



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE MINAS**

**“DISEÑO DE TALUDES CON FINES DE ESTABILIDAD PARA LA CARRETERA  
OLMOS – JAÉN DEL TRAMO 10 KM AL 15 KM – SECTOR LA PILCA”**

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE  
INGENIERO DE MINAS**

**AUTOR:**

**QUEREBALÚ NEVADO RICARDO RUDECINDO**

**ASESORES METODOLÓGICO:**

**MSc. ANA MARÍA GUERRERO MILLONES**

**MSc. ORLANDO ALEX SICCHA RUIZ**

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN**

**ANÁLISIS Y ESTABILIDAD DE TALUDES**

**CHICLAYO-PERÚ**

**2018**



ACTA DE SUSTENTACIÓN

En la ciudad de Chiclayo, siendo las 10:00 horas del día 18 de Diciembre del 2018, de acuerdo a lo dispuesto por la Resolución de Dirección de Investigación N° 3162-2018-UCV-CH, de fecha 17 de Diciembre, se procedió a dar inicio al acto protocolar de sustentación de la tesis "DISEÑO DE TALUDES CON FINES DE ESTABILIDAD PARA LA CARRETERA OLMOS - JAÉN TRAMO KM 10 AL KM 15 - SECTOR LA PILCA", presentada por la Bachiller QUEREBALÚ NEVADO RICARDO RUDECINDO con la finalidad de obtener el Título de Ingeniero de Minas, ante el jurado evaluador conformado por los profesionales siguientes :

- Presidente: Ing. Janyna Jacinta Flores Arrasco
- Secretario: Mg. Javier Ángel Salazar Ipanaqué
- Vocal: Mg. Marco Antonio Cotrina Teatino

Concluida la sustentación y absueltas las preguntas efectuadas por los miembros del jurado se resuelve:

Aprobar por Unanimidad

Siendo las 11:00 horas del mismo día, se dió por concluido el acto de sustentación, procediendo a la firma de los miembros del jurado evaluador en señal de conformidad.



Chiclayo, 18 de Diciembre del 2018

Janyna Flores Arrasco  
Ing. Janyna Jacinta Flores Arrasco

Presidente

Javier Ángel Salazar Ipanaqué  
Mg. Javier Ángel Salazar Ipanaqué

Secretario

Marco Antonio Cotrina Teatino  
Mg. Marco Antonio Cotrina Teatino

Vocal

## **Dedicatoria**

Quiero dedicarles este trabajo a mis padres, a quienes amo, admiro y respeto y quienes a pesar de las circunstancias siempre me brindaron su apoyo y la confianza en dejarme ir tras mis sueños, así como me dieron uno de los mejores regalos en vida: La educación.

## **Agradecimiento**

Agradezco a mi madre Luisa Miriam Nevado Torres y a mi padre Rudecindo Querebalú Sánchez, por su dedicación, esfuerzo y sacrificio en el día a día que da por sus hijos.

Agradezco a mi asesora Ana María Guerrero Millones y a los docentes de la Universidad Cesar Vallejo Chiclayo, por su enseñanza, dedicación, exigencia y consejos, sin ellos no hubiera sido posible culminar este trabajo de investigación.



### **Declaratoria de Autenticidad**

Yo Ricardo Rudecindo Querebalú Nevado con DNI N° 73218435, a efecto de cumplir con las disposiciones vigentes consideradas en el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad César Vallejo, Facultad de Ingeniería, Escuela Académica Profesional de Ingeniería de Minas, declaro bajo juramento que toda la documentación que acompaño es veraz y autentica. Asimismo, declaro también bajo juramento que todos los datos e información que se presenta en la presente tesis son auténticos y veraces. En tal sentido asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas de la universidad César Vallejo.

Chiclayo, 20 de Junio de 2018.



---

Ricardo Rudecindo Querebalú Nevado

DNI N° 73218435

## **Presentación**

Señores miembros del jurado:

Cumpliendo con el Reglamento de Grados y Títulos de la universidad César Vallejo, ante ustedes presento mi tesis titulada: “DISEÑO DE TALUDES CON FINES DE ESTABILIDAD PARA LA CARRETERA OLMOS – JAÉN DEL TRAMO 10 KM AL 15 KM – SECTOR LA PILCA”, sometiéndome a vuestra consideración, análisis y criterio, esperando que cumpla con los requisitos de aprobación para obtener el título Profesional de Ingeniero de Minas.

Este presente trabajo se compone de siete capítulos y anexos. En el primer capítulo, nos detalla sobre la introducción y contiene la realidad problemática, los trabajos previos, las teorías relacionadas, la formulación del problema, justificación del estudio, hipótesis y objetivos de la investigación; en el segundo capítulo describe la metodología empleada en la investigación, conformada por el diseño de investigación, variables, cuadro operacional, población y muestra, técnicas e instrumentos para la recolección de datos, validez y confiabilidad, métodos de análisis de datos y aspectos éticos; el tercer capítulo comprende los resultados obtenidos a través de tablas y gráficos; el cuarto capítulo se relata la discusión de los resultados, en el quinto capítulo nos detallará las conclusiones; en el sexto capítulo se hablará sobre las recomendaciones y por último en el séptimo capítulo, las referencias bibliográficas utilizadas en la investigación. Los anexos presentados son: Datos de las orientaciones de las discontinuidades, tablas de RMR, Reportes de los softwares utilizados (RocData, Slide, Swedge, RocPlane) informes de laboratorio de mecánica de rocas, fotografías.

El Autor

# ÍNDICE

Acta de sustentación.....	ii
Dedicatoria.....	iii
Agradecimiento .....	iv
Declaratoria de Autenticidad .....	v
Presentación.....	vi
<b>RESUMEN</b> .....	xxv
<b>ABSTRACT</b> .....	xxvi
<b>I. INTRODUCCIÓN</b> .....	27
<b>1.1. Realidad problemática</b> .....	28
<b>1.2 Trabajos Previos</b> .....	32
<b>1.2.1 Antecedentes a nivel internacional</b> .....	32
<b>1.2.2 Antecedentes a nivel nacional</b> .....	35
<b>1.2.3 Antecedentes a nivel local</b> .....	38
<b>1.3 Teorías relacionadas al tema</b> .....	38
<b>1.3.1 Variable Independiente</b> .....	42
<b>1.3.2 Variable dependiente</b> .....	45
<b>1.3.3. Normativa</b> .....	55
<b>1.4 Formulación del problema</b> .....	56
<b>1.5 Justificación</b> .....	56
<b>1.5.1 Justificación técnica</b> .....	56
<b>1.5.2 Justificación social</b> .....	56
<b>1.5.3 Justificación Económica</b> .....	56
<b>1.5.4 Justificación Ambiental</b> .....	56
<b>1.6 Hipótesis</b> .....	57
<b>1.7. Objetivos</b> .....	57
<b>1.7.1 Objetivo General</b> .....	57
<b>1.7.2 Objetivos Específicos</b> .....	57
<b>II. MÉTODO</b> .....	58
<b>2.1. Diseño de investigación</b> .....	59
<b>2.2. Variables, operacionalización</b> .....	59
<b>2.3. Operacionalización de variables</b> .....	60
<b>2.4. Población y muestra</b> .....	64
<b>2.5. Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad</b> .....	64

2.5.1.	Técnicas de Recolección de datos.....	64
2.5.2.	Instrumentos de recolección de datos.....	64
2.6.	Método de análisis de datos.....	65
2.7.	Aspectos Éticos.....	66
<b>III.</b>	<b>RESULTADO.....</b>	<b>67</b>
3.1.	Ubicación y geología de la zona en estudio.....	68
3.2.	Toma de datos con respecto al buzamiento y acimut de las discontinuidades.....	69
3.3.	Cálculo de la clasificación geomecánica del macizo rocoso.....	77
3.4.	Comportamiento del tipo de roca que hay en los taludes.....	107
3.4.1	Procedimiento y obtención de resultados de los ensayos de laboratorio.....	107
3.4.2.	Ensayo con esclerómetro tipo L en campo.....	117
3.4.3.	Análisis y clasificación de los resultados finales de los ensayos de acuerdo con la clasificación de Deere y Miller.....	127
3.4.4.	Criterios de Hoek-Brown y Mohr – Coulomb.....	129
3.4.5.	Otros factores a tener en cuenta para el comportamiento del macizo rocoso en el diseño de taludes.....	131
3.5.	Análisis de la estabilidad de los taludes.....	133
3.6.	Diseño de taludes.....	137
3.7.	alternativas de solución a las fallas de los taludes.....	139
3.7.1.	Análisis de las fallas en cuña en el software Swedge.....	139
3.7.2.	Análisis de las fallas planares en el software RocPlane.....	154
3.7.3.	alternativas de solución a fallas de los taludes.....	157
<b>IV.</b>	<b>DISCUSIONES.....</b>	<b>165</b>
<b>V.</b>	<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>170</b>
<b>VI.</b>	<b>RECOMENDACIONES.....</b>	<b>173</b>
<b>VII.</b>	<b>REFERENCIAS.....</b>	<b>175</b>
<b>VIII.</b>	<b>ANEXOS.....</b>	<b>181</b>
ANEXO N°1	RECOPIACION DE DATOS DE ACIMUT Y BUZAMIENTO.....	182
ANEXO N°2	REPORTE DIPS.....	253
ANEXO N°3	TABLAS DE LA CLASIFICACIÓN GEOMECÁNICA RMR Y GSI... 290	
ANEXO N° 4	INFORME DE LABORATORIO DE LOS ENSAYOS DE CARGA PUNTUAL Y PROPIEDADES FISICAS DE LA ROCA.....	317
ANEXO N°5	ANALISIS CON EL SOFTWARE ROCDATA.....	328
ANEXO N° 6	ANALISIS CON EL SOFTWARE SLIDE.....	331
ANEXO N° 7	ANALISIS CON EL SOFