210ZT11ZHMtbGl2ZQ%3d%3d#AN=edsbas.A8CA2EDB&db=edsbas
5	Estudio de estabilización de taludes en el barrio La Merced Baja-Cantón Guaranda.	2018	Quito – Ecuador	http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/16287/1/T-UCE-0012-FIG-029.pdf
6	Análisis dinámico de estabilidad de taludes por elementos finitos en la zona de Huayllapampa del distrito de Cuenca – Huancavelica.	2016	Lircay – Perú	http://repositorio.unh.edu.pe/bitstream/handle/UNH/1935/TESIS%20TARDEO%20Y%20ZANABRIA.pdf?sequence=1&isAllowed=y
7	Análisis y diseño de la estabilidad de Talud en el sector Sausacocha – pallar Km. 8+000 al 9+000 provincia de Sánchez Carrión, departamento de La Libertad, 2017.	2019	Chiclayo – Perú	http://tesis.usat.edu.pe/bitstream/20.500.12423/1788/1/TL_CarrionAguilarCarlos.pdf
8	Estudio para la estabilización del talud del tramo km 318+000 hasta km-318+300 de la carretera Cajamarca – Chachapoyas.	2017	Chachapoyas – Perú	http://repositorio.untrm.edu.pe/bitstream/handle/UNTRM/1263/1.%20TESIS%20BACH.%20CARLOS%20FERNANDO%20TAFUR%20TUESTA.pdf?sequence=1&isAllowed=y

9	Análisis de alternativas técnico - económicas para estabilizar el talud ubicado en el km 3+310 al km 3+490 de la vía Chontayoc – Tinyash, distrito de Independencia – Huaraz – Ancash.	2018	Ancash - Perú	http://repositorio.unasam.edu.pe/bitstream/handle/UNASAM/2471/T033_70745077_T.pdf?sequence=1&isAllowed=y
10	Grado de estabilidad de los taludes críticos de la carretera Baños del Inca – Llacanora.	2018	Cajamarca – Perú	http://repositorio.unc.edu.pe/bitstream/handle/UNC/1995/TESIS.pdf?sequence=1&isAllowed=y
11	Propuesta de remediación geotécnica de un talud incorporando un muro de suelo reforzado con el sistema Terramesh para el proyecto de la Carretera Matarani – El Arenal.	2015	Lima - Perú	http://repositorio.urp.edu.pe/xmlui/bitstream/handle/URP/2183/altamirano_glorivas_jj.pdf?sequence=1&isAllowed=y
12	Propuesta para mejorar la serviciabilidad de un talud vial incorporando un muro de suelo reforzado con el Sistema Terramesh para el proyecto Quebrada Honda-Ferrocarril Central-Huancayo.	2019	Huancayo – Perú	https://repositorio.continental.edu.pe/bitstream/20.500.12394/7997/1/IV_FIN_105_TE_Sanchez_Puchoc_2019.pdf
13	Estabilización de taludes en la carretera PE1-NF tramo Contumazá – Chilete - 2019.	2019	Trujillo – Perú	http://repositorio.uprit.edu.pe/bitstream/handle/UPRIT/233/TESIS%20TICONA%20MARCA%20PABLO%20CESAR.pdf?sequence=1&isAllowed=y
14	Análisis de estabilidad de talud de la carretera nic. 7 en el km 176, municipio de Santo Tomas, del departamento de Chontales.	2020	Nicaragua	https://repositorio.unan.edu.ni/12506/1/ADAN%20ALBERTO%20PRADO%20GONZ%C3%81LEZ.pdf
15	Evaluación geológica geotécnica del deslizamiento ubicado entre las progresivas km 41+000 al km 41+750 de la línea de conducción Vilachaullani, sector Titijahuani, Tarata – Tacna.	2018	Tacna-Perú	http://repositorio.unjbg.edu.pe/bitstream/handle/UNJBG/3261/1460_2018_olguin_palomino_ja_fiag_geologia.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Fuente: Elaboración propia, 2020.

Así mismo también se usó plataformas como INGEMMET y el boletín de los cuadrángulos de Cajamarca, San Marcos y Cajabamba.

Del mismo modo, se usó material de estudios anteriores cerca de la zona de investigación, los cuales nos permitieron tener una visualización de las limitaciones de la investigación y así elaborar un plan de trabajo.

Junto con ellos se realizó planos empleando el software ArcGis 10.5 con data de GEOCATMIN para descargar los shapefiles y uso de GOOGLE EARTH para descargar imágenes satelitales.

Etapas de campo

Brusi, (1992) cuando considera que las salidas de campo son imprescindibles para poder desarrollar "el análisis de la realidad que nos envuelve, para integrar en el conocimiento personal la experiencia del proceso de observación y reflexión que hace significativo el aprendizaje. Es por eso el correcto uso de materiales más la información obtenida en pre campo nos dará como resultado datos optimismos para un análisis efectivo.

Todo este proceso se realiza a través de equipos y materiales como es la brújula que es esencial para toma de lineamientos con respecto al norte y el buzamiento orientación en plano geológico, picota para crear superficies de identificación a primera instancia la dureza de los diferentes tipos de material como también la recolección de muestras , la lupa que nos ayuda a la identificación in situ del material; la wincha una herramienta que nos permitió medir los espesores del talud, como medir ciertas distancias para cálculo de RMR y RQD en campo; fichas de muestreo que nos ayudan a la identificación de muestras en el laboratorio y el cuaderno de campo que nos permite la recolección de datos tomados durante toda la investigación.

Durante toda la investigación, realizamos un reconocimiento a la zona, para identificar limitantes cómo acceso a propiedades, así mismo se hizo uso del GPS para identificar los puntos o las estaciones para el análisis de los taludes, identificación de litologías y cálculo de parámetros geotécnicos.



Figura 1. *Identificación posibles zonas susceptibles, 2020*



Figura 2. *Toma de datos, 2020*



Figura 3. Reconocimiento de materiales presentes en el lugar de estudio, 2020

Etapas de gabinete

Una vez que obtuvimos los datos en campo, creamos una base de datos en Microsoft Excel, la cual fue importada al software ArcGIS 10.5 para el análisis correspondiente de los planos geológico y topográfico. Después de ello se hace una segunda exportación de datos obtenidos en campo y laboratorio al software Slide V.6, Dips V.6 y Geotable. Con la ayuda de estos softwares podemos realizar el cálculo de del FS del mismo visualizar una información estructural a más detalle y las posibles soluciones de acuerdo a lo calculado en campo.



Figura 4. Método de dovelas o rebanadas Olalla, C. 199

CAPÍTULO III. RESULTADOS

3.1. Ubicación geográfica

La zona de estudio de Chamis, se encuentra ubicada geográficamente, en la parte norte de la cordillera de los Andes Peruanos con una extensión de área de 12.95 km²; que abarca la carta geológica nacional de Cajamarca (15 - f), desde los 2775 m.s.n.m. hasta los 3470 m.s.n.m. y las coordenadas geográficas son:

Tabla 3.

Ubicación Geográfica Coordenadas de la zona de estudio

Vértice	Norte	Este
Punto Inicial	9208644	772247
Punto Final	9210900	769631

Fuente: Propia (2020).

Nota: El sistema de coordenadas empleado es UTM – WGS84, zona 17S.

3.2. Ubicación política

Tabla 4.

Ubicación Política de la zona de estudio, se encuentra en la ubicación política

UBICACIÓN	
REGIÓN	CAJAMARCA
PROVINCIA	CAJAMARCA
DISTRITO	CAJAMARCA
CENTRO POBLADO	CHAMIS

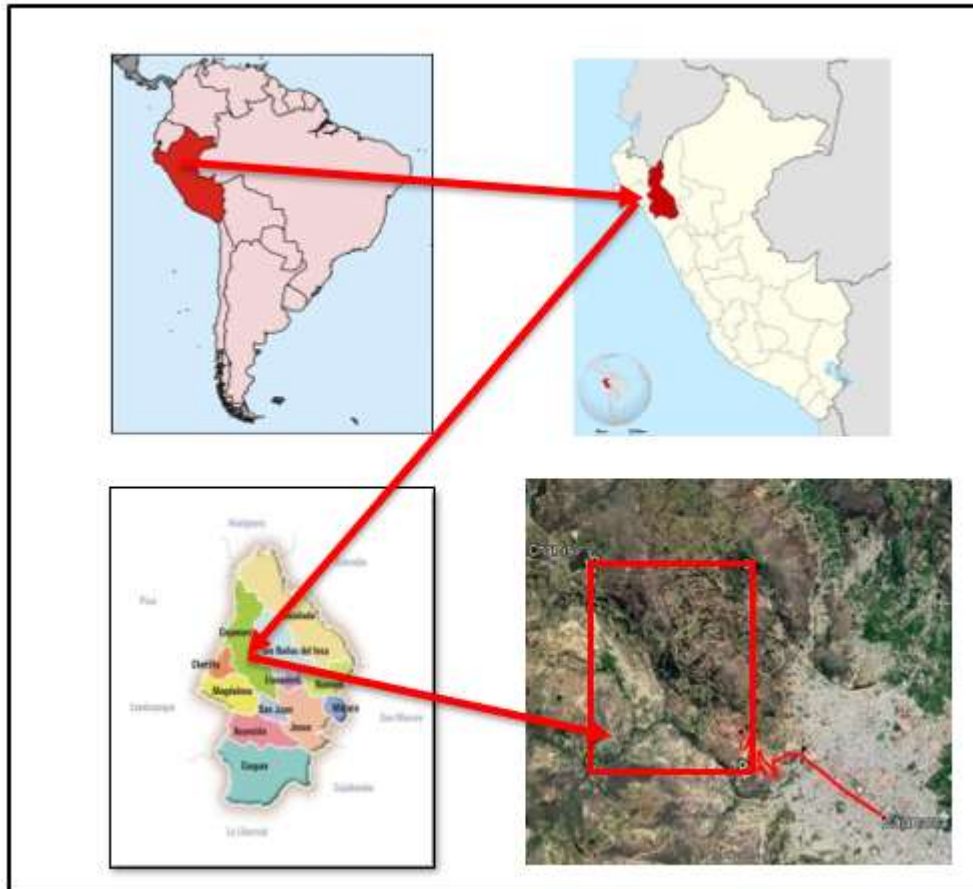


Figura 5. Ubicación de la zona de estudio

3.3. Accesibilidad

La zona de estudio se encuentra a 9.4 km aproximadamente de la ciudad de Cajamarca, la carretera no está asfaltada y para acceder a este caserío se toma la línea de transportes que está ubicado en la primera cuadra del Jr. Huánuco, el tiempo de llega es de 30 min aproximadamente.

3.4. Clima

Naturalmente en esta zona es de un clima húmedo y templado, moderadamente lluvioso y con amplitud térmica no tan moderada, también con fuertes vientos por la altitud. Mostrando temperatura máxima 21.4°, temperatura mínima 7.2° y una temperatura promedio de 14.7°.



Figura 6. Accesibilidad a zona de estudio - Fuente Google Earth 2020



Figura 7. Temperatura de Chamis durante el año



Figura 8. Clima del área de estudio - Fuente Weather Spark.

3.5. Precipitación

Estación de lluvias intensas: diciembre a marzo. Las lluvias determinan durante el año dos estaciones: La seca, que corresponde al otoño e invierno en el hemisferio sur y en la costa peruana, de intenso sol, bastante templado durante el día y refrigerado en las noches, se presenta durante los meses de mayo a septiembre; mientras que la temporada de lluvias, pertenece al verano costero y del mismo hemisferio, se da en los meses de julio y agosto.



Figura 9. Probabilidad de lluvia de la zona de estudio.

3.6. Flora y fauna

Posee un amplio y variado potencial florístico con especies herbáceas, consta principalmente de eucalipto (*Eucalyptus*), pino (*Pinus*), ciprés (*Cupressus*), penca, zarza (*Rubus*), arbustivas, y forestales nativas e introducidas que fue poblada hace cientos de años.

El mayor deterioro se ha dado en los últimos 40 a 50 años, con la presencia de la actividad humana, lo cual ha generado desequilibrio en el ecosistema y en la cobertura vegetal.



Figura 10. Vegetación de la zona de la carretera hacia Chamis.

El principal impacto lo causa la actividad agrícola; sin embargo, debe destacarse que, a pesar de este uso intensivo del suelo, los pobladores vienen tomando conciencia de la importancia de ecosistema y han comenzado a emprender acciones para proteger las áreas reforestadas, los manantiales de agua

Respecto a la Fauna existe la crianza de ganado vacuno de leche. Se crían toros para ser usados como yuntas en la preparación de terrenos. Crían igualmente caballos y ovinos de raza criolla.

Las actividades realizadas son, ordeño, dosificaciones y trabajo de prelación del terreno con yunta. En estas labores participa toda la familia, salvo en la última que es realizada sólo por varones. En menor proporción la crianza de ovinos, porcinos y animales de corral, como cuyes, conejos, entre otros.

3.7. Geología Regional

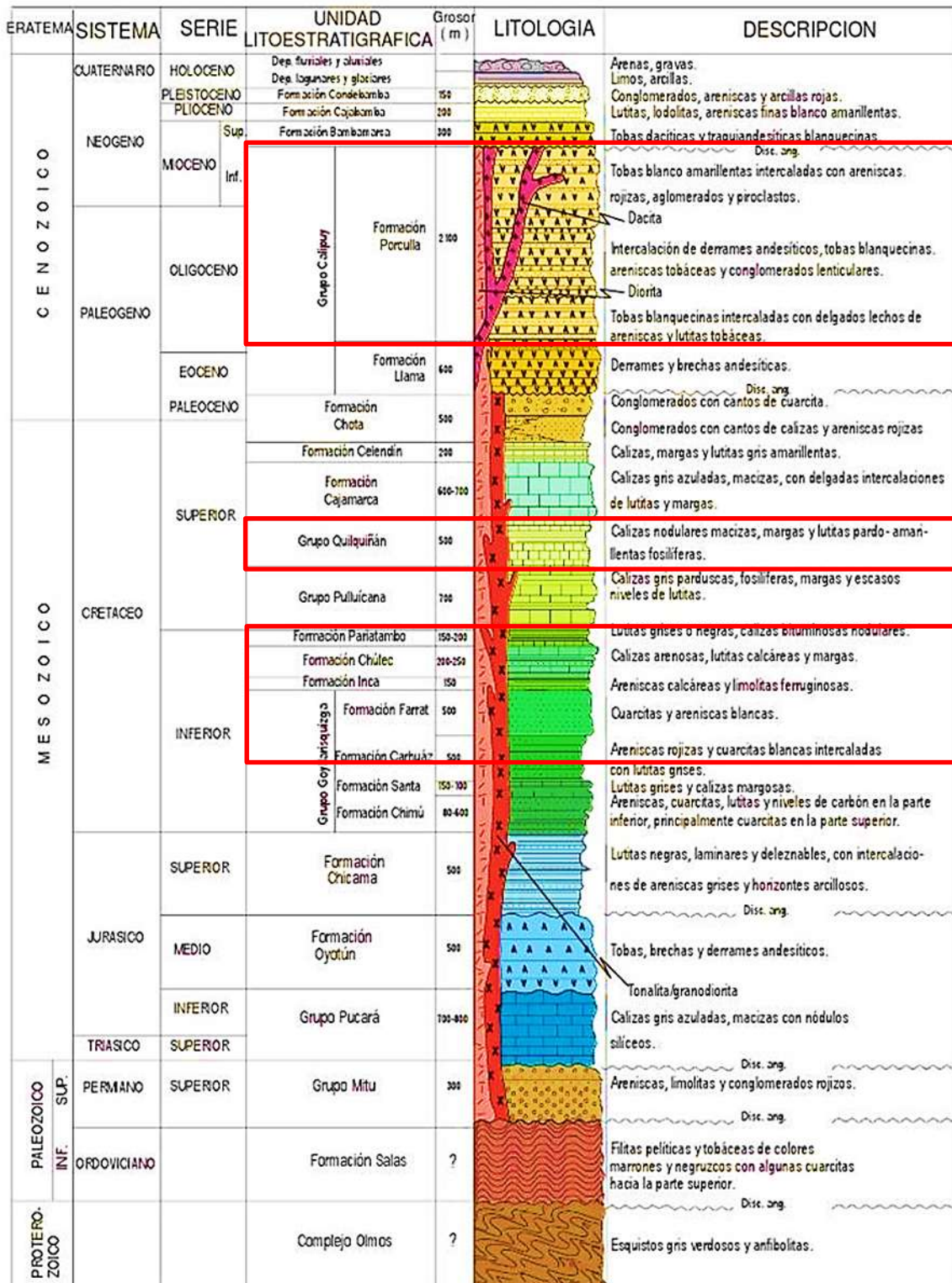
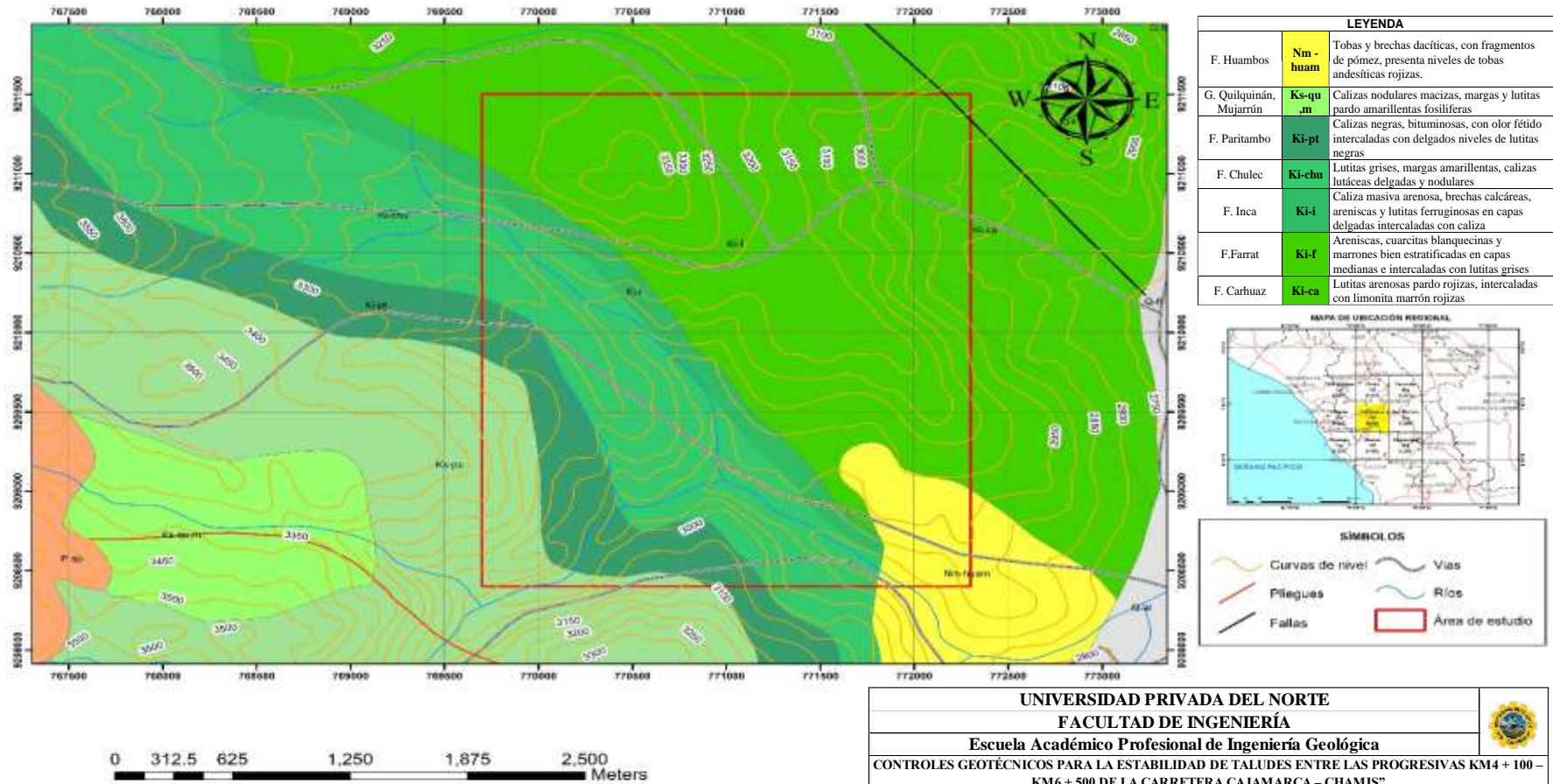


Figura 11. Columna estratigráfica de Cajamarca, Cajabamba y San Marcos. – Zona enmarcada de color indica geología de la zona de estudio

Fuente: Orbasia Geología UNC (2013).





UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE			
FACULTAD DE INGENIERÍA			
Escuela Académico Profesional de Ingeniería Geológica			
CONTROLES GEOTÉCNICOS PARA LA ESTABILIDAD DE TALUDES ENTRE LAS PROGRESIVAS KM4 + 100 – KM6 + 500 DE LA CARRETERA CAJAMARCA – CHAMIS”			
PLANO GEOLÓGICO			
	ASESOR:	Ing. Daniel Alva Huamán	PLANO: 1
	ALUMNO:	Goicochea Briones, Pedro Alexander Vidaurre Lllallacachi, Brando Michael Erick	
	ESCALA	1/20 000	
	COORDENADAS	GGs-1984 UTM-ZONA 17S	

Figura 12. Plano Geológico de la zona de estudio

3.8. Geología Local

Cretácico Inferior

Grupo Goyllarisquizga

Formación Farrat

La formación Farrat subyace con aparente concordancia a la formación Carhuaz y subyace, con la misma relación, a la formación Inca, dando la impresión en muchos lugares, de tratarse de un paso gradual. (Boletín 31 - INGEMMET)

En la zona de Chamis, se encontró una serie de afloramientos, pertenecientes a la formación Farrat, presentan una secuencia de areniscas cuarzosas de grano fino y grano grueso, con intercalaciones de limonitas arenosa.



Figura 13. *Formación Farrat, presencia de limonitas arenosas*

Grupo Crisnejas

Formación Inca

La formación Inca infrayace concordantemente a la Formación Chúlec y suprayace con la misma relación a la formación Farrat. En diversas zonas de Cajamarca se ha observado que gradualmente se intercalan areniscas calcáreas de grano medio a fino con lutitas ferruginosas, dando en superficie un matiz rojizo, con evidente acción de limonitización (Benavides, 1956).

Se ha observado que gradualmente se intercalan areniscas calcáreas lutitas ferruginosas y lechos de areniscas cuarzosas, dando en superficie un matiz amarillento del mismo modo areniscas limosas bastante meteorizadas.



Figura 14. *Formación Inca, presencia de areniscas y lutitas ferruginosas masivas.*

Formación Chúlec

Esta formación se extiende en la zona norte del Perú suprayaciendo concordantemente a la formación Inca e infrayace con la misma relación a la formación Pariatambo (Boletín 31 - INGEMMET)

En la zona se pudo observar una secuencia de, limolita arenosa, limolita arcillosa, lutitas, caliza cristalizada, En la parte céntrica se identificó limolita arcillosa, con intercalaciones de caliza arcillosa, lutitas margosas, calcáreas y calizas cristalinas. En la parte inferior podemos observar limolita arcillosa con intercalaciones de areniscas limosas.



Figura 15. *Formación Chúlec, presencia de limolita arcillosa y areniscas limosas.*

Cretáceo Superior

Grupo Quilquiñan

Formación Mujarrún

En la zona Chamis está compuesta principalmente por calizas nodulares en estratos macizos con intercalación limolitas y margas amarillentas, el afloramiento rocoso está bastante intemperado principalmente las limolitas y margas ya que estas son menos resistentes a la erosión por diversos factores tanto por plantas como por las aguas de meteóricas.



Figura 16. *Formación Mujarrún, presencia de calizas nodulares con margas y lutitas pardo amarillentas.*

Neógeno

Volcánico Huambos

Es uno de los depósitos sub-horizontales de tobas andesíticas y traquitas. Sus afloramientos en la zona de estudio se encuentran rellenando depresiones o superficies antiguas más o menos onduladas, mostrando una erosión de aspecto uniforme. Las tobas andesíticas tienen una textura porfírica y están compuestas por abundante plagioclasa. Por encima de esta formación se encuentra regolito.



Figura 17. *Formación Huambos, presencia de tobas andesíticas y regolito.*



Figura 18. *Formación Huambos, presencia de tobas andesíticas.*

3.9. Geomorfología

3.9.1. Bioclástica

Producto de la penetración de las raíces en las rocas. Las raíces de un árbol, que se introducen en las grietas de rocas que excavan la tierra, en este caso de limolitas arcillosas. Esta Geoforma se encuentra en la formación Farrat.



Figura 19. *Fragmentación de la roca por acción de las raíces*

3.9.2. Reptación

Producto del deslizamiento del material sobre el suelo, hace que las plantas arbóreas tengan una disposición inclinada en la parte inferior de su tronco. Se localizó en la formación Farrat.



Figura 20. *Curvatura de los árboles debido a la reptación producida en el suelo.*

3.9.3. Cárcavas

Estructura reconocida porque permite el paso del agua y está por su poder erosivo va socavando la superficie del terreno, pero en grandes dimensiones; solo presenta flujo de agua en época lluviosa.



Figura 21. Cárcavas al costado de la carretera hacia Chamis.

3.9.4 Remoción de masas

Dentro del área de estudio se evidenciaron deslizamientos a lo largo principalmente de las formaciones Pariatambo y Chúlec Lo que nos indica que la zona de estudio se encuentra en un riesgo geológico.



Figura 22. *Movimiento de rocas cuesta abajo por la fuerza de la gravedad.*

3.10. Estaciones de Control Geotécnico

Las propiedades geomecánicas de las unidades geológicas fueron analizadas en el software Dips v6.0, de los datos tomados en las salidas de campo.

Los taludes analizados están conformados por depósitos aluviales, deluviales, y rocas de las Formaciones Farrat, Inca y Chúlec.

Las condiciones de aplicación para las unidades geológicas son las siguientes:

- Taludes de rocas: Criterio Generalizado de Hoek-Brown.

3.10.1. Estación N° 1

El talud se encuentra en las coordenadas que muestra la tabla N° 05, constituido por roca caliza de la Formación Farrat, su GSI es de 30 - 35 y se encuentra levemente meteorizado por procesos geodinámicos externos.

Las características que se muestran una secuencia de areniscas cuarzosas de grano fino y grano grueso, con intercalaciones de limolitas arenosa.

Tabla 5.

Coordenadas UTM-WGS84 de la Estación Geomecánica N° 01.

Coordenadas UTM - WGS84	
ESTE	711988
NORTE	9209285
COTA	3040

Fuente: Elaboración propia, 2020.



Figura 23. Talud de roca de la Estación de Control Geomecánico N°01



Figura 24. *Muestra de roca de la Estación de Control 3040 Geomecánico N°01*

Resistencia de la roca intacta

Tabla 6.

Rango de Valores para la Resistencia de la roca “i ntacta” de la Estación Geomecánica N° 01.

UCS (Mpa)	PLS (Mpa)	Puntaje	Comentarios <1	0
1 a 5				1
	En este rango no se recomienda el uso de ensayo de carga puntual para estimar la resistencia de la			Resistencia Muy Baja
5 a 25				2
	roca “intacta”			
25 a 50		1 a 2		4
				Resistencia Baja
50 a 100		2 a 4		7
				Resistencia Moderada
100 a 250		4 a 10		12
				Resistencia Alta
>250		>10		15
				Resistencia Muy Alta

Índice de la calidad de la roca, RQD

El RQD se ha estimado midiendo la cantidad de discontinuidades en 1 m² del talud.

Ecuación 1. *RQD a través de Jv.*

$$RQD = 115 - 3.3(Jv)$$

En donde Jv: número de discontinuidades en 1m²

$$RQD = 115 - 3.3(18)$$

$$RQD = 55.6$$

De acuerdo con el rango de valores para la resistencia de la roca “intacta” de Karzulovic (2006), la roca se considera con una resistencia moderada teniendo una valoración que va de 7 a 11.

También se halló el valor RQD mediante la fórmula:

Ecuación 2. *RQD a través de λ*

$$RQD = 100. e^{-0.1(\lambda)} (0.1 * \lambda + 1)$$

Donde (λ): es la diferencia media de discontinuidades por metro.

Ecuación. *Fórmula para hallar λ*

$$\lambda = \frac{\text{cantidad de fracturas}}{\text{longitud de sondeo}}$$

El error comprobado es de $\pm 5\%$.

Aplicando la fórmula tenemos:

Cantidad de fracturas: 30 en 2 mts.

Entonces:

$$\lambda = \frac{30}{2} = 15$$

$$RQD = 100. e^{-0.1(15)} (0.1 * 15 + 1) = 55.782\%$$

Tabla 7.

Rango de Valores para el Índice de calidad del RQD de la Estación Geomecánica N° 01.

Calidad del Macizo	RQD (%)	Puntaje
MUY MALA calidad geotécnica	<25	3
MALA calidad geotécnica	25 a 50	8
REGULAR calidad geotécnica	50 a 75	13
BUENA calidad geotécnica	75 a 90	17
EXCELENTE calidad geotécnica	90 a 100	20

Según lo obtenido con los cálculos el RQD se encuentra entre un 50 a 75 % lo que quiere decir que la calidad del macizo rocoso es de REGULAR calidad geotécnica, recibiendo un puntaje de 13.

Espaciamiento de las discontinuidades

En este punto se midieron 2 sistemas de discontinuidades (denominados 1 y 2) que corresponden a los estratos como estructura principal (1) y la otra a fractura perpendicular a la estratificación con orientación (2).

El azimut y espaciamiento de la discontinuidad se registra en la siguiente tabla.

Tabla 8.

Sistema de discontinuidades en el macizo rocoso de la Estación Geomecánica N° 01.

Sistema	Azimut	Ángulo de buzamiento	Dirección de buzamiento	Espaciamiento de discontinuidades (cm)
1	N 108°	45°	198°	6 – 20
2	N 145°	82°	235°	6 - 20

Tabla 9.

Rango de Valores para el Espaciamiento de Discontinuidades de la Estación Geomecánica N° 01.

Descripción del	S (mm)	Puntaje Espaciamiento
MUY JUNTO O EXTREMADAMENTE JUNTO	<60	5
JUNTO	60 a 200	8
MODERADO	200 a 600	10
SEPARADO	600 a 2 000	15
MUY SEPARADO	>2 000	20

La valoración del espaciamiento entre las discontinuidades es entre 60 a 200 mm a lo cual se asigna un puntaje de 8 siendo estas juntas.

Condición de las discontinuidades (Jc)

La condición de las estructuras se describe según lo evidenciado en el macizo rocoso, además se puede apreciar la condición en las fotografías que acompañan a la descripción.

La persistencia de las fracturas va de 3 a 10 m, obteniendo una valoración de 2.

Las aperturas que se observan en el macizo van de 0.1 a 1.0 mm, obteniendo una valoración de 4.

Las fracturas son **rugosas**, obteniendo una valoración de 5.

No se visualiza presencia de **relleno**, obteniendo una valoración de 6.

Para la **meteorización** del macizo rocoso se consideró como moderadamente alterado, obteniendo una valoración de 3.

Tabla 10.

Rango de Valores en Relación a las Condiciones de las Discontinuidades de la Estación Geomecánica N° 01.

Parámetro de la Estructura	Condición o Características & Puntaje o Rating				
	<1	1 a 3	3 a 10	10 a 20	>20
	Persistencia o Extensión (m)	6	4	2	1
Apertura o Espesor (mm)	0	< 0,1	0,1 a 1	1 a 5	>5
	6	5	4	1	0
Rugosidad	Muy Rugosa	Rugosa	Algo Rugosa	Lisa	Pulida
	6	5	3	1	0
Material de Relleno	Ninguno	Duro <5	Duro >5	Blando <5	Blando >5
	6	4	2	2	0
Intemperización o Alteración	Fresca	Algo Alterada	Alteración Moderada	Muy Alterada	Descompuesta
	6	5	3	1	0

Condición del Agua

El macizo rocoso se presenta totalmente seco, pero por consideraciones geotécnicas se lo tomará como húmedo por lo tanto su valoración es de 10, según la clasificación propuesta por Deere en 1964.

Valoración del macizo rocoso RMR

Tabla 11.

Valoración del RMR al sumar los puntajes obtenidos

PARÁMETRO	PUNTAJE
Resistencia de la roca intacta	7
RQD	13
Espaciamiento de las discontinuidades	8
Longitud de las discontinuidades	2
Apertura	4
Rugosidad	5
Relleno	6
Meteorización	3
Condición de agua	10
TOTAL (RMR)	58

La valoración del macizo rocoso es de 58, este valor corresponde con un macizo de categoría III, es decir, de calidad Regular.

Orientación de las Discontinuidades

El azimut del talud es N 120°. Las discontinuidades principales (estratificación), tienen un azimut de N 108° siendo su dirección de buzamiento perpendicular a la dirección de excavación, por lo tanto, al RMR se le resta 2.

Tabla 12.

Ajuste de Valoración por Orientación de las Fisuras

Condición de la orientación de las fisuras	Ajuste en la valoración		RMR Ajustado
		Valor de RMR	
Favorable	-2	58	56

Por tanto, el RMR del macizo rocoso obtendría una clase III, considerado un macizo de calidad Regular.

Con toda la información obtenida anteriormente se podrá hallar dos parámetros que nos servirán para el desarrollo de la presente tesis. Estas son:

Ecuación 3. *Cohesión a través del RMR*

COHESIÓN

$$c = 5 * 56 \text{ (KPa)}$$

$$c = 280 \text{ (KPa)}$$

Ecuación 4. *Ángulo de Fricción*

ÁNGULO DE FRICCIÓN

$$\phi = 5 + \frac{56}{2} \text{ (deg)}$$

$$\phi = 33$$

Se obtuvo una cohesión de 200 – 300 Kpa y un ángulo de fricción de 30° – 40°.

3.10.2. Estación N° 2

El talud se encuentra en las coordenadas que muestra la tabla N° 13, constituido por roca caliza de la Formación Farrat, su GSI es de 25 - 35 y se encuentra moderadamente meteorizado por procesos geodinámicos externos.

Las características que se muestran una secuencia de caliza bituminosa en ciertas zonas del talud.

Tabla 13.

Coordenadas UTM-WGS84 de la Estación Geomecánica N° 02.

Coordenadas UTM - WGS84	
ESTE	771791
NORTE	9209592
COTA	3070

Fuente: Elaboración propia, 2020.



Figura 25. Talud de roca de la Estación de Control Geomecánico N°02



Figura 26. Talud de roca de la Estación de Control Geomecánico N°02

Resistencia de la roca intacta

Tabla 14.

Rango de Valores para la Resistencia de la roca “intacta” de la Estación Geomecánica N° 02.

UCS(Mpa)	PLS (Mpa)	Puntaje	Comentarios
<1	En este rango no se recomienda el uso de	0	
1 a 5	ensayo de carga puntual para estimar la	1	Resistencia muy Baja
5 a 25	resistencia de la roca “intacta”	2	
25 a 50	1 a 2	4	Resistencia Baja
50 a 100	2 a 4	7	Resistencia Moderada
100 a 250	4 a 10	12	Resistencia Alta
>250	>10	15	Resistencia muy Alta

Índice de la calidad de la roca, RQD

El RQD se ha estimado midiendo la cantidad de discontinuidades en 1 m² del talud.

$$RQD = 115 - 3.3(J_v)$$

En donde J_v : número de discontinuidades en 1m²

$$RQD = 115 - 3.3(19)$$

$$RQD = 52.3$$

De acuerdo con el rango de valores para la resistencia de la roca “intacta” de Karzulovic (2006), la roca se considera con una resistencia moderada teniendo una valoración que va de 4 a 6.

También se halló el valor RQD mediante la fórmula:

$$RQD = 100. e^{-0.1(\lambda)} (0.1 * \lambda + 1)$$

Donde (λ): es la diferencia media de discontinuidades por metro.

Ecuación 5. *Fórmula para hallar λ*

$$\lambda = \frac{\text{cantidad de fracturas}}{\text{longitud de sondeo}}$$

El error comprobado es de $\pm 5\%$.

Aplicando la fórmula tenemos:

Cantidad de fracturas: 32 en 2 mts.

Entonces:

$$\lambda = \frac{32}{2} = 16$$

$$RQD = 100. e^{-0.1(16)} (0.1 * 16 + 1) = 52.493\%$$

Tabla 15.

Rango de Valores para el Índice de calidad del RQD de la Estación Geomecánica N° 02.

Calidad del Macizo	RQD (%)	Puntaje
MUY MALA calidad geotécnica	<25	3
MALA calidad geotécnica	25 a 50	8
REGULAR calidad geotécnica	50 a 75	13
BUENA calidad geotécnica	75 a 90	17
EXCELENTE calidad geotécnica	90 a 100	20

Según lo obtenido con los cálculos el RQD se encuentra entre un 25 a 50 % lo que quiere decir que la calidad del macizo rocoso es de MALA calidad geotécnica, recibiendo un puntaje de 8.

Espaciamiento de las discontinuidades

En este punto se midieron 2 sistemas de discontinuidades (denominados 1 y 2) que corresponden a los estratos como estructura principal (1) y la otra a fractura perpendicular a la estratificación con orientación (2).

El azimut y espaciamiento de la discontinuidad se registra en la siguiente tabla.

Tabla 16.

Sistema de discontinuidades en el macizo rocoso de la Estación Geomecánica N° 02.

Sistema	Azimut	Ángulo de buzamiento	Dirección de buzamiento	Espaciamiento de discontinuidades (cm)
1	N 119°	54°	209°	6 – 20
2	N 65°	75°	155°	6 - 20

Tabla 17.

Rango de Valores para el Espaciamiento de Discontinuidades de la Estación Geomecánica N° 02.

Descripción del espaciamiento	S (mm)	Puntaje de Espaciamiento
EXTREMADAMENTE JUNTOS	<60	5
JUNTO	60 a 200	8
MODERADO	200 a 600	10
SEPARADO	600 a 2000	15
MUY SEPARADO	>2 000	20

La valoración del espaciamiento entre las discontinuidades es entre 60 a 200 mm a lo cual se asigna un puntaje de 8 siendo estas juntas.

Condición de las discontinuidades (Jc)

La condición de las estructuras se describe según lo evidenciado en el macizo rocoso, además se puede apreciar la condición en las fotografías que acompañan a la descripción.

La persistencia de las fracturas es mayor a 20 m, obteniendo una valoración de 0.

Las aperturas que se observan en el macizo van de 0.1 a 1.0 mm, obteniendo una valoración de 4.

Las fracturas son **ligeramente rugosas**, obteniendo una valoración de 3.

El relleno es blando mayor a 5 mm, obteniendo una valoración de 0.

Para **la meteorización** del macizo rocoso se consideró como ligeramente alterado, obteniendo una valoración de 5.

Tabla 18.

Rango de Valores en Relación a las Condiciones de las Discontinuidades de la Estación Geomecánica N° 02.

Parámetro de la Estructura	Condición o Características				
	&				
	Puntaje o Rating				
Persistencia	<1	1 a 3	3 a 10	10 a 20	>20
Extensión (m)	6	4	2	1	0
Apertura o Espesor (mm)	0	< 0,1	0,1 a 1	1 a 5	>5
	6	5	4	1	0
Rugosidad	Muy Rugosa	Rugosa	Algo Rugosa	Lisa	Pulida
	6	5	3	1	0
Material de Relleno	Ninguno	Duro <5	Duro >5	Blando <5	Blando >5
	6	4	2	2	0
Intemperización o Alteración	Fresca	Algo Alterada	Alteración Moderada	Muy Alterada	Descompuesta
	6	5	3	1	0

Condición del Agua

El macizo rocoso se presenta totalmente seco, pero por consideraciones geotécnicas se lo tomará como húmedo por lo tanto su valoración es de 10, según la clasificación propuesta por Deere en 1964.

Valoración del macizo rocoso RMR

Tabla 19.

Valoración del RMR al sumar los puntajes obtenidos de la Estación Geomecánica N° 02.

PARÁMETRO	PUNTAJE
Resistencia de la roca intacta	4
RQD	13
Espaciamiento de las discontinuidades	8
Longitud de las discontinuidades	0
Apertura	4
Rugosidad	3
Relleno	0
Meteorización	5
Condición de agua	10
TOTAL (RMR)	47

La valoración del macizo rocoso es de 47, este valor corresponde con un macizo de categoría III, es decir, de calidad Regular.

Orientación de las Discontinuidades

El azimut del talud es N 163°. Las discontinuidades principales (estratificación), tienen un azimut de N 119° siendo su dirección de buzamiento perpendicular a la dirección de excavación, por lo tanto, al RMR se le resta 2.

Tabla 20.

Ajuste de Valoración por Orientación de las Fisuras

Condición de la orientación de las fisuras	Ajuste en la valoración	Valor de RMR	RMR Ajustado
Favorable	-2	47	45

Por tanto, el RMR del macizo rocoso obtendría una clase III, considerado un macizo de calidad Regular.

Con toda la información obtenida anteriormente se podrá hallar dos parámetros que nos servirán para el desarrollo de la presente tesis. Estas son:

COHESIÓN

$$c = 5 * 45 \text{ (KPa)}$$

$$c = 225 \text{ (KPa)}$$

ÁNGULO DE FRICCIÓN

$$\phi = 5 + \frac{45}{2} \text{ (deg)}$$

$$\phi = 27.5^\circ \text{ (deg)}$$

Se obtuvo una cohesión de 200 – 300 Kpa y un ángulo de fricción de 25° – 35°.

3.10.3. Estación N° 3

El talud se encuentra en las coordenadas que muestra la tabla N° 21, constituido por roca caliza de la Formación Farrat, su GSI es de 40 – 50 y se encuentra moderadamente meteorizado por procesos geodinámicos externos.

Las características que se muestran una secuencia de calizas moderadamente meteorizadas con una intercalación de areniscas limosas.

Tabla 21.

Coordenadas UTM-WGS84 de la Estación Geomecánica N° 03.

Coordenadas UTM - WGS84	
ESTE	771459
NORTE	9209701
COTA	3096

Fuente: Elaboración propia, 2020.



Figura 27. Talud de roca de la Estación de Control.

Resistencia a la roca intacta

Tabla 22.

Rango de Valores para la Resistencia de la roca “intacta” de la Estación Geomecánica N° 03.

UCS(Mpa)	PLS (Mpa)	Puntaje	Comentarios
<1	En este rango no se recomienda el uso de	0	
1 a 5	ensayo de carga puntual para estimar la	1	Resistencia muy Baja
5 a 25	resistencia de la roca “intacta”	2	
25 a 50	1 a 2	4	Resistencia Baja
50 a 100	2 a 4	7	Resistencia Moderada
100 a 250	4 a 10	12	Resistencia Alta
>250	>10	15	Resistencia muy Alta

Índice de la calidad de la roca, RQD

El RQD se ha estimado midiendo la cantidad de discontinuidades en 1 m² del talud.

$$RQD = 115 - 3.3(J_v)$$

En donde J_v: número de discontinuidades en 1m²

$$RQD = 115 - 3.3(16)$$

$$RQD = 62.2$$

De acuerdo con el rango de valores para la resistencia de la roca “intacta” de Karzulovic (2006), la roca se considera con una resistencia moderada teniendo una valoración que va de 12 a 14.

También se halló el valor RQD mediante la fórmula:

$$RQD = 100. e^{-0.1(\lambda)} (0.1 * \lambda + 1)$$

Donde (λ): es la diferencia media de discontinuidades por metro.

Ecuación 6. *Fórmula para hallar λ*

$$\lambda = \frac{\text{cantidad de fracturas}}{\text{longitud de sondeo}}$$

El error comprobado es de $\pm 5\%$.

Aplicando la fórmula tenemos:

Cantidad de fracturas: 26 en 2 mts.

Entonces:

$$\lambda = \frac{26}{2} = 13$$

$$RQD = 100. e^{-0.1(13)} (0.1 * 13 + 1) = 62.682\%$$

Tabla 23.

Rango de Valores para el Índice de calidad del RQD de la Estación Geomecánica N° 03.

Calidad del Macizo	RQD (%)	Puntaje
MUY MALA calidad geotécnica	<25	3
MALA calidad geotécnica	25 a 50	8
REGULAR calidad geotécnica	50 a 75	13
BUENA calidad geotécnica	75 a 90	17
EXCELENTE calidad geotécnica	90 a 100	20

Según lo obtenido con los cálculos el RQD se encuentra entre un 50 a 75 % lo que quiere decir que la calidad del macizo rocoso es de REGULAR calidad geotécnica.

Espaciamiento de las discontinuidades

En este punto se midieron 2 sistemas de discontinuidades (denominados 1 y 2) que corresponden a los estratos como estructura principal (1) y la otra a fractura perpendicular a la estratificación con orientación (2).

El azimut y espaciamiento de la discontinuidad se registra en la siguiente tabla.

Tabla 24.

Sistema de discontinuidades en el macizo rocoso de la Estación Geomecánica N° 03.

Sistema	Azimut	Ángulo de buzamiento	Dirección de buzamiento	Espaciamiento de discontinuidades (cm)
1	N 130°	75°	220°	6 – 20
2	N 140°	80°	230°	6 - 20

Tabla 25.

Rango de Valores para el Espaciamiento de Discontinuidades de la Estación Geomecánica N° 03.

Descripción del espaciamiento	S (mm)	Puntaje de Espaciamiento
EXTREMADAMENTE JUNTOS	<60	5
JUNTO	60 a 200	8
MODERADO	200 a 600	10
SEPARADO	600 a 2000	15
MUY SEPARADO	>2 000	20

La valoración del espaciamiento entre las discontinuidades es entre 60 a 200 mm a lo cual se asigna un puntaje de 8 siendo estas juntas.

Condición de las discontinuidades (Je)

La condición de las estructuras se describe según lo evidenciado en el macizo rocoso, además se puede apreciar la condición en las fotografías que acompañan a la descripción.

La persistencia de las fracturas va de 3 a 10 m, obteniendo una valoración de 2.

Las aperturas que se observan en el macizo son mayores a 5 mm, obteniendo una valoración de 0.

Las fracturas son **ligeramente rugosas**, obteniendo una valoración de 3.

El relleno es blando mayor a 5 mm, obteniendo una valoración de 0.

Para **la meteorización** del macizo rocoso se consideró como moderadamente alterado, obteniendo una valoración de 3.

Tabla 26.

Rango de Valores en Relación a las Condiciones de las Discontinuidades de la Estación Geomecánica N°3

Parámetro de la Estructura	Condición o Características				
	&				
	Puntaje o Rating				
Persistencia o	<1	1 a 3	3 a 10	10 a 20	>20
Extensión (m)	6	4	2	1	0
Apertura o Espesor (mm)	0	< 0,1	0,1 a 1	1 a 5	>5
	6	5	4	1	0
Rugosidad	Muy Rugosa	Rugosa	Algo Rugosa	Lisa	Pulida
	6	5	3	1	0
Material de Relleno	Ninguno	Duro <5	Duro >5	Blando <5	Blando >5
	6	4	2	2	0
Intemperización o Alteración	Fresca	Algo Alterada	Alteración Moderada	Muy Alterada	Descompuesta
	6	5	3	1	0

Condición del Agua

El macizo rocoso se presenta totalmente seco, pero por consideraciones geotécnicas se lo tomará como húmedo por lo tanto su valoración es de 10, según la clasificación propuesta por Deere en 1964.

Valoración del macizo rocoso RMR

Tabla 27.

Valoración del RMR al sumar los puntajes obtenidos de la Estación Geomecánica N° 03

PARÁMETRO	PUNTAJE
Resistencia de la roca intacta	12
RQD	13
Espaciamiento de las discontinuidades	8
Longitud de las discontinuidades	2
Apertura	0
Rugosidad	3
Relleno	0
Meteorización	3
Condición de agua	10
TOTAL (RMR)	51

La valoración del macizo rocoso es de 46, este valor corresponde con un macizo de categoría III, es decir, de calidad Regular.

Orientación de las Discontinuidades

El azimut del talud es N 135°. Las discontinuidades principales (estratificación), tienen un azimut de N 130° siendo su dirección de buzamiento perpendicular a la dirección de excavación, por lo tanto, al RMR se le resta 2.

Tabla 28.

Ajuste de Valoración por Orientación de las Fisuras de la Estación Geomecánica N° 03.

Condición de la orientación de las fisuras	Ajuste en la valoración	
	Valor de RMR	RMR Ajustado
Favorable	-2	49

Por tanto, el RMR del macizo rocoso obtendría una clase III, considerado un macizo de calidad Regular.

Con toda la información obtenida anteriormente se podrá hallar dos parámetros que nos servirán para el desarrollo de la presente tesis. Estas son:

COHESIÓN

$$c = 5 * 49 \text{ (KPa)}$$

$$c = 245 \text{ (KPa)}$$

ÁNGULO DE FRICCIÓN

$$\phi = 5 + \frac{49}{2} \text{ (deg)}$$

$$\phi = 29.5^\circ \text{ (deg)}$$

Se obtuvo una cohesión de 200 – 300 Kpa y un ángulo de fricción de 25° – 35°.

3.10.4. Estación N° 4

El talud se encuentra en las coordenadas que muestra la tabla N° 29, El material analizado dio como resultado una arena arcillosa según la clasificación SUCS teniendo de esa forma una cohesión de 0.13 y un ángulo de fricción de 28.9°. En

condiciones normales tenemos un resultado de factor de seguridad promedio de 0.431. Para realizar de este talud se utilizó el criterio de Mohr – Coulomb.

Tabla 29.

Coordenadas UTM-WGS84 de la estación Geomecánica N°4

Coordenadas UTM-WGS84	
ESTE	769809
NORTE	9210853
COTA	3252

Fuente: Elaboración propia, 2020.



Figura 28. Talud de Suelo analizado por criterio Mohr - Coulomb

3.11. Análisis Mediante el Software Dips

Utilizando el software Dips v6.0, pudimos analizar y también visibilizar diversas estructuras (fallas, juntas, planos), mediante la proyección estereográfica manual también se emplean las mismas técnicas que se rigen por su orientación, con la diferencia de que en este software se puede utilizar mayor variedad.

3.11.1. Estación N° 1

Tabla 30.

Datos de campo de la Estación N° 01.

DIP	DIP DIRECTION	TIPO
45	198	J1
48	196	J1
44	200	J1
49	197	J1
52	203	J1
47	205	J1
50	195	J1
48	194	J1
51	202	J1
46	208	J1
82	235	J2
80	239	J2
78	240	J2
81	236	J2
83	247	J2
77	242	J2
74	241	J2
79	238	J2
83	234	J2
76	243	J2

Análisis para Falla Planar

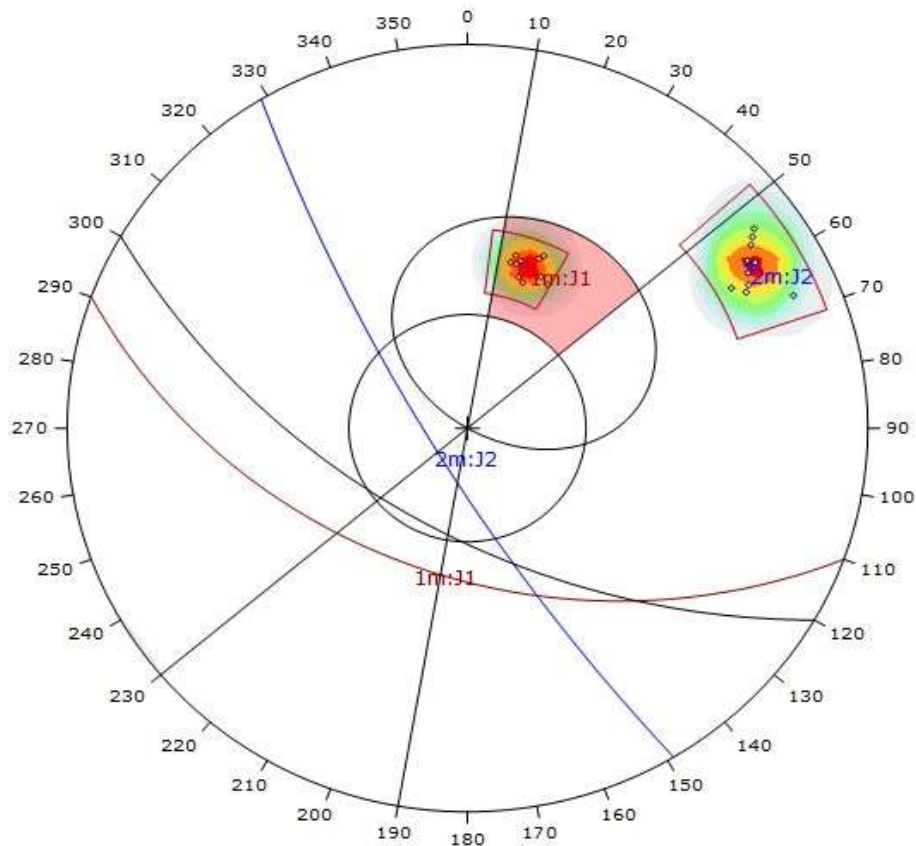


Figura 29. Análisis estereográfico de las discontinuidades tomando como base al cono de fricción y la envolvente del talud, que tiene límites laterales de $\pm 20^\circ$. Aquí se presencia que se forma una falla planar como consecuencia de las características geomecánicas.

Symbol	Feature		
◊	Pole Vectors		
Color	Density Concentrations		
	0.00 - 4.60		
	4.60 - 9.20		
	9.20 - 13.80		
	13.80 - 18.40		
	18.40 - 23.00		
	23.00 - 27.60		
	27.60 - 32.20		
	32.20 - 36.80		
	36.80 - 41.40		
	41.40 - 46.00		
Maximum Density	45.26%		
Contour Data	Pole Vectors		
Contour Distribution	Fisher		
Counting Circle Size	1.0%		
Kinematic Analysis	Planar Sliding		
Slope Dip	60		
Slope Dip Direction	210		
Friction Angle	33°		
Lateral Limits	20°		
	Critical	Total	%
Planar Sliding (All)	10	20	50.00%
Planar Sliding (Set 1)	10	10	100.00%

Figura 30. Valores que tiene cada familia en el Estereograma.

Análisis para Falla en Cuña

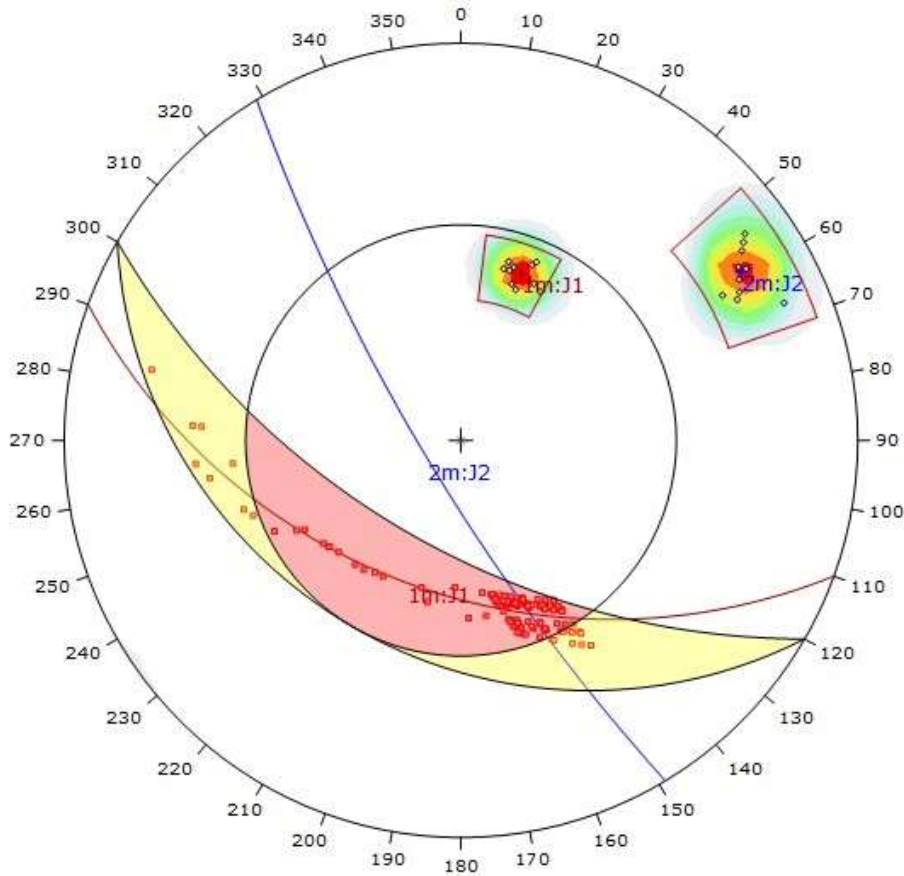


Figura 31. Análisis estereográfico de las discontinuidades tomando como base al cono de fricción y la envolvente del talud, que tiene límites laterales de $\pm 20^\circ$. Aquí se presencia una falla en cuña como consecuencia de las características geomecánicas de las juntas

Symbol	Feature
◇	Pole Vectors
■	Critical Intersection

Color	Density Concentrations
	0.00 - 4.60
	4.60 - 9.20
	9.20 - 13.80
	13.80 - 18.40
	18.40 - 23.00
	23.00 - 27.60
	27.60 - 32.20
	32.20 - 36.80
	36.80 - 41.40
	41.40 - 46.00

Maximum Density	45.26%
Contour Data	Pole Vectors
Contour Distribution	Fisher
Counting Circle Size	1.0%

Kinematic Analysis	Wedge Sliding
Slope Dip	60
Slope Dip Direction	210
Friction Angle	33°

	Critical	Total	%
Wedge Sliding	136	190	71.58%

Figura 32. Valores que tiene cada familia en el Estereograma.

Análisis para Falla por Vuelco

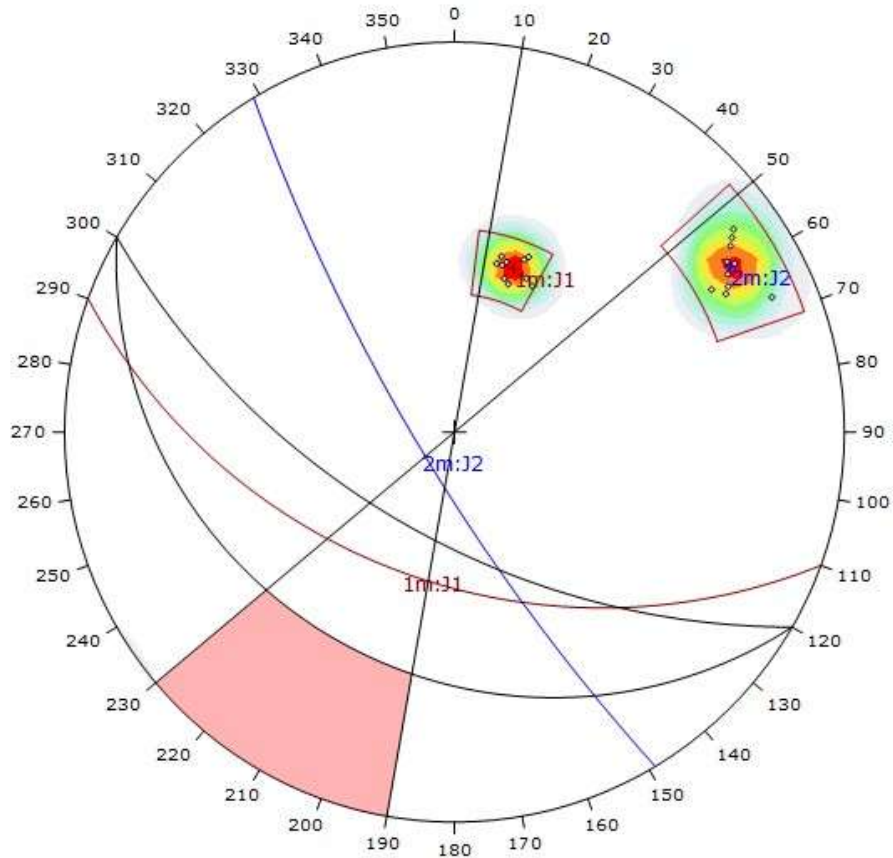


Figura 33. Análisis estereográfico de las discontinuidades tomando como base al cono de fricción y la envolvente del talud, que tiene límites laterales de $\pm 20^\circ$. Aquí se presencia que no se produce una falla por vuelco como consecuencia de las características geomecánicas

Symbol	Feature		
◊	Pole Vectors		
Color	Density Concentrations		
	0.00 - 4.60		
	4.60 - 9.20		
	9.20 - 13.80		
	13.80 - 18.40		
	18.40 - 23.00		
	23.00 - 27.60		
	27.60 - 32.20		
	32.20 - 36.80		
	36.80 - 41.40		
	41.40 - 46.00		
Maximum Density	45.26%		
Contour Data	Pole Vectors		
Contour Distribution	Fisher		
Counting Circle Size	1.0%		
Kinematic Analysis	Flexural Toppling		
Slope Dip	60		
Slope Dip Direction	210		
Friction Angle	33°		
Lateral Limits	20°		
	Critical	Total	%
Flexural Toppling (All)	0	20	0.00%

Figura 34. Valores que tiene cada familia en el Estereograma.

3.11.2. Estación N° 2

Tabla 31.

Datos de campo de la Estación N°02.

DIP	DIP DIRECTION	TIPO
54	209	J1
52	213	J1
51	206	J1
55	212	J1
50	210	J1
47	204	J1
49	205	J1
52	211	J1
48	207	J1
53	214	J1
75	155	J2
74	158	J2
77	153	J2
71	160	J2
73	156	J2
72	159	J2
75	154	J2
69	161	J2
70	163	J2
76	157	J2

Análisis para Falla Planar

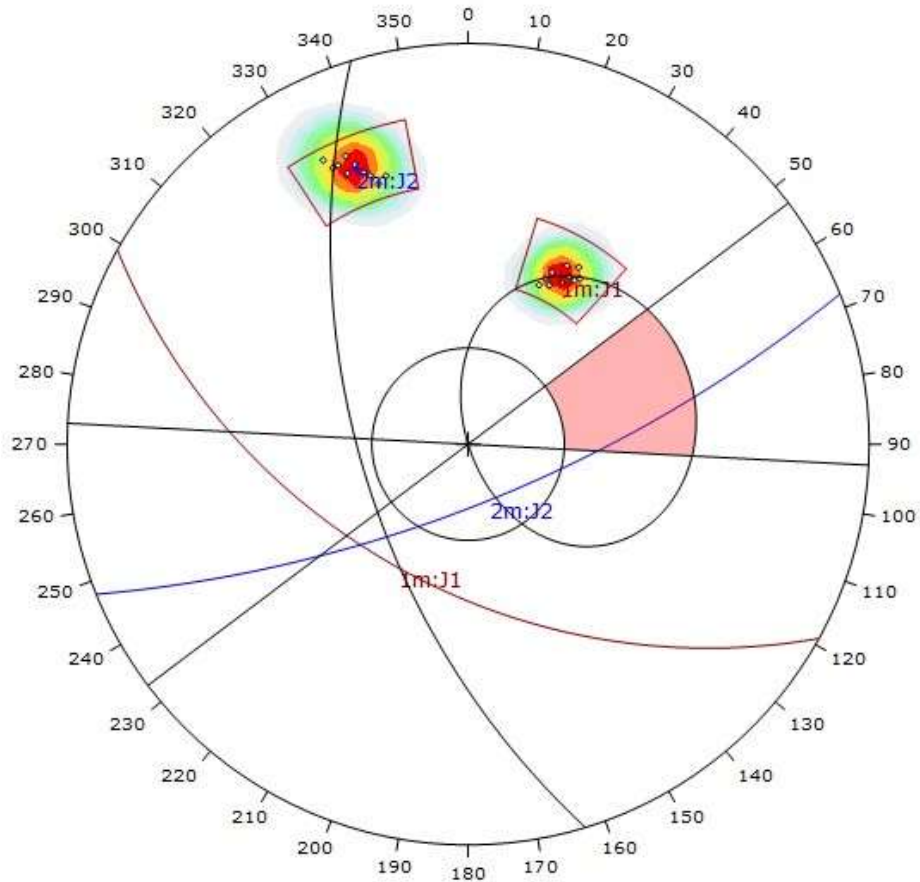


Figura 35. Análisis estereográfico de las discontinuidades tomando como base al cono de fricción y la envolvente del talud, que tiene límites laterales de $\pm 20^\circ$. Aquí se presencia que no se produce una falla planar como consecuencia de las características geomecánicas

Symbol	Feature		
◊	Pole Vectors		
Color	Density Concentrations		
	0.00 - 4.70		
	4.70 - 9.40		
	9.40 - 14.10		
	14.10 - 18.80		
	18.80 - 23.50		
	23.50 - 28.20		
	28.20 - 32.90		
	32.90 - 37.60		
	37.60 - 42.30		
	42.30 - 47.00		
Maximum Density	46.53%		
Contour Data	Pole Vectors		
Contour Distribution	Fisher		
Counting Circle Size	1.0%		
Kinematic Analysis	Planar Sliding		
Slope Dip	60		
Slope Dip Direction	253		
Friction Angle	27°		
Lateral Limits	20°		
	Critical	Total	%
Planar Sliding (All)	0	20	0.00%

Figura 36. Valores que tiene cada familia en el Estereograma.

Análisis para Falla en Cuña

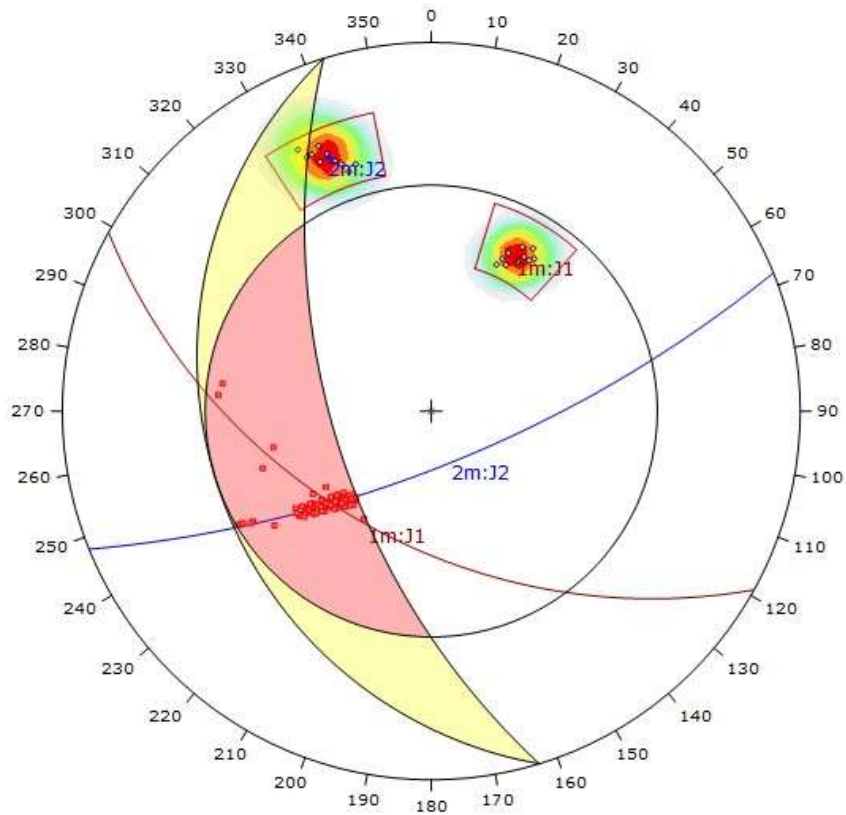


Figura 37. Análisis estereográfico de las discontinuidades tomando como base al cono de fricción y la envolvente del talud, que tiene límites laterales de $\pm 20^\circ$. Aquí se presencia que se forma una falla en cuña como consecuencia de las características geomecánicas

Symbol	Feature
◇	Pole Vectors
■	Critical Intersection

Color	Density Concentrations
	0.00 - 4.70
	4.70 - 9.40
	9.40 - 14.10
	14.10 - 18.80
	18.80 - 23.50
	23.50 - 28.20
	28.20 - 32.90
	32.90 - 37.60
	37.60 - 42.30
	42.30 - 47.00

Maximum Density	46.53%
Contour Data	Pole Vectors
Contour Distribution	Fisher
Counting Circle Size	1.0%

Kinematic Analysis	Wedge Sliding
Slope Dip	60
Slope Dip Direction	253
Friction Angle	27°

	Critical	Total	%
Wedge Sliding	131	190	68.95%

Figura 38. Valores que tiene cada familia en el Estereograma.

Análisis para Falla por Vuelco

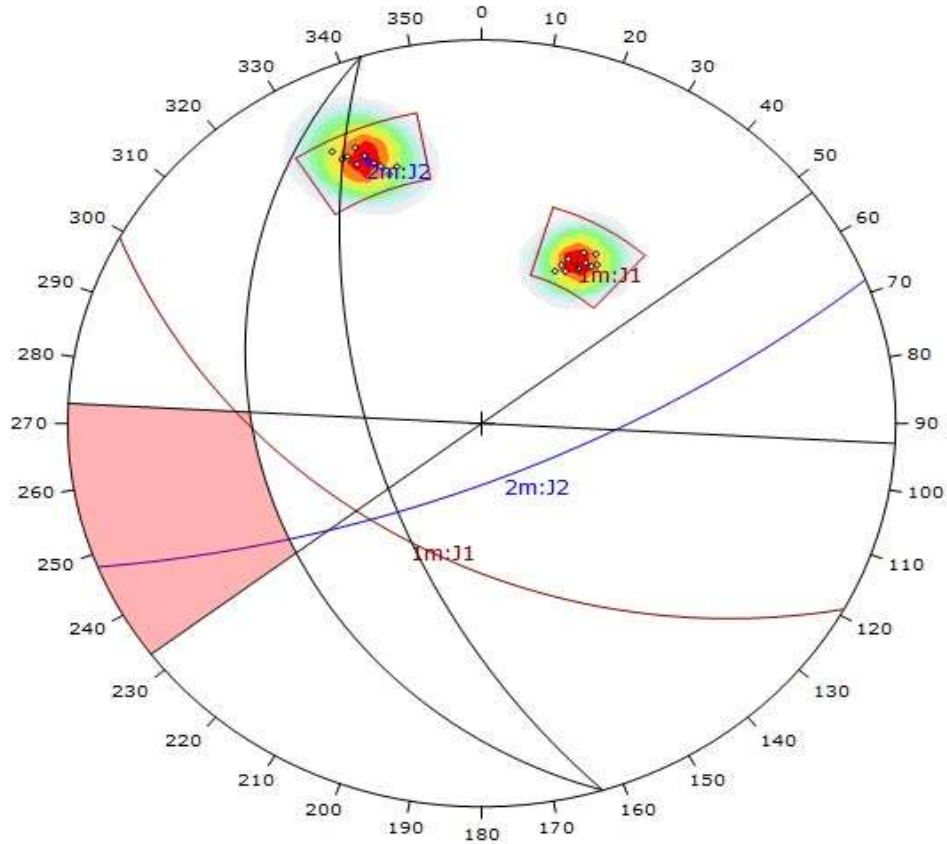


Figura 39. Análisis estereográfico de las discontinuidades tomando como base al cono de fricción y la envolvente del talud, que tiene límites laterales de $\pm 20^\circ$. Aquí se presencia que no se produce una falla por vuelco como consecuencia de las características geomecánicas.

Symbol	Feature
◊	Pole Vectors

Color	Density Concentrations
	0.00 - 4.70
	4.70 - 9.40
	9.40 - 14.10
	14.10 - 18.80
	18.80 - 23.50
	23.50 - 28.20
	28.20 - 32.90
	32.90 - 37.60
	37.60 - 42.30
	42.30 - 47.00

Maximum Density	46.53%
Contour Data	Pole Vectors
Contour Distribution	Fisher
Counting Circle Size	1.0%

Kinematic Analysis	Flexural Toppling
Slope Dip	60
Slope Dip Direction	253
Friction Angle	27°
Lateral Limits	20°

	Critical	Total	%
Flexural Toppling (All)	0	20	0.00%

Figura 40. Valores que tiene cada familia en el Estereograma.

3.11.3. Estación N° 3

Tabla 32.

Datos de campo de la Estación N°03.

DIP	DIP DIRECTION	TIPO
75	220	J1
73	222	J1
71	217	J1
74	223	J1
72	225	J1
74	219	J1
72	225	J1
74	219	J1
70	216	J1
73	221	J1
69	218	J1
68	224	J1
80	230	J2
77	233	J2
79	229	J2
82	231	J2
84	227	J2
78	232	J2
76	228	J2
81	234	J2
83	237	J2
80	226	J2

Análisis para Falla Planar

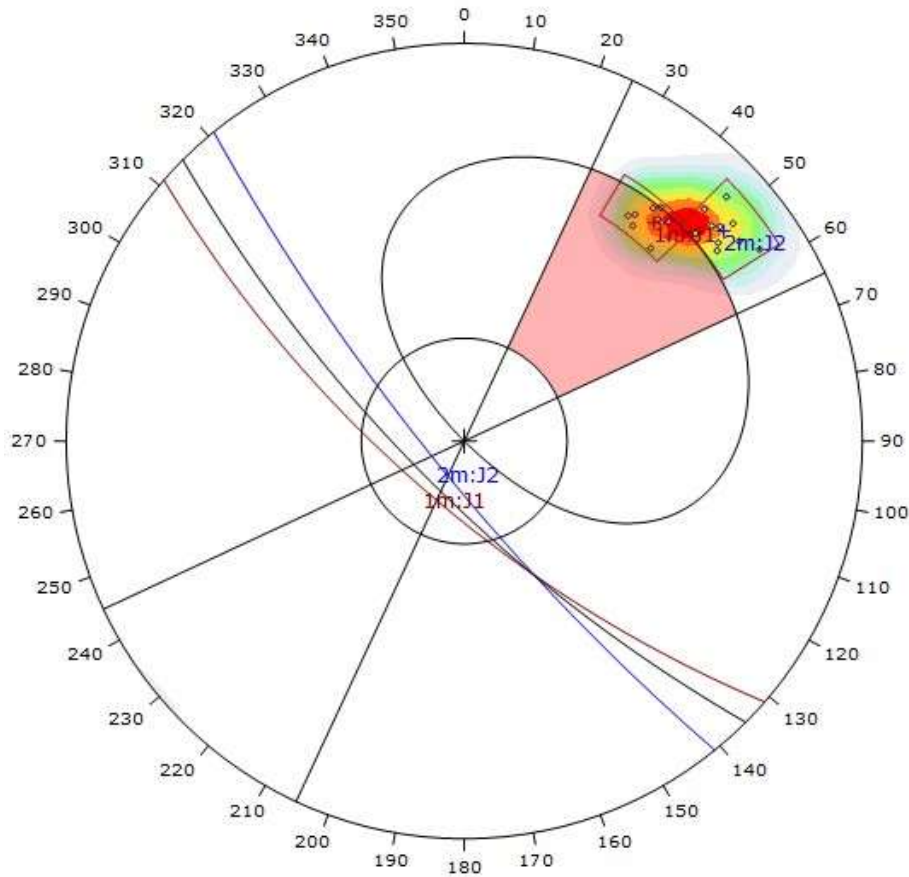


Figura 41. Análisis estereográfico de las discontinuidades tomando como base al cono de fricción y la envolvente del talud, que tiene límites laterales de $\pm 20^\circ$. Aquí se presencia que se forma una falla planar como consecuencia de las características geomecánicas de la junta 1.

Symbol	Feature		
◊	Pole Vectors		
Color	Density Concentrations		
	0.00 - 6.10		
	6.10 - 12.20		
	12.20 - 18.30		
	18.30 - 24.40		
	24.40 - 30.50		
	30.50 - 36.60		
	36.60 - 42.70		
	42.70 - 48.80		
	48.80 - 54.90		
	54.90 - 61.00		
Maximum Density	60.54%		
Contour Data	Pole Vectors		
Contour Distribution	Fisher		
Counting Circle Size	1.0%		
Kinematic Analysis	Planar Sliding		
Slope Dip	75		
Slope Dip Direction	225		
Friction Angle	29°		
Lateral Limits	20°		
	Critical	Total	%
Planar Sliding (All)	9	20	45.00%
Planar Sliding (Set 1)	9	10	90.00%

Figura 42. Valores que tiene cada familia en el Estereograma.

Análisis para Falla en Cuña

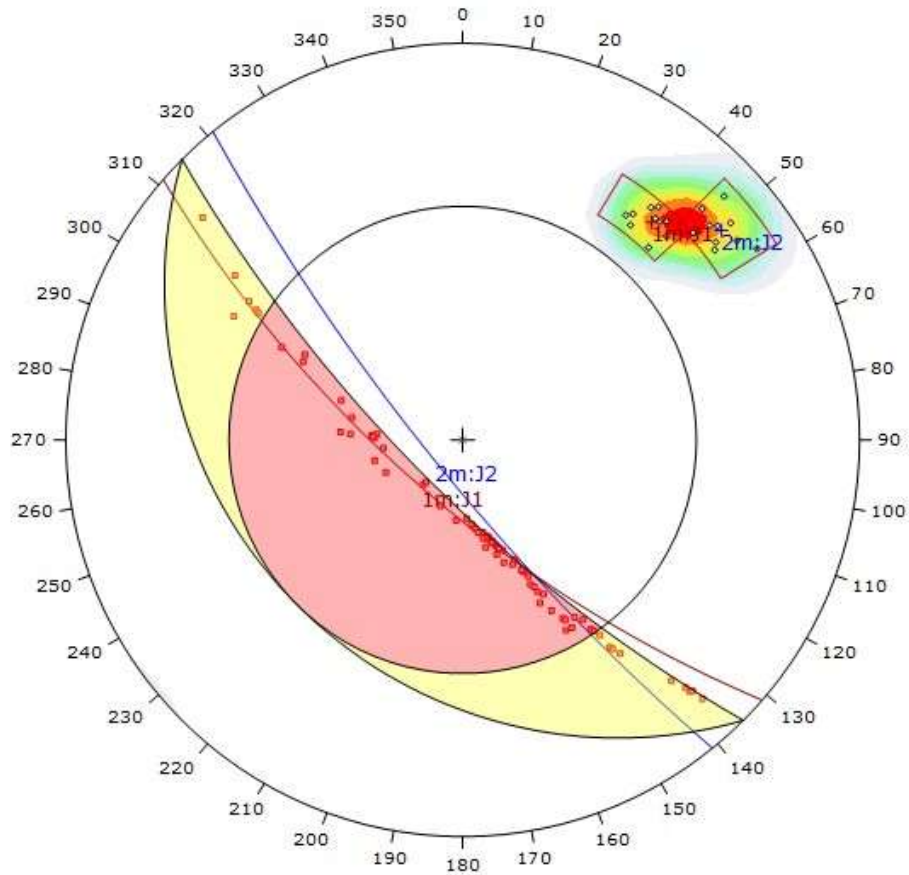


Figura 43. Análisis estereográfico de las discontinuidades tomando como base al cono de fricción y la envolvente del talud, que tiene límites laterales de $\pm 20^\circ$. Aquí se presencia que se forma una falla en cuña como consecuencia de las características geomecánicas.

Symbol	Feature
◊	Pole Vectors
◻	Critical Intersection

Color	Density Concentrations
	0.00 - 6.10
	6.10 - 12.20
	12.20 - 18.30
	18.30 - 24.40
	24.40 - 30.50
	30.50 - 36.60
	36.60 - 42.70
	42.70 - 48.80
	48.80 - 54.90
	54.90 - 61.00
Maximum Density 60.54%	
Contour Data Pole Vectors	
Contour Distribution Fisher	
Counting Circle Size 1.0%	

Kinematic Analysis	Wedge Sliding		
Slope Dip	75		
Slope Dip Direction	225		
Friction Angle	29°		
	Critical Total %		
Wedge Sliding	77	190	40.53%

Figura 44. Valores que tiene cada familia en el Estereograma.

Análisis para Falla por Vuelco

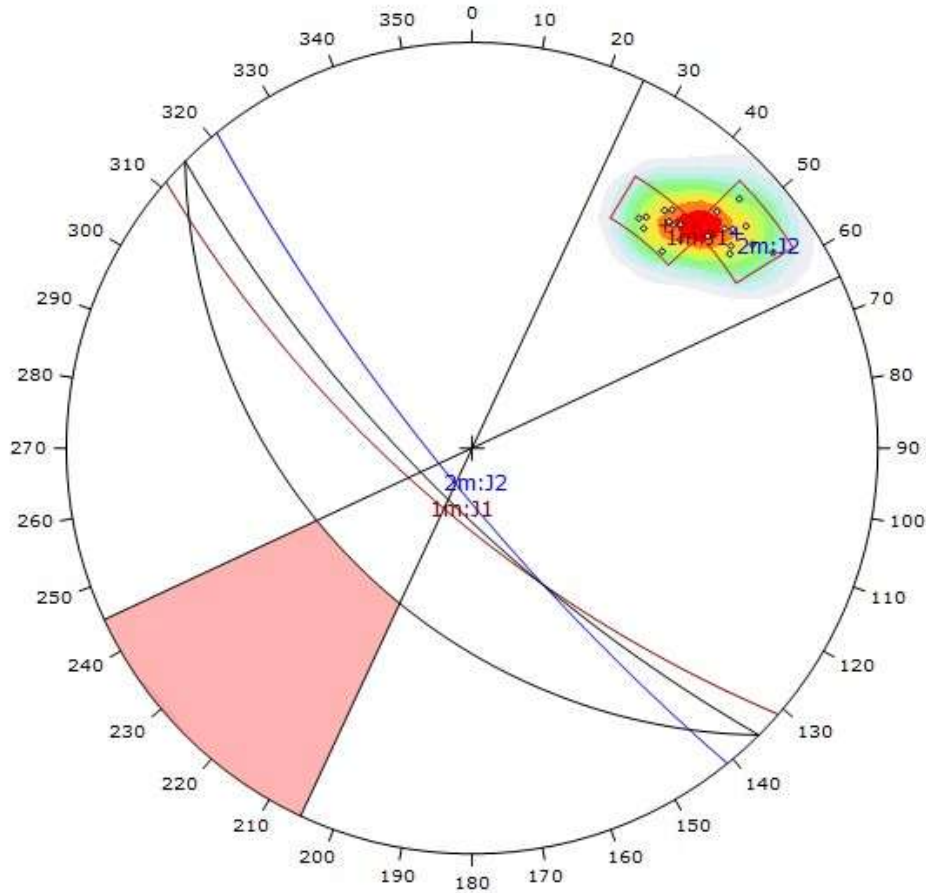


Figura 45. Análisis estereográfico de las discontinuidades tomando como base al cono de fricción y la envolvente del talud, que tiene límites laterales de $\pm 20^\circ$. Aquí se presencia que no se produce una falla por vuelco como consecuencia de las características geomecánicas

Symbol	Feature
◊	Pole Vectors

Color	Density Concentrations
	0.00 - 6.10
	6.10 - 12.20
	12.20 - 18.30
	18.30 - 24.40
	24.40 - 30.50
	30.50 - 36.60
	36.60 - 42.70
	42.70 - 48.80
	48.80 - 54.90
	54.90 - 61.00

Maximum Density	60.54%
Contour Data	Pole Vectors
Contour Distribution	Fisher
Counting Circle Size	1.0%

Kinematic Analysis	Flexural Toppling
Slope Dip	75
Slope Dip Direction	225
Friction Angle	29°
Lateral Limits	20°

	Critical	Total	%
Flexural Toppling (All)	0	20	0.00%

Figura 46. Valores que tiene cada familia en el Estereograma.

3.12. Cálculo de Factor de seguridad

El cálculo de estabilidad se realiza en condiciones estáticas, las cuales se identificó en zonas estratégicas del talud. Mediante este análisis podemos determinar si es suficiente la resistencia que tiene la roca para soportar diferentes tipos de esfuerzo que son causantes de diferentes eventos geológicos como fallas y deslizamientos

Este proceso tiene análisis mediante métodos en Spencer y Morgenstern-Price para esto se usó la clasificación Gen. Hoek-Brown.

3.12.1 Estación N°1

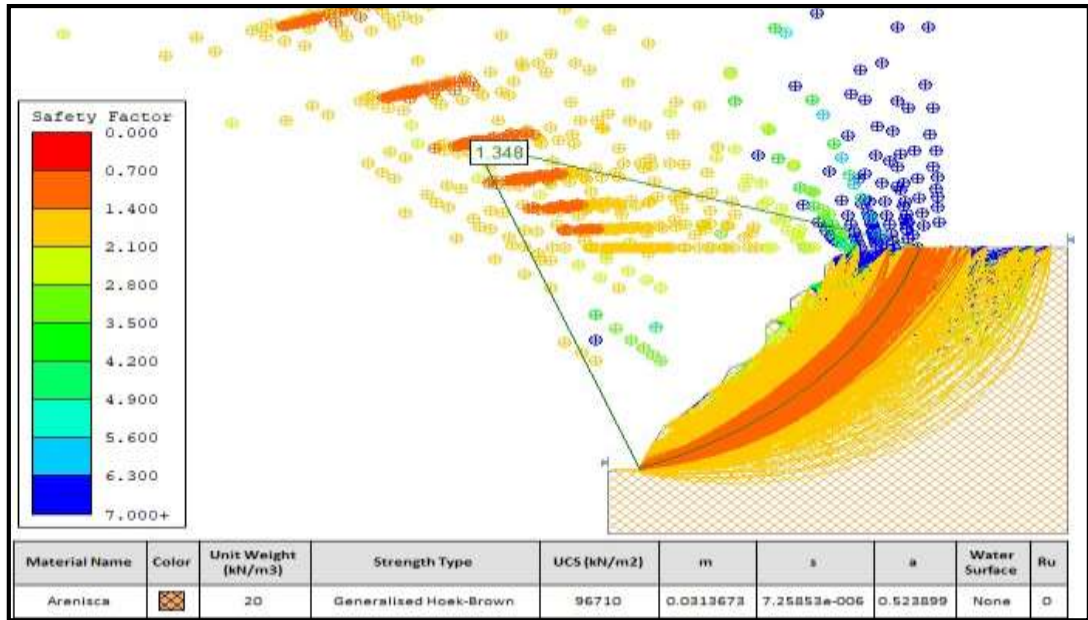


Figura 47. Sección 01 Análisis mediante Spencer. Se obtiene un FS de 1.348, lo cual nos dice que ante evento geológico es moderadamente estable.

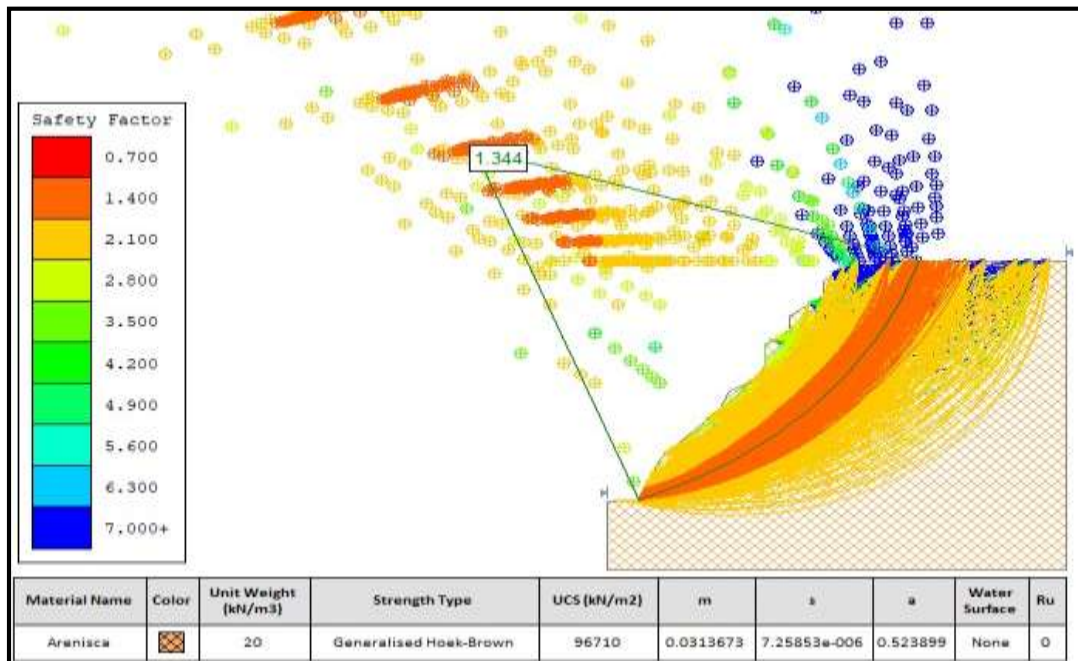


Figura 48. Sección 01 Análisis mediante Morgenstern – Price. Se obtiene un FS de 1.344 lo cual nos dice que ante evento geológico es moderadamente estable.

3.12.2 Estación N°2

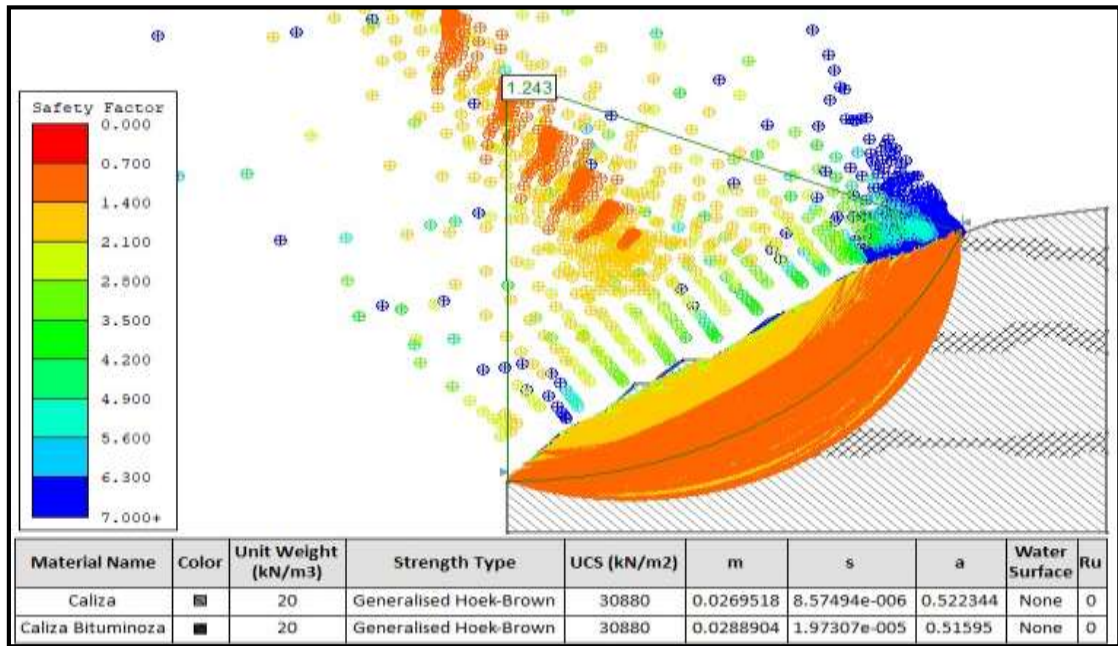


Figura 49. Sección 02 de análisis mediante Spencer. Se obtiene un FS de 1. 243 lo cual nos dice que ante evento geológico es moderadamente inestable.

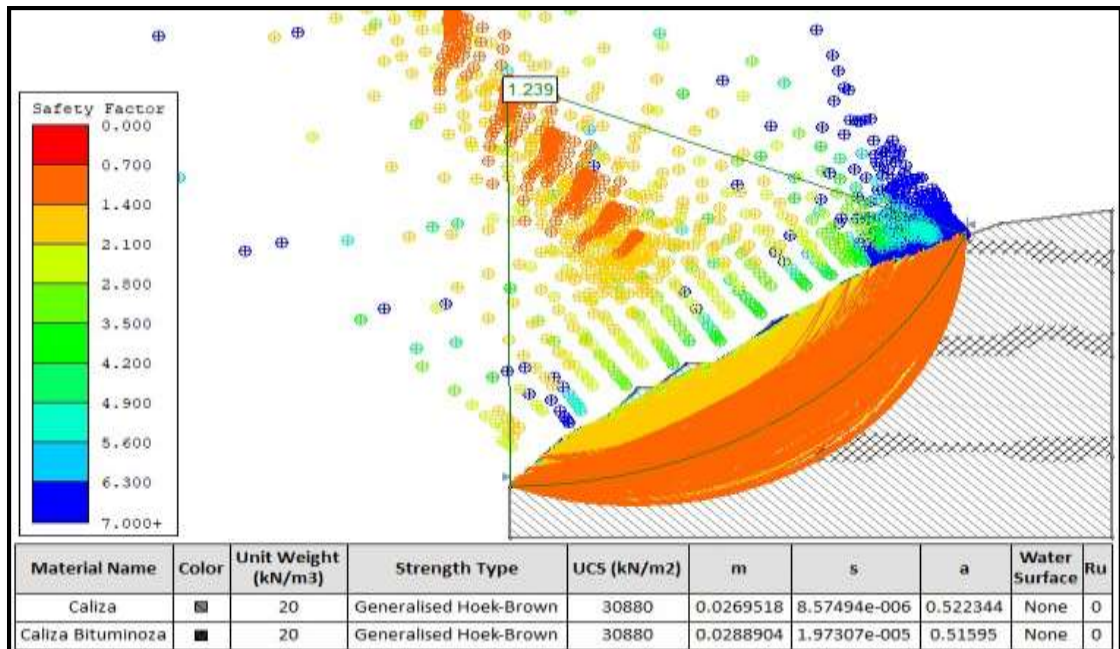


Figura 50. Sección 02 Análisis mediante Morgenstern-Price. Se obtiene un FS de 1.239, lo cual nos dice que ante evento geológico es inestable

3.12.3 Estación N° 3

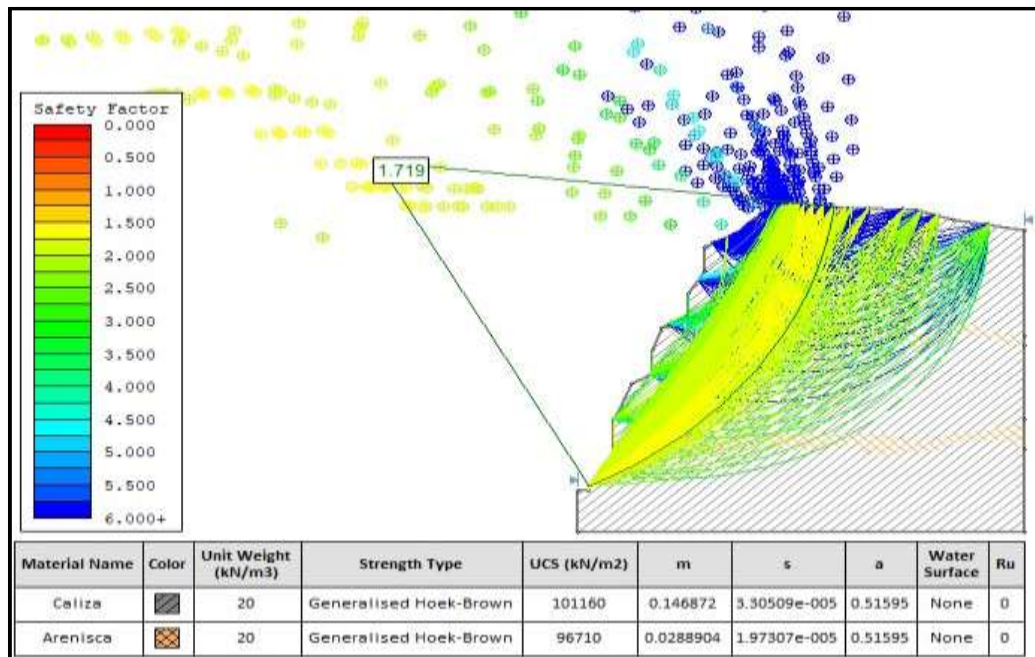


Figura 51. Sección 03 Análisis mediante Spencer. Se obtiene un FS de 1.719 lo cual nos dice que ante evento geológico estable.

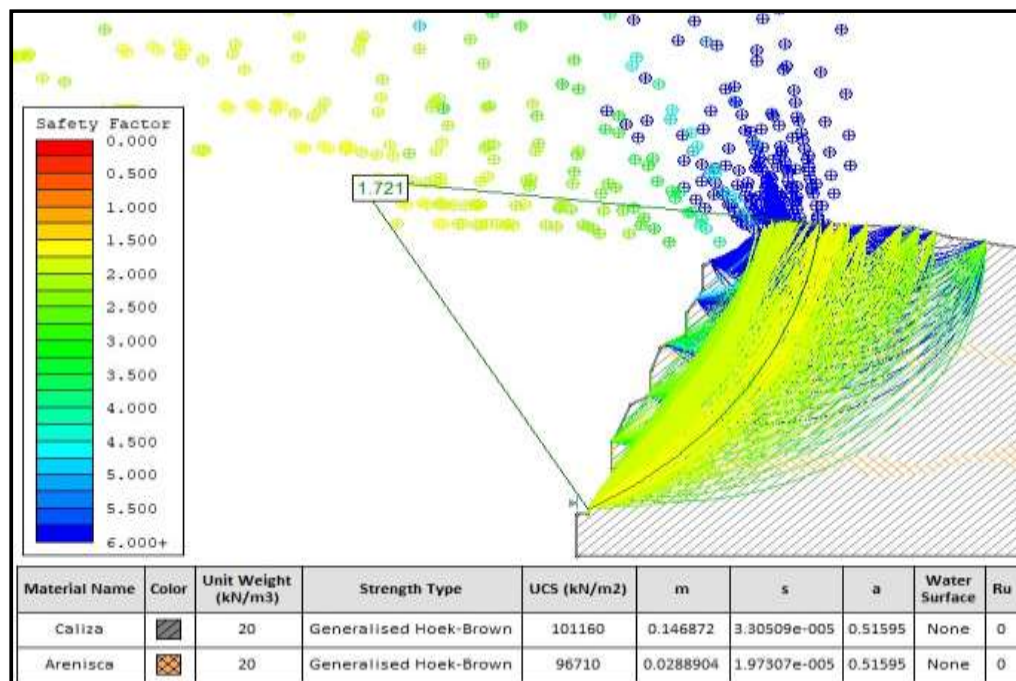


Figura 52. Sección 03 Análisis mediante Morgenstern-Price. Se obtiene un FS de 1.721, lo cual nos dice que ante evento geológico es estable.

3.12.4. Estación N° 4

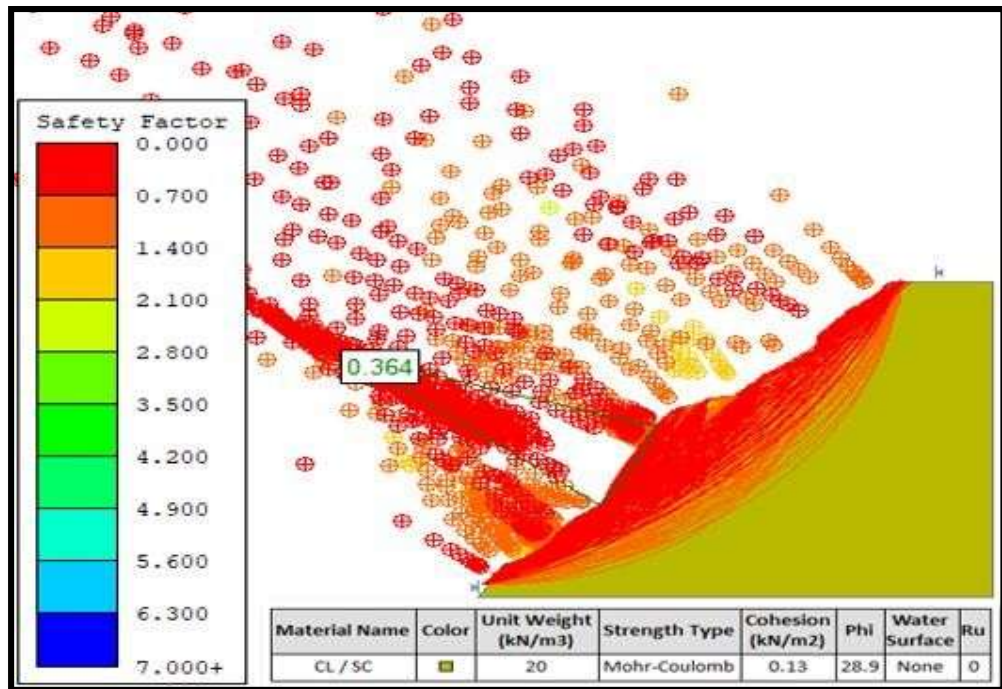


Figura 53. Sección 04 Análisis de Mohr - Coulomb mediante Spencer. Se obtiene un FS de 0.364 lo cual nos dice que ante evento geológico es muy inestable.

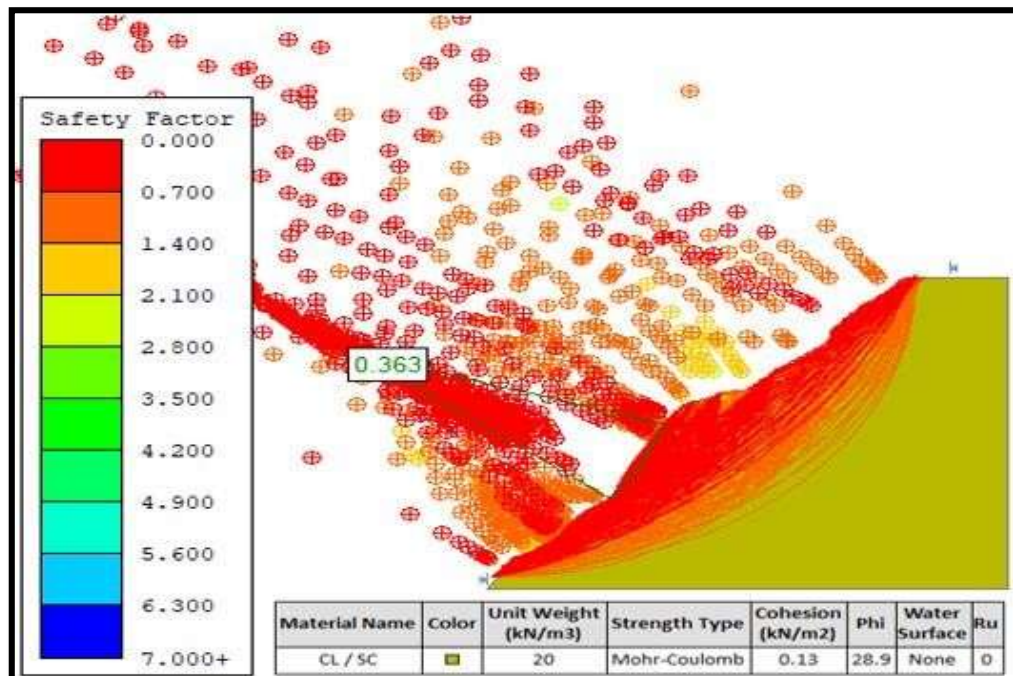


Figura 54. Sección 04 Análisis de Mohr – Coulomb mediante Morgenstern-Price. Se obtiene un FS de 0.363, lo cual nos dice que ante evento geológico es muy inestable

3.13. Sistema de estabilización propuesto

Para el sistema de estabilización se realiza mediante software Geotable el cual tiene como base identificar la posible solución a través del RMR. Para este análisis usaremos solamente el talud 2 por los datos obtenidos anteriormente. El detalle se presenta a continuación:

Estación 2

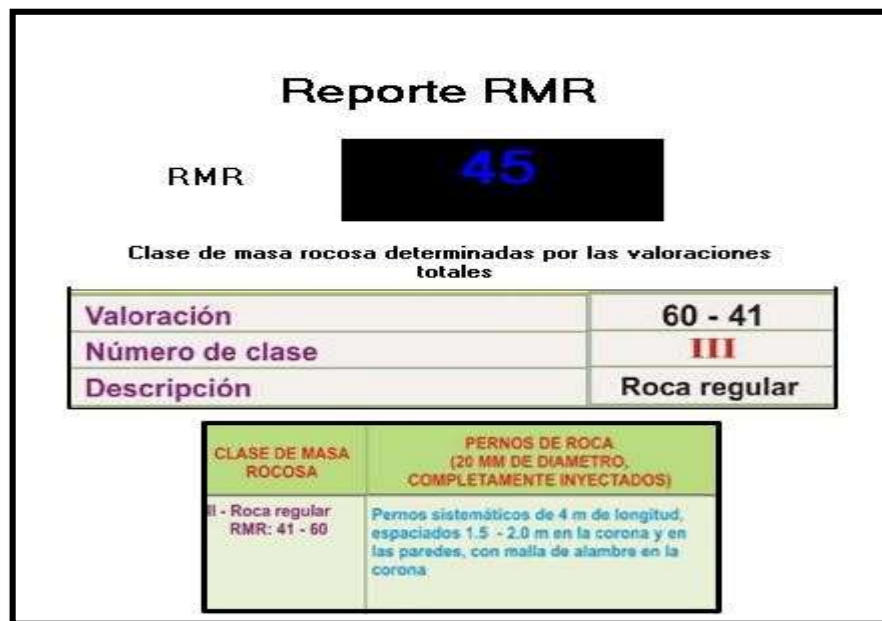


Figura 55. Estabilización propuesta para talud de Estación N° 2 mediante Software Geotable

3.14. Cuadro resumen de las estaciones.

Tabla 33.

Cuadro resumen de ensayos de estaciones.

ENSAYOS	RQD	RMR	COHESIÓN	ANGULO DE FRICCIÓN	F.S (Spencer)	F.S (Morgenstern)
ESTACIÓN N°1	55.6	58	280 Kpa	33°	1.348	1.344
ESTACIÓN N°2	52.3	47	225 KPa	27.5°	1.243	1.239
ESTACIÓN N°3	62.2	51	245 Kpa	29.5°	1.719	1.721
ESTACIÓN N°4	Arena Arcillosa		0.13	28.9°	0.364	0.363

Fuente: Elaboración propia.

CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

4.1. Discusión

El proceso de investigación de evaluación geotécnica que se realizó entre las progresivas km4 + 100 - km6 + 500 de la carretera Cajamarca – Chamis dio como resultado que respecto a los taludes de roca que vienen a ser las estaciones 2 y 4 son inestables, y las estaciones 1 y 3 son estables.

Estos resultados los hemos podido verificar con la ayuda de los ensayos de carga puntual se les hizo a los taludes de roca en donde se comprobó que las resistencias de las muestras eran de tendencia regular. En el caso de talud de suelo, los ensayos de análisis granulométrico pudieron comprobar que el tipo de suelo era de clasificación Arena arcillosa.

Un modelo de un macizo rocoso deberá adaptarse a las siguientes condiciones, (1) las propiedades del macizo son inciertas y están distribuidas aleatoriamente, (2) las medidas son imperfectas y limitadas en número, (3) las cargas son inciertas y variables en el tiempo, (4) hay un enorme número de parámetros que influyen y (5) la tridimensional suele jugar un importante papel. Estas condiciones inherentes a la mecánica de rocas, se traducen, en la resolución de problemas, en un elevado grado de complejidad y un resultado incierto. Las respuestas a los problemas geotécnicos, obtenidos mediante modelos imperfectos, solo serán una aproximación con un elevado grado de incertidumbre. Hay que pensar que un modelo debe servir principalmente para aclarar ideas en un contexto complejo e incierto (Londe, 1993).

Las estaciones que son taludes de roca estaban ubicadas en la formación Farrat, las muestran que pudimos sustraer eran areniscas, calizas y calizas bituminosas, mientras que, el talud de suelo se encontraba en la formación Inca y la muestra sustraída era arena arcillosa, dado que, en algunos taludes la roca era competente, hay otros factores que pueden ser geomorfológicos que afectan a los taludes como la distribución de las discontinuidades y las estratificaciones, la topografía de la zona y la geometría del talud o factores internos como las características del macizo rocoso, filtración del agua, el ángulo de inclinación, los esfuerzos cortantes, aumento de contenido de humedad y la disipación de la cohesión.

Archambault *et al.* (1993) revisan los diferentes factores que contribuyen a la rotura por cortante en rocas y macizos rocosos, mostrando cómo las estructuras anastomosadas de discontinuidades originadas por cortante o tracción y los efectos de escala en la resistencia al corte de rocas y macizos rocosos son el resultado final de un mecanismo de reblandecimiento progresivo del macizo rocoso.

De acuerdo con las propuestas iniciales de Hoek y Bray (1974) con leves modificaciones, los esquemas tridimensionales de la geometría básica de estos tipos de deslizamientos, junto con las condiciones cinemáticas necesarias, pero no suficientes, pare que estos mecanismos se pueden producir, y representadas mediante el uso de la proyección estereográfica.

A partir de la interacción con el software Dips v6.0, se analizó las familias presentadas en cada uno de los taludes mediante la proyección estereográfica, empleando los datos obtenidos en campo para la respectiva comprobación de qué tipo de fallas podían presentarse. Para ser más precisos, el tipo de falla planar se presentó en las estaciones

1 y 3, el tipo de falla en cuña se presentó en las estaciones 1, 2 y 3. Con los resultados obtenidos por el software se logró afirmar que los taludes 1 y 2 presentan mayor inestabilidad.

Con la utilización del software Slide v6.0, verificamos los cálculos de estabilidad de los taludes donde se empleó los métodos de equilibrio límite. Inicialmente, el método de equilibrio límite fue bien aceptado, dado que podía entregar soluciones por medio de cálculos hechos en forma manual. Sin embargo, las nuevas tecnologías permitieron facilitar los análisis, pudiendo incluso llegar a resultados más precisos al realizar un mayor número de iteraciones o al dividir la masa deslizante en dovelas más pequeñas. Esto conllevó a la aparición de formulaciones matemáticas más rigurosas como las desarrolladas por Morgenstern-Price y por Spencer. (Revista de la Construcción vol.12 no.1 Santiago abr, 2013.)

En el ambiente minero para que un talud tenga el visto bueno como estable debe de tener como mínimo un factor de seguridad de 1.0, mientras que, para las carreteras el factor de seguridad debe ser como mínimo de 1.3. Con los métodos mencionados de equilibrio límite con los que se trabajó para la obtención del factor de seguridad de cada uno de los taludes de roca y el de suelo, tuvimos como resultado de que el talud 2 es inestable y que solo los taludes 1 y 3 fueron estables en roca al cumplir con el requisito del factor de seguridad. Con el talud 4, el factor de seguridad fue bastante malo por lo que resultó inestable.

Las recomendaciones para los taludes analizados serían los siguientes: para el talud 2; para las medidas de reforzamiento de la roca, se emplearía mallas de soporte o Soil Nailing, también se podría utilizar pernos de anclaje siempre y cuando previa evaluación de costos, para preservar la resistencia natural y evitar la caída de rocas de

los taludes; en las medidas de remoción de rocas para estabilizar el talud, se haría el tendido de talud de los materiales meteorizados que son inestables en la parte superior, la remoción de roca sobresaliente, para prevenir algún desprendimiento y la construcción de cunetas o zanjas para el recojo de los bloques caídos.

En el talud de suelo que es el número 4 lo que se recomienda es que, se debe emplear la contención de uso de gaviones tipo Terramesh, además de complementarlo con la estabilización con cal o con cemento, para el uso de cal dependerá del tipo de arcilla para ayudar con el incremento de la resistencia, para el uso de cemento se puede emplear todo tipo de cemento recomendando los de tipo fraguado y endurecimiento normal.

4.2. Conclusiones

Realizar el impacto de la evaluación geotécnica nos permite predecir el comportamiento de la estabilidad de talud frente a un evento geológico, con el fin de prevenir posibles deslizamientos debido a variables que se tiene tanto en roca como en suelo.

Se realizó el análisis de estabilidad mediante el software Dips V6.0 y se determinó mediante las discontinuidades presentes y ángulo de fricción a que se producirá fallas tipo planar.

Se identificó los taludes posiblemente inestable y críticos mediante proyección estereográfica utilizando Software Dips V6.0, del mismo modo se determinó el Factor de seguridad mediante Software Slide V6.0 tanto para roca y suelo se usaron criterios de Generalizado Hoek-Brown y Mohr-Coulomb respectivamente. Usando métodos de equilibrio límite en Spencer y Morgenstern obteniendo así un FS de 0.363 en talud de suelo calificando como inestable según norma de proyectos civiles.

La propuesta de mejora se realiza mediante Software Geotable para taludes en roca nos indica que se usaría pernos sistematizados con malla de alambre en la corona para el talud de la estación 2. Respecto a talud de suelo se usaría recubrimiento con concreto lanzado.

En los ensayo de carga puntual en roca ASTM D 5731 se obtuvieron los siguientes resultados de la M-1 / E-2 muestra que la carga puntual se tiene por todo el tipo de ensayo (Irregular); un indicador de carga puntual final I_s (50): 4.20 (MPa), UCS: 96.71 (MPa), ISRM: R4 (RESISTENTE), en la M-2 / E-3 la carga puntual se tiene por todo el tipo de ensayo (Irregular); un indicador de carga puntual final I_s (50): 1.34 (MPa), UCS: 30.88 (MPa), ISRM: R3 (MODERADAMENTE RESISTENTE), en la M-3 / E-4 la carga puntual se tiene por todo el tipo de ensayo (Irregular); un indicador de carga puntual final I_s (50): 4.40 (MPa), UCS: 101.16 (MPa), ISRM: R5 (MUY RESISTENTE), en la M-4/E-5 se muestra que la granulometría contiene: graba: 13%, arena: 37% y fino: 50%. También se ha obtenido un límite líquido (LL): 45, límite plástico (LP): 25, Índice de plasticidad (IP): 20 y un color de marrón – gris. La clasificación de suelo (SUCS – ASTM D2487), se tiene CL / SC, donde se describe que hay materiales de arcilla ligera arenosa / Arena arcillosa, mediante AASHTO A-7 – 6(4).

En el ensayo de Corte directo – ASTM D3080, el valor que se ha obtenido para el ángulo de fricción interna es de 28.9° , un valor que representa para este tipo de suelo. La cohesión, se aprecia de que es muy baja, debido a que se encuentra dentro de los valores característicos para este tipo de suelo con un valor de 0.13 kg/cm^2 . Su velocidad de deformación es de 0.25 mm/mi . El estado con que se encuentra es de un estado inalterado. En el esfuerzo de corte se analiza en (I): 1.23 kg/cm^2 , (II): 0.76 kg/cm^2 , (III): 0.27 kg/cm^2 . La deformación tangencial muestra un resultado de 0.8 cm para I, II y III. Sobre el esfuerzo normal vs esfuerzo de corte opta un resultado de $C=0.13 \text{ kg/cm}^2$ y $\phi = 28.9^\circ$.

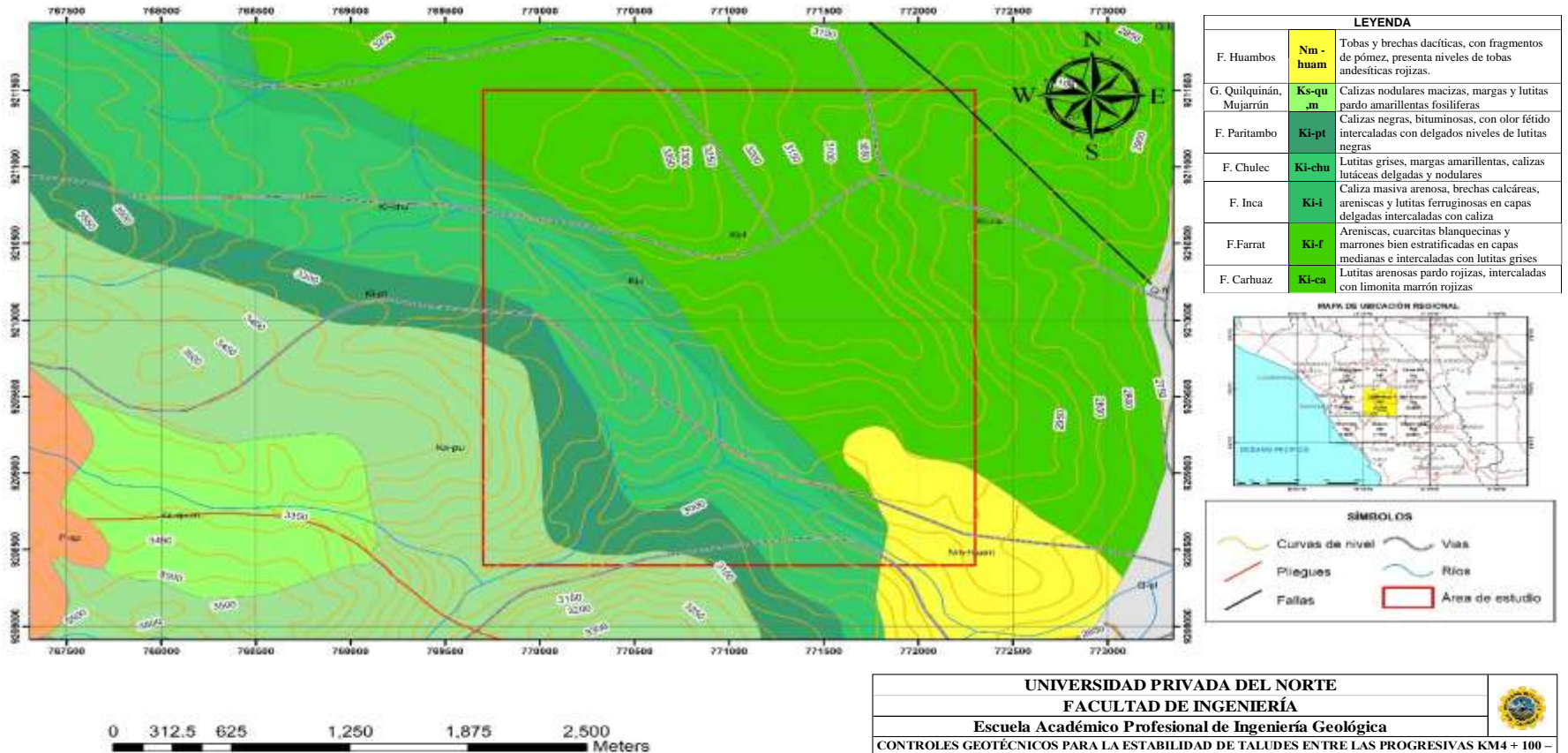
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS


- Alpizar, A. (2012). Metodología de análisis de estabilidad de taludes para proyectos viales. p.12 XI Congreso Nacional de Geotecnia, Congeo San José, Costa Rica.
- Alcántara, I., Pacheco, R., & Salazar, I. (2018), *Caracterización geomecánica para determinar el tipo de sostenimiento en labores subterráneas, Perú 2018*, (Tesis Pregrado), Universidad Privada Del Norte, Lima – Perú. Recuperado <https://repositorio.upn.edu.pe/bitstream/handle/11537/15032/Alc%C3%A1ntara%20Urrutia%20Leyden%20Humberto%20-%20Pacheco%20Ccapa%20Roxana%20Vanesa%20-%20Salazar%20Cacho%20Iris%20Nohely.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Alvarado, M. & Villanueva, L. (2018). *Evaluación geomecánica y geotécnica para el diseño de estabilidad de taludes de la cantera Agocucho, Cajamarca 2018*, (Tesis pregrado). Universidad Privada Del Norte, Cajamarca – Perú. Recuperado <https://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/14988>
- Artega, N. (2017). *Análisis geológico - geotécnico en los taludes de la carretera Choropampa – magdalena*. (Tesis pregrado). Universidad Nacional de Cajamarca, Cajamarca – Perú. Recuperado <http://repositorio.unc.edu.pe/handle/UNC/1668>
- Buttressing/Riprap Cover Abramson, L. W., Lee, T., Sharma, S., Boyce, G. (2002). *“Slope*
- Cabana, O. (2016). *Evaluación geotécnica para la estabilidad de taludes desde la progresiva km. 09+000 – 18+000 de la obra: mejoramiento de la carretera tramo I dv. Cara cara – Lampa*. (Tesis pregrado). Universidad Nacional del Altiplano, Puno – Perú. Recuperado <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/5401?show=full>
- Días, M. & Rodríguez, J. (2018). *Estudio de la estabilidad de taludes en roca entre los kilómetros 95 al 97 de la carretera Ciudad de Dios – Cajamarca*. (Tesis pregrado). Universidad Privada del Norte, Cajamarca. Recuperado <https://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/12738>
- Kazulovic, A. (2006). *Sistemas de clasificación y clasificación geotécnica de macizos rocosos*. Chile. Recuperado https://www.academia.edu/16304191/sistemas_de_calificacion_y_clasificacion_geotecnica_de_macizos_rocosos_metodo_del_indice_gsi_m%c3%a9tado_del_%c3%8dndice_gsi

- Montoya, F. (2014), *Evaluación geotécnica de los taludes de la carretera Cruz blanca el Gavilán. Geología (Tesis profesional)*, Universidad Nacional de Cajamarca, Cajamarca, Perú. Recuperado <http://repositorio.unc.edu.pe/handle/UNC/118>
- Ochoa L. (2016). *Inestabilidad de taludes en el sector de santa bárbara de la ciudad de Huancavelica (Tesis Pregrado)* -Universidad Peruana de los Andes. Huancayo
- Penehafo, H. (2014). *Problemática socioambiental asociada a los métodos de arranque de la roca en las canteras de materiales de la construcción.* (Tesis de pregrado). Cuba
- Rico, A., & Castillo H. (1998). *La Ingeniería de Suelos en las Vías Terrestres*. México: Limusa. Recuperado https://books.google.co.ve/books?id=d042vJAKVK8C&printsec=frontcover&hl=es&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false
- Ramírez, P., Alejano, L. (2004). *Mecánica de Rocas: Fundamentos e Ingeniería de Taludes*. Universidad Nacional de Rosario (2003). *Geología y Geotecnia – Estabilidad de Taludes*. Recuperado [http://oa.upm.es/14183/diferentes métodos de cálculo utilizados](http://oa.upm.es/14183/diferentes_métodos_de_cálculo_utilizados).
- Ricardo Valiente Sanz, S. S. (s.f.). *Estabilidad de Taludes: Conceptos Básicos, Parámetros de diseño y métodos de cálculo. CIV información, 50-54*. Recuperado <http://revistas.pucp.edu.pe/index.php/civilizate/article/view/16157>
- Reyes, L. (1980) *Geología de los cuadrángulos de Cajamarca, San Marcos y Cajabamba. INGEMET, Boletín, Serie A: Carta Geológica Nacional, 31*. Recuperado <https://repositorio.ingemmet.gob.pe/handle/20.500.12544/150>
- Stabilization Methods,” chapter 7 in Slope Stability and Stabilization Methods (2nd ed.)*. New York. Recuperado <http://dot.state.mn.us/research/reports/2017/201717G.pdf>
- Saftner, D., Carranza - Torres, C., Nelson, M. (2017). *Slope Stabilization and Repair Solutions for Local Government Engineers*. Minnesota Department of Transportation. Recuperado <https://conservancy.umn.edu/handle/11299/189537>
- Tardeo, C. (2016). *Análisis Dinámico de Estabilidad de Taludes por Elementos Finitos en la zona de Huayllapampa del dsitrito de cuenca-Huancavelica. (tesis profesional)*. Universidad Nacional de Huancavelica, Lircay. Recuperado <http://repositorio.unh.edu.pe/handle/UNH/1935>

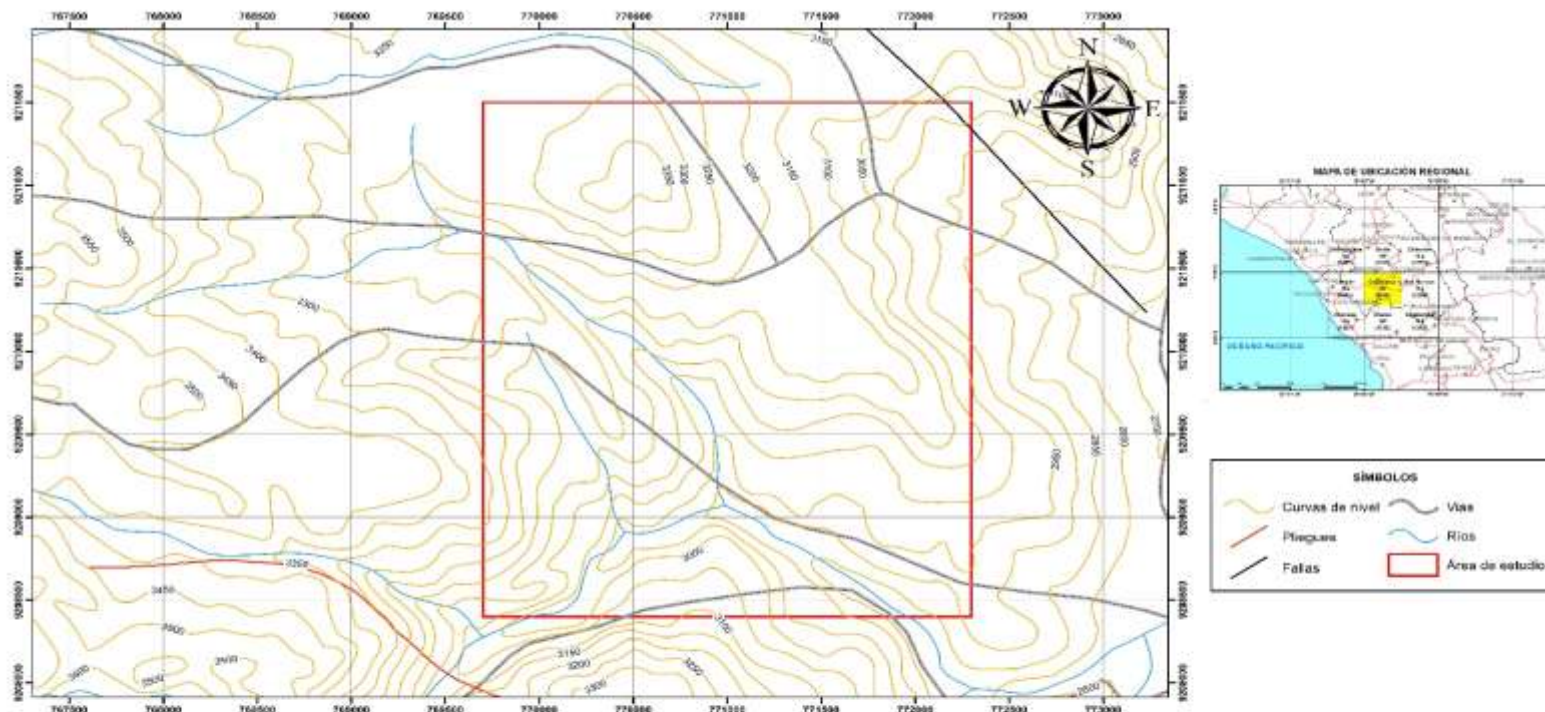
Anexos

Anexo 1. Plano Geológico de la zona de estudio





UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE		
FACULTAD DE INGENIERÍA		
Escuela Académico Profesional de Ingeniería Geológica		
CONTROLES GEOTÉCNICOS PARA LA ESTABILIDAD DE TALUDES ENTRE LAS PROGRESIVAS KM4 + 100 – KM6 + 500 DE LA CARRETERA CAJAMARCA – CHAMIS”		
PLANO GEOLOGICO		
ASESOR:	Ing. Daniel Alva Huamán	
ALUMNO:	Goicochea Briones, Pedro Alexander Vidaurre Llalacachi, Brando Michael Erick	
ESCALA	1/20 000	
COORDENADAS	GGs-1984 UTM-ZONA 17S	
PLANO:	1	

Anexo 2. Plano topográfico de la zona de estudio













0 312.5 625 1,250 1,875 2,500 Meters






UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE		
FACULTAD DE INGENIERÍA		
Escuela Académico Profesional de Ingeniería Geológica		
CONTROLES GEOTÉCNICOS PARA LA ESTABILIDAD DE TALUDES ENTRE LAS PROGRESIVAS KM4 + 100 – KM6 + 500 DE LA CARRETERA CAJAMARCA – CHAMIS”		
PLANO TOPOGRAFICO		
	ASESOR: Ing. Daniel Alva Huamán	PLANO: 2
	ALUMNO: Goicochea Briones, Pedro Alexander Vidaurre Lllacachi, Brando Michael Erick	
	ESCALA 1/20 000	
	COORDENADAS GGS-1984 UTM-ZONA 17S	




ANEXO 03

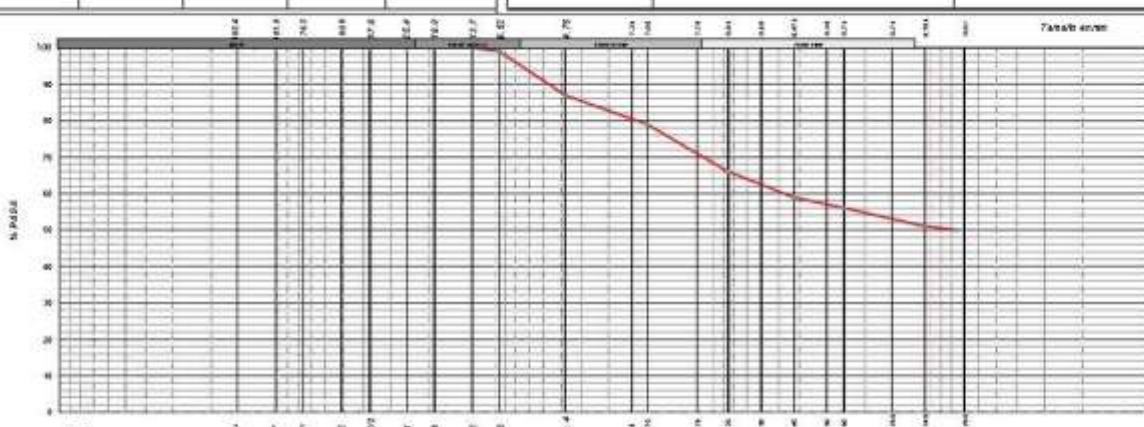


RESULTADOS ADQUIRIDOS DE LABORATORIO



		Gestión de Control de Calidad																																																																																													
ENSAYO DE CARGA PUNTUAL EN ROCAS ASTM D 5731		Código de control Int. -G&S-13-CP-01																																																																																													
No de revisión: 0	Fecha de revisión: 1-Aug-12	Página 1 de 1																																																																																													
Proyecto: EVALUACION GEOTECNICA PARA EL CONTROL DE ESTABILIDAD DE TALUDES ENTRE LAS PROGRESIVAS KM4 + 100 – KM + 500 DE LA CARRETERA CAJAMARCA – CHAMIS																																																																																															
Descripción: Muestra M-1 / E-2	Código: G&S-LMS-10CP01																																																																																														
Ubicación: Chamis - Cajamarca	Fecha de muestreo: 18-09-2020																																																																																														
Coordenadas: E: - N: - C: -	Solicitante: Pedro Goicochea / Brando Vidaurre																																																																																														
Proviene: Cajamarca	Muestreado por: Solicitantes																																																																																														
<table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <thead> <tr style="background-color: #f4a460;"> <th rowspan="2">Tipo de Ensayo</th> <th rowspan="2">Muestra</th> <th rowspan="2">N° Testigo</th> <th colspan="2">Longitud L</th> <th colspan="2">Ancho (para muestras irregulares)</th> <th rowspan="2">Ancho Promedio W</th> <th rowspan="2">Diámetro Atora (cm)</th> <th rowspan="2">Diámetro Equivalente De #2 (cm)</th> <th rowspan="2">Fuerza p (N)</th> <th rowspan="2">Ind. Carga Puntual Is (MPa)</th> <th rowspan="2">Ind. Carga Puntual Ie (50) (MPa)</th> <th rowspan="2">Ind. Carga Puntual Ial (50) (MPa)</th> <th rowspan="2">UCS (Mpa)</th> <th rowspan="2">ISRM</th> <th rowspan="2">OBSERVACIONES</th> </tr> <tr style="background-color: #f4a460;"> <th>(cm)</th> <th>W1 (mm)</th> <th>W2 (mm)</th> <th>W (mm)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Impacto</td> <td>M-1</td> <td>1</td> <td>4.82</td> <td>3.70</td> <td>3.94</td> <td>3.82</td> <td>3.22</td> <td>14.84</td> <td>5.15</td> <td>3.47</td> <td>3.08</td> <td rowspan="5">4.20</td> <td rowspan="5">96.71</td> <td rowspan="5">TH</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Impacto</td> <td>M-1</td> <td>2</td> <td>5.29</td> <td>2.80</td> <td>3.00</td> <td>3.18</td> <td>3.04</td> <td>12.31</td> <td>6.63</td> <td>5.39</td> <td>4.00</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Impacto</td> <td>M-1</td> <td>3</td> <td>5.91</td> <td>4.20</td> <td>3.33</td> <td>3.77</td> <td>3.33</td> <td>15.26</td> <td>8.52</td> <td>5.34</td> <td>4.83</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Impacto</td> <td>M-1</td> <td>4</td> <td>4.33</td> <td>3.22</td> <td>2.72</td> <td>2.97</td> <td>2.72</td> <td>10.29</td> <td>5.13</td> <td>4.99</td> <td>4.08</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Impacto</td> <td>M-1</td> <td>5</td> <td>5.54</td> <td>2.96</td> <td>3.09</td> <td>3.04</td> <td>3.08</td> <td>11.84</td> <td>6.25</td> <td>5.23</td> <td>4.43</td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>			Tipo de Ensayo	Muestra	N° Testigo	Longitud L		Ancho (para muestras irregulares)		Ancho Promedio W	Diámetro Atora (cm)	Diámetro Equivalente De #2 (cm)	Fuerza p (N)	Ind. Carga Puntual Is (MPa)	Ind. Carga Puntual Ie (50) (MPa)	Ind. Carga Puntual Ial (50) (MPa)	UCS (Mpa)	ISRM	OBSERVACIONES	(cm)	W1 (mm)	W2 (mm)	W (mm)	Impacto	M-1	1	4.82	3.70	3.94	3.82	3.22	14.84	5.15	3.47	3.08	4.20	96.71	TH		Impacto	M-1	2	5.29	2.80	3.00	3.18	3.04	12.31	6.63	5.39	4.00			Impacto	M-1	3	5.91	4.20	3.33	3.77	3.33	15.26	8.52	5.34	4.83			Impacto	M-1	4	4.33	3.22	2.72	2.97	2.72	10.29	5.13	4.99	4.08			Impacto	M-1	5	5.54	2.96	3.09	3.04	3.08	11.84	6.25	5.23	4.43		
Tipo de Ensayo	Muestra	N° Testigo				Longitud L		Ancho (para muestras irregulares)												Ancho Promedio W	Diámetro Atora (cm)	Diámetro Equivalente De #2 (cm)	Fuerza p (N)	Ind. Carga Puntual Is (MPa)	Ind. Carga Puntual Ie (50) (MPa)	Ind. Carga Puntual Ial (50) (MPa)	UCS (Mpa)	ISRM	OBSERVACIONES																																																																		
			(cm)	W1 (mm)	W2 (mm)	W (mm)																																																																																									
Impacto	M-1	1	4.82	3.70	3.94	3.82	3.22	14.84	5.15	3.47	3.08	4.20	96.71	TH																																																																																	
Impacto	M-1	2	5.29	2.80	3.00	3.18	3.04	12.31	6.63	5.39	4.00																																																																																				
Impacto	M-1	3	5.91	4.20	3.33	3.77	3.33	15.26	8.52	5.34	4.83																																																																																				
Impacto	M-1	4	4.33	3.22	2.72	2.97	2.72	10.29	5.13	4.99	4.08																																																																																				
Impacto	M-1	5	5.54	2.96	3.09	3.04	3.08	11.84	6.25	5.23	4.43																																																																																				
<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;">  <p>ANTES</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>DESPUÉS</p> </div> </div>																																																																																															
<table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <thead> <tr> <th colspan="2">RSM</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>R1</td><td>MUY DÉSIL.</td></tr> <tr><td>R2</td><td>DÉSIL.</td></tr> <tr><td>R3</td><td>MODERADAMENTE RESISTENTE.</td></tr> <tr><td>R4</td><td>RESISTENTE.</td></tr> <tr><td>R5</td><td>MUY RESISTENTE.</td></tr> <tr><td>R6</td><td>EXTREMADAMENTE RESISTENTE.</td></tr> </tbody> </table>			RSM		R1	MUY DÉSIL.	R2	DÉSIL.	R3	MODERADAMENTE RESISTENTE.	R4	RESISTENTE.	R5	MUY RESISTENTE.	R6	EXTREMADAMENTE RESISTENTE.																																																																															
RSM																																																																																															
R1	MUY DÉSIL.																																																																																														
R2	DÉSIL.																																																																																														
R3	MODERADAMENTE RESISTENTE.																																																																																														
R4	RESISTENTE.																																																																																														
R5	MUY RESISTENTE.																																																																																														
R6	EXTREMADAMENTE RESISTENTE.																																																																																														
<p>NOTA: Las muestras fueron muestreadas, codificadas y remitidas por el solicitante.</p>																																																																																															
EJECUTÓ:  G&S SERVICIOS DE INGENIERIA S.L.L. Pta. Miraflores Reyes Miraflores 470 DE LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS JEFE DE LABORATORIO NOMBRE Y FIRMA		REVISÓ:  G&S SERVICIOS DE INGENIERIA S.L.L. Ingeniero responsable de G&S NOMBRE Y FIRMA																																																																																													
FECHA: 21/09/2020	FECHA: 21/09/2020																																																																																														




 Gestión de Control de Calidad																													
ENSAYO DE CARGA PUNTUAL EN ROCAS ASTM D 5731										Código de control No. G&S-12-CP-01																			
No de revisión: 0			Fecha de revisión: 1-Ago-12			Página 1 de 1																							
Proyecto: EVALUACIÓN GEOTÉCNICA PARA EL CONTROL DE ESTABILIDAD DE TALUDES ENTRE LAS PROGRESIVAS KM4 + 100 – KM6 + 500 DE LA CARRETERA CAJAMARCA – CHAMIS																													
Descripción: Muestra M-2 / E-3					Código: G&S-LM5-20CP05																								
Ubicación: Chamis - Cajamarca					Fecha de muestreo: 18/09/2020																								
Coordenadas: E: - N: - C: -					Solicitante: Pedro Goicochea / Brando Vidaurre																								
Proviene: Cajamarca					Muestreado por: Solicitantes																								
Tipo de Ensayo	Muestra	N° Testigo	Longitud L	Ancho Para muestras (reguladas)		Ancho Promedio W	Diámetro Adum (cm)	Diámetro Equivalente De #2 (cm)	Fuerza P (kN)	Ind. Carga Puntual I _p (MPa)	Ind. Carga Puntual I _p (50) (MPa)	Ind. Carga Puntual I _p (50) (MPa)	UCS (MPa)	ISRM	OBSERVACIONES														
			(cm)	W1 (cm)	W2 (cm)											(cm)													
Integre	M-2	1	5.89	3.07	4.01	3.54	2.06	11.54	199	1.72	1.45	1.94	30.88	R5															
Integre	M-2	2	7.38	4.44	3.92	4.18	2.35	12.51	222	1.77	1.51																		
Integre	M-2	3	7.07	3.44	4.02	3.73	2.78	13.20	194	1.47	1.27																		
Integre	M-2	4	8.20	2.79	2.94	2.87	2.90	9.47	169	1.78	1.43																		
Integre	M-2	5	7.47	3.24	3.81	3.53	3.17	14.23	169	1.19	1.08																		
<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;">  <p>ANTES</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>DESPUÉS</p> </div> </div> <table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <thead> <tr> <th colspan="2">SRM</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>R1</td> <td>MUY DÉSIL</td> </tr> <tr> <td>R2</td> <td>DÉSIL</td> </tr> <tr> <td>R3</td> <td>MODERADAMENTE RESISTENTE</td> </tr> <tr> <td>R4</td> <td>RESISTENTE</td> </tr> <tr> <td>R5</td> <td>MUY RESISTENTE</td> </tr> <tr> <td>R6</td> <td>EXTRAMADAMENTE RESISTENTE</td> </tr> </tbody> </table> <p>NOTA: Las muestras fueron muestreadas, codificadas y remitidas por el solicitante.</p>																SRM		R1	MUY DÉSIL	R2	DÉSIL	R3	MODERADAMENTE RESISTENTE	R4	RESISTENTE	R5	MUY RESISTENTE	R6	EXTRAMADAMENTE RESISTENTE
SRM																													
R1	MUY DÉSIL																												
R2	DÉSIL																												
R3	MODERADAMENTE RESISTENTE																												
R4	RESISTENTE																												
R5	MUY RESISTENTE																												
R6	EXTRAMADAMENTE RESISTENTE																												
EJECUTÓ								REVISÓ																					
 Jefe de Laboratorio NOMBRE Y FIRMA								 Ingeniero Responsable de G&S NOMBRE Y FIRMA																					
FECHA: 21/09/2020								FECHA: 21/09/2020																					

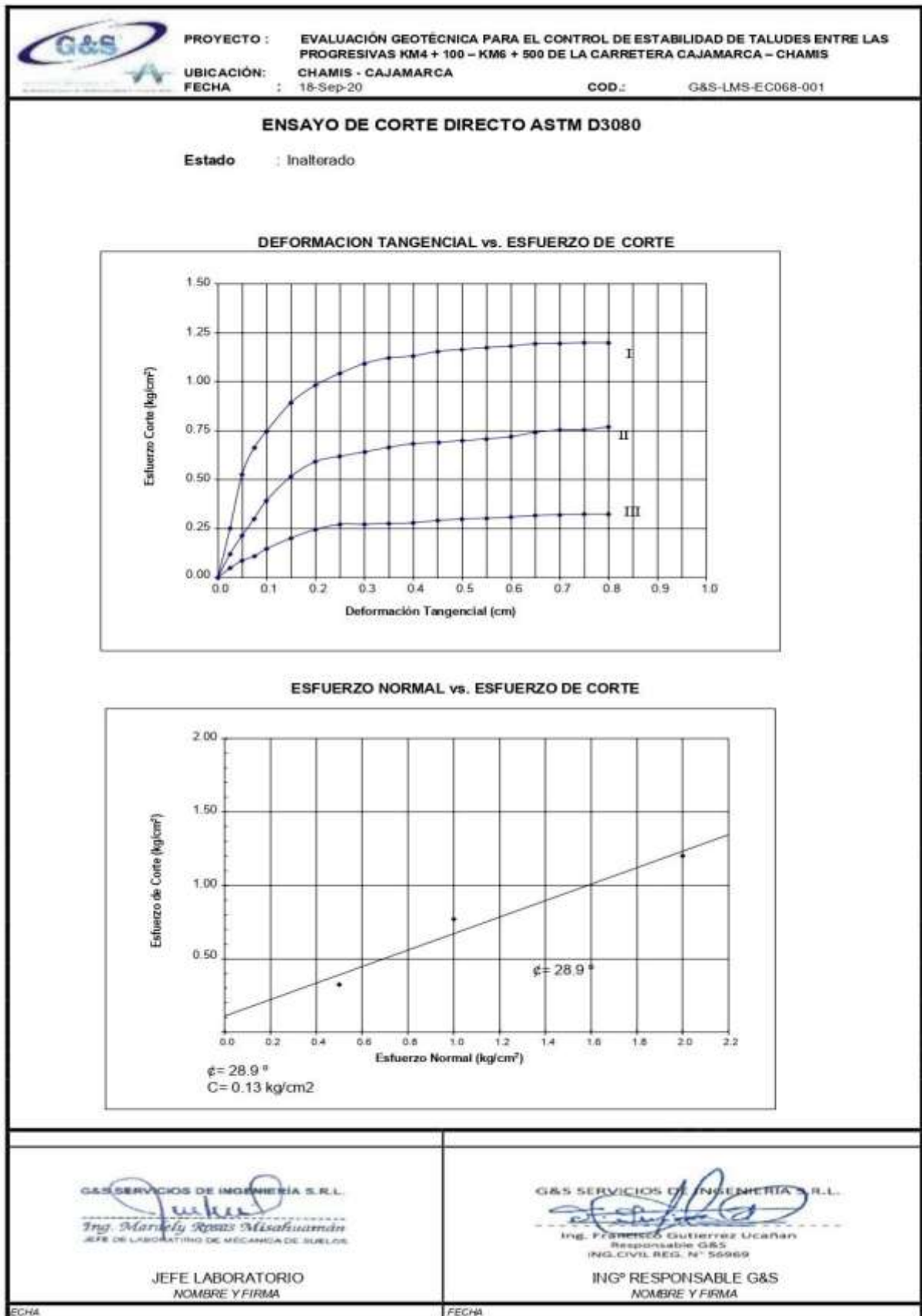
 Gestión de Control de Calidad																										
ENSAYO DE CARGA PUNTUAL EN ROCAS ASTM D 5731										Código de control Nro: G&S-12-CP-01																
Nro de revisión: 0					Fecha de revisión: 1-Ago-12					Página 1 de 1																
Proyecto: EVALUACION GEOTECNICA PARA EL CONTROL DE ESTABILIDAD DE TALUDES ENTRE LAS PROGRESIVAS KM4 + 100 – KM6 + 500 DE LA CARRETERA CAJAMARCA – CHAMIS																										
Descripción: Muestra M-3 / E-4					Código: G&S-LMS-20CP04																					
Ubicación: Chamis - Cajamarca					Fecha de muestreo: 15/09/2020																					
Coordenadas: E: - N: - C: -					Solicitante: Pedro Goicochea / Brandó Vidaurre																					
Proviene: Cajamarca					Muestreado por: Solicitantes																					
Tipo de Ensayo	Muestra	N° Testigo	Longitud L		Ancho Para muestras irregulares		Ancho Promedio	Diámetro Altura	Diámetro Espesor De 2°	Fuerza P	Ind. Carga Puntual Is	Ind. Carga Puntual Is(50)	Ind. Carga Puntual final Is(50)	UCS	ISRM	OBSERVACIONES										
			(mm)	WT (cm)	WT (cm)	Wt (cm)											(mm)	(mm)	(kN)	(MPa)	(MPa)	(MPa)	(MPa)			
Integridad	M-3	1	8.50	5.20	5.40	5.30	3.00	20.85	4.98	2.41	2.31	4.40	101.16	R6												
Integridad	M-3	2	8.10	4.15	5.10	4.83	3.30	10.79	0.40	3.20	3.00															
Integridad	M-3	3	5.00	2.80	3.10	2.85	3.21	11.85	8.87	7.30	6.20															
Integridad	M-3	4	8.88	3.48	3.50	3.49	3.02	13.42	9.49	7.07	6.15															
Integridad	M-3	5	5.20	3.84	3.71	3.68	2.85	12.40	6.16	4.97	4.24															
<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;">  <p>ANTES</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>DESPUÉS</p> </div> </div>																										
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="2">ISRM</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>R1</td> <td>MUY DEBIL</td> </tr> <tr> <td>R2</td> <td>DEBIL</td> </tr> <tr> <td>R3</td> <td>MODERADAMENTE RESISTENTE</td> </tr> <tr> <td>R4</td> <td>RESISTENTE</td> </tr> <tr> <td>R5</td> <td>MUY RESISTENTE</td> </tr> <tr> <td>R6</td> <td>EXTREMADAMENTE RESISTENTE</td> </tr> </tbody> </table>													ISRM		R1	MUY DEBIL	R2	DEBIL	R3	MODERADAMENTE RESISTENTE	R4	RESISTENTE	R5	MUY RESISTENTE	R6	EXTREMADAMENTE RESISTENTE
ISRM																										
R1	MUY DEBIL																									
R2	DEBIL																									
R3	MODERADAMENTE RESISTENTE																									
R4	RESISTENTE																									
R5	MUY RESISTENTE																									
R6	EXTREMADAMENTE RESISTENTE																									
<p>NOTA: Las muestras fueron muestreadas, codificadas y remitidas por el solicitante.</p>																										
EJECUTÓ						REVISÓ																				
 G&S SERVICIOS DE INGENIERIA S.R.L. Ing. Pedro Goicochea Vidaurre JEFE DE LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS JEFE DE LABORATORIO NOMBRE Y FIRMA						 G&S SERVICIOS DE INGENIERIA S.R.L. Ing. Brandó Vidaurre Vidaurre INGENIERO RESPONSABLE DE G&S NOMBRE Y FIRMA																				
FECHA: 21/09/2020						FECHA: 21/09/2020																				

		GESTIÓN DE CONTROL DE CALIDAD																				
Título: CONTENIDO DE HUMEDAD Norma: ASTM D 2216/ D 4643 - NTP 339.127:1998		Código de control No. F2-10-OC																				
Nro de revisión: 3	Fecha de revisión: 1-Feb-16	Página: 1 de 1																				
Proyecto: EVALUACIÓN GEOTÉCNICA PARA EL CONTROL DE ESTABILIDAD DE TALUDES ENTRE LAS PROGRESIVAS KM4 + 100 – KM6 + 500 DE LA CARRETERA CAJAMARCA – CHAMIS																						
Ubicación: Chamis - Cajamarca																						
Coordenadas:																						
Descripción: Muestra de Calicata M-4/E-5																						
Muestreado por: Solicitantes		F. muestreo: 16/09/20																				
Solicitado por: Pedro Goicochea B. / Brando Vidaurre LL.		Profundidad: 2 m																				
Condiciones de Secado: 60°C <input checked="" type="checkbox"/> / 110°C																						
Método: Horno (O) <input checked="" type="checkbox"/> Microonda (M)																						
<table border="1" style="width: 80%; margin: auto; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 50%;">Muestra No.</td> <td style="width: 50%;">G&S-LMS-EXES001</td> </tr> <tr> <td>Profundidad</td> <td style="text-align: center;">-</td> </tr> <tr> <td>Espécimen</td> <td style="text-align: center;">1</td> </tr> <tr> <td>RECIPIENTE No</td> <td style="text-align: center;">A-02</td> </tr> <tr> <td>Pr + Ph (g) A</td> <td style="text-align: center;">561.7</td> </tr> <tr> <td>Pr + Ps (g) B</td> <td style="text-align: center;">514.6</td> </tr> <tr> <td>Pr (g) C</td> <td style="text-align: center;">46.3</td> </tr> <tr> <td>P. AGUA (g) D = A - B</td> <td style="text-align: center;">47.1</td> </tr> <tr> <td>Ps (g) E = B - C</td> <td style="text-align: center;">468.3</td> </tr> <tr> <td>% DE HUMEDAD (D/E) * 100 (%)</td> <td style="text-align: center;">10</td> </tr> </table>			Muestra No.	G&S-LMS-EXES001	Profundidad	-	Espécimen	1	RECIPIENTE No	A-02	Pr + Ph (g) A	561.7	Pr + Ps (g) B	514.6	Pr (g) C	46.3	P. AGUA (g) D = A - B	47.1	Ps (g) E = B - C	468.3	% DE HUMEDAD (D/E) * 100 (%)	10
Muestra No.	G&S-LMS-EXES001																					
Profundidad	-																					
Espécimen	1																					
RECIPIENTE No	A-02																					
Pr + Ph (g) A	561.7																					
Pr + Ps (g) B	514.6																					
Pr (g) C	46.3																					
P. AGUA (g) D = A - B	47.1																					
Ps (g) E = B - C	468.3																					
% DE HUMEDAD (D/E) * 100 (%)	10																					
OBSERVACIONES :																						
PR= PESO DEL RECIPIENTE PH= PESO HÚMEDO PS= PESO SECO																						
 G&S SERVICIOS DE INGENIERÍA S.R.L. Ing. Mario Roberto Meléndez INSTITUTO TECNOLÓGICO DE MECÁNICA DE SUELOS JEFE DE LABORATORIO NOMBRE Y FIRMA		 G&S SERVICIOS DE INGENIERÍA S.R.L. Ing. Fernando Guzmán Guzmán INSTITUTO TECNOLÓGICO DE MECÁNICA DE SUELOS ING° RESPONSABLE G&S NOMBRE Y FIRMA																				
FECHA: 21/09/2020		FECHA: 21/09/2020																				

G&S		GESTIÓN DE CONTROL DE CALIDAD		
Título: ANALISIS GRANULOMETRICO ASTM D 6913 / C136 - NTP 339.128:1999		Código de control No. F3D-10-OC		
Nro de revisión:	2	Fecha de revisión:	01-Ene-19	
Página		1 de 1		
Proyecto: EVALUACIÓN GEOTÉCNICA PARA EL CONTROL DE ESTABILIDAD DE TALUDES ENTRE LAS PROGRESIVAS KM4 + 100 – KM6 + 500 DE LA CARRETERA CAJAMARCA – CHAMIS				
Ubicación: Chamis - Cajamarca		Cód. Muestra: G&S-LMS-EXES001		
Descripción: Muestra de Calicata M-4E-5				
Muestreado por: Solicitante		F. muestreo: 16/09/20		
Solicitado por: Pedro Goicochea B. / Brandi Vidaurre LL.				
Proceso de muestra: Húmedo (X) Seco al aire (X) Secado en estufa () / Método de prueba: A (X) B ()				
Tamaño Tamiz	Peso Reten. Acumulado	% Retenido	% Pasa	Específico
8 in.	0.0	0	100	Masa suelo húmedo que pasa N° 4 (g)
6 in.	0.0	0	100	Masa suelo seco que pasa N° 4 (g)
5 in.	0.0	0	100	Masa suelo seco retenido N° 4(g)
4 in.	0.0	0	100	Masa suelo seco total (g)
3 in.	0.0	0	100	
2 in.	0.0	0	100	
1 1/2 in.	0.0	0	100	
1 in.	0.0	0	100	
3/4 in.	0.0	0	100	
1/2 in.	0.0	0	100	
3/8 in.	13.9	1	99	
No. 4	282.8	13	87	
No. 8				
No. 10	38.6	21	79	
No. 18				
No. 20	99.1	34	66	
No. 30				
No. 40	129.2	41	59	
No. 50				
No. 60	146.3	44	56	
No. 100				
No. 140	168.8	49	51	
No. 200	173.7	50	50	
Plástico	173.7			
Masa suelo húmedo que pasa N° 4 (g) 2,132.9 Masa suelo seco que pasa N° 4 (g) 1,946.1 Masa suelo seco retenido N° 4(g) 282.8 Masa suelo seco total (g) 2,228.9		Contenido de humedad de la fracción de masa seca que pasa la malla N° 4. % de suelo que pasa la malla No. 200		
No. Tara	D-09	No. Tara	D-09	
Masa Húmeda + Tara (g)	492.5	Masa seca + Tara (g)	453.4	
Masa Seca + Tara (g)	453.4	M. seca lavada +Tara (g)	220.1	
Masa de Tara (g)	46.4	Masa de Tara (g)	46.4	
Masa del Agua (g)	39.1	Suelo Seco (-No. 200) g	233.3	
Masa Seca (g)	407.0	Suelo Seco (-No. 200) g	173.7	
Cont. de humedad %	9.6	Suelo Seco (-No. 200) %	50	
OVER=	0 %	LÍMITE LÍQUIDO:	45	
GRAVA=	13 %	LÍMITE PLÁSTICO:	25	
ARENA=	37 %	IP:	20	
FINOS=	50 %	COLOR:	MARRÓN - GRIS	
Cu:	-			
Cc:	-			
CLASIFICACIÓN DE SUELO				
SUCS - ASTM D2487		AASHTO		
CLASIFICACIÓN:	CL / SC	A-7 - 6(4)		
DESCRIPCIÓN:	ARCILLA LIGERA ARENOSA/ ARENA ARCILLOSA			
				
OBSERVACIONES:				
 G&S SERVICIOS DE INGENIERÍA S.R.L. Ing. Maribel Rojas Misahuamán JEFE DE LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS JEFE DE LABORATORIO NOMBRE Y FIRMA		 G&S SERVICIOS DE INGENIERÍA S.R.L. Ing. FRANCISCO Gutiérrez Ucañan Responsable G&S ING. CIVIL REG. N° 50089 ING. RESPONSABLE G&S NOMBRE Y FIRMA		
FECHA:	21/09/2020	FECHA:	21/09/2020	

G&S		GESTIÓN DE CONTROL DE CALIDAD				
Título: LÍMITES DE CONSISTENCIA ASTM D 4318 - NTP-339.129:1999		Código de control No: F1-10-00				
Nro de revisión: 2	Fecha de revisión: 1-Feb-16	Página 1 de 1				
Proyecto: EVALUACIÓN GEOTÉCNICA PARA EL CONTROL DE ESTABILIDAD DE TALUDES ENTRE LAS PROGRESIVAS KM4 + 100 – KM6 + 500 DE LA CARRETERA CAJAMARCA – CHAMIS						
Ubicación: Chamis - Cajamarca		Profundidad: 2m				
Descripción: Muestra de Calicote M-40-5		Muestra No. G&S-LMS-EXES001				
Muestreado por: Solicitante		F. muestreo: 15/09/20				
LÍMITES DE CONSISTENCIA						
LÍMITE LÍQUIDO			LÍMITE PLÁSTICO			
ESPECIMEN	1	2	3	RECIPIENTE No	1	2
No DE GOLPES	15	25	35	C-01	A-03	
RECIPIENTE No	B-15	C-16	B-08	Pr + Ph (g)	38.99	14.25
Pr + Ph (g)	38.24	59.72	41.10	Pr + Ps (g)	35.59	12.84
Pr + Ps (g)	31.59	53.19	34.95	P. AGUA (g)	1.30	1.41
P. AGUA (g)	6.65	6.53	6.15	Pr (g)	30.38	7.27
Pr (g)	17.56	38.90	20.91	Ps (g)	5.21	5.57
Ps (g)	14.03	14.29	14.04	% DE HUMEDAD	24.95	25.31
% DE HUMEDAD	47.40	45.70	43.80	PROMEDIO	25	
DIAGRAMA DE FLUIDEZ						
RESULTADOS:						
LÍMITE LÍQUIDO (LL):		45				
LÍMITE PLÁSTICO (LP):		25				
ÍNDICE DE PLASTICIDAD (IP):		20				
OBSERVACIONES: -						
Pr= MASA DEL RECIPIENTE	TEMPERATURA DE SECADO	80° C ✓	AMBIENTE	DESTILADA	OTRA	
Ph= MASA HUMEDA	PREPARACION DE LA MUESTRA	80° C ✓	110° C	POTABLE ✓		
Ps= MASA SECA	CONTENIDO DE HUMEDAD					
 G&S SERVICIOS DE INGENIERÍA S.R.L. Ing. Alejandro Reyes Mendieta JEFE DE LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS JEFE DE LABORATORIO NOMBRE Y FIRMA			 G&S SERVICIOS DE INGENIERÍA S.R.L. Ing. Freddy Quiroz Uscote Responsable G&S ING. CIVIL, P.E.S., N° 24809 INSP. RESPONSABLE G&S NOMBRE Y FIRMA			
FECHA: 21/09/2020	FECHA: 21/09/2020					

 ENSAYO DE CORTE DIRECTO - ASTM D3080			
PROYECTO :	EVALUACIÓN GEOTÉCNICA PARA EL CONTROL DE ESTABILIDAD DE TALUDES ENTRE LAS PROGRESIVAS KM4 + 100 – KM6 + 500 DE LA CARRETERA CAJAMARCA – CHAMIS		
UBICACIÓN :	CHAMIS / CAJAMARCA	SUCS: CL / SC	
FECHA :	18-09-2020	COD. : G&S-LMS-EC068-001	
Especimen N°	I	II	III
Diámetro del espécimen (cm)	6.253	6.335	6.253
Altura Inicial de muestra (cm)	1.917	1.917	1.917
Densidad húmeda inicial (gr/cm ³)	2.095	2.095	2.095
Densidad seca inicial (gr/cm ³)	1.758	1.758	1.758
Cont. de humedad inicial (%)	12.0	12.0	12.0
Altura de la muestra antes de aplicar el esfuerzo de corte (cm)	1.692	1.693	1.688
Altura final de muestra (cm)	1.692	1.661	1.658
Densidad húmeda final (gr/cm ³)	2.143	2.196	2.201
Densidad seca final (gr/cm ³)	1.892	1.912	1.931
Cont. de humedad final (%)	12.5	12.3	12.6
Esfuerzo normal (kg/cm ²)	0.50	1.00	2.00
Esfuerzo de corte máximo (kg/cm ²)	0.325	0.770	1.200
Angulo de fricción interna:	28.9 °		
Cohesión (kg/cm ²):	0.13		
OBSERVACIONES: Velocidad de deformación 0.25 mm/mi			
 G&S SERVICIOS DE INGENIERIA S.R.L. Ing. Marcelly Rojas Misafuamán <small>JEFE DE LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS</small> JEFE LABORATORIO <small>NOMBRE Y FIRMA</small>		 G&S SERVICIOS DE INGENIERIA S.R.L. Ing. FRANCISCO Gutierrez Ucañan <small>Responsable G&S ING. CIVIL REG. N° 56969</small> ING° RESPONSABLE G&S <small>NOMBRE Y FIRMA</small>	
<small>FECHA</small>		<small>FECHA</small>	



ANEXO 03

INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

		DESCRIPCIÓN MUESTREO	ANEXO							
MUESTREO N° 1										
			Nombre del Proyecto :							
			CONTROLES GEOTECNICOS PARA LA ESTABILIDAD DE TALUDES ENTRE LAS PROGRESIVAS Km 4 +100 - Km 6 + 500 DE LA CARRETERA CAJAMARCA - CHAMIS .							
			Fecha : 1-Set-20							
			Longitud: - Latitud : -							
			INGENIERO:							
			EQUIPO: --							
			OPERADOR: --							
			NIVEL FREÁTICO: No							
			CONDICIONES DE LA SUPERFICIE:							
			-							
			Estimación Visual							
PROF. (m)	MUESTRA No.	DESCRIPCIÓN DEL MATERIAL	MACIZO ROCOSO	% GRAVA ²	% ARENA ²	% FINOS ²	COLOR	CONSISTENCIA ³ O CEMENTACIÓN ⁴	PLASTICIDAD (pp. l, m, h)	OTRAS PRUEBAS
0.0										
1.0										
2.0										
3.0										
4.0										
5.0										
6.0										

Notas:

¹ Porcentaje > 3 pulgadas.

² Suma de gravas, arenas, y finos = 100%

³ Para suelos de grano fino (cohesivos): muy blando, blando, firme, duro y muy duro.

⁴ Para suelos de grano grueso (sin cohesión): débil, moderado, resistente

⁵ Penetrómetro de bolsillo, densidad in situ.

⁶ Estratificado, laminado, fisurado, lejado (siliceosidad), en bloques, lenticular, homogéneo.

FICHA DE EVALUACIÓN DEL INSTRUMENTO

Indicadores	Criterios	Deficiente			Regular			Buena			Muy Buena			Excelente			OBSERVACION				
		0-20			21-40			41-60			61-80			81-100							
Aspectos de validación		0	6	1	1	2	2	3	4	4	5	5	6	6	7	7	8	8	9	9	
		5	0	1	2	2	3	4	4	5	5	6	6	7	7	8	8	9	9	0	1
1. Claridad	Esta formulado con un lenguaje apropiado																				
2. Objetividad	Esta expresado con conductas observables																				
3. Actualidad	Adecuado al enfoque teórico abordado en la investigación																				
4. Agentes	Existe agentes lógicas entre sus ítems																				
5. Suficiencia	Comprende los aspectos necesarios en cantidad y calidad																				
6. Intencionalidad	Adecuado para valorar las dimensiones del tema de investigación																				
7. Consistencia	Basado en aspectos teóricos científicos de la investigación																				
8. Coherencia	Tiene relación entre las variables e indicadores																				
9. Metodología	La estrategia responde a la elaboración de la investigación																				

Instrucciones: Este instrumento, sirve para el Experto Evaluador, evalúe el programa. Deberá colocar la puntuación que considere pertinente a los diferentes enunciados. Adjuntar CV de profesional.

<p>FIRMA Y POST FIRMA DE EXPERTO</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p style="text-align: right;">Cajamarca, 07 de septiembre de 2020</p>
--

CLASIFICACIÓN GEOMECÁNICA RMR (Bieniawski)

Obra:

Estación Geomecánica:

X Y Z

Coordenadas (X,Y,Z):

Localidad:

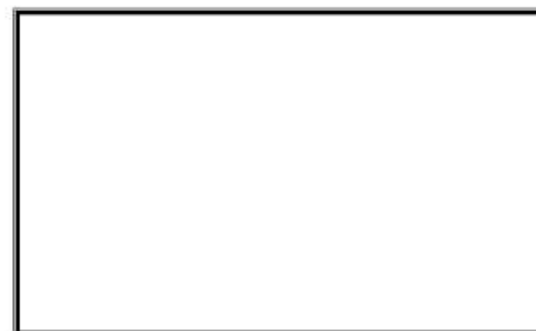
Observaciones

Ciente:

Pámetros de clasificación	Clasificación	Puntuación
1 Resistencia de la matriz rocosa (Mpa)		
Ensayo de carga puntual	No aplica	0
Compresión simple	250-100	12
2 Índice RQD de la roca		
RQD (%)	25-50	6
3 Separación entre diaclasas		
Separación entre diaclasas (m)	< 0,006	5
4 Estado de las discontinuidades		
Longitud de la discontinuidad (m)	< 1	6
Abertura (mm)	Nada	6
Rugosidad	Suave	0
Relleno	Ninguno	6
Alteraciones	Ligeramente Alterada	5
5 Agua freática		
Caudal por 10 m de tunel	10-25 l/min	7
Presión agua/Tensión principal mayor	0	15
Estado general	Seco	15
Corrección por discontinuidades	Clasificación	Puntuación
Túneles	No aplica	0
Cimentaciones	Favorable	-2
Taludes	No aplica	0
Puntuación		81

CLASIFICACIÓN RMR				
Calidad	Clase	Tiempo/Longitud de sostenimiento	Cohesión [Kg/cm ²]	Angulo de rozamiento [°]
Muy buena	I	10 años con 15 m de vano	> 4	> 45

Foto o croquis de la estación geomecánica



Orientación de las discontinuidades en el túnel						
Dirección perpendicular al eje del túnel				Dirección paralela al eje del túnel		Buzamiento 0°-20°: Cualquier dirección
Excavación con buzamiento		Excavación contra buzamiento				
Buz. 45-90	Buz. 20-45	Buz. 45-90	Buz. 20-45	Buz. 45-90	Buz. 20-45	
Muy favorable	Favorable	Media	Desfavorable	Muy desfavorable	Media	Desfavorable

FICHA DE EVALUACIÓN DEL INSTRUMENTO

Indicadores	Criterios	Deficiente 0-20			Regular 21-40			Buena 41-60			Muy Buena 61-80			Excelente 81-100			OBSERVACIÓN				
		0	6	1	1	2	2	3	3	4	4	5	5	6	6	7		7	8	8	9
Aspectos de validación		0	6	1	1	2	2	3	3	4	4	5	5	6	6	7	7	8	8	9	9
		5	0	1	1	2	2	3	3	4	4	5	5	6	6	7	7	8	8	9	9
1. Claridad	Esta formulado con un lenguaje apropiado																				
2. Objetividad	Esta expresado con conductas observables																				
3. Actualidad	Adecuado al enfoque teórico abordado en la investigación																				
4. Agentes	Existe agentes lógicas entre sus ítems																				
5. Suficiencia	Comprende los aspectos necesarios en cantidad y calidad																				
6. Intencionalidad	Adecuado para valorar las dimensiones del tema de investigación																				
7. Consistencia	Basado en aspectos teóricos científicos de la investigación																				
8. Coherencia	Tiene relación entre las variables e indicadores																				
9. Metodología	La estrategia responde a la elaboración de la investigación																				

Instrucciones: Este instrumento, sirve para el Experto Evaluador, evalúe el programa. Deberá colocar la puntuación que considere pertinente a los diferentes enunciados. Adjuntar CV de profesional.

<p>FIRMA Y POST FIRMA DE EXPERTO</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p style="text-align: right;">Cajamarca, 07 de septiembre de 2020</p>
--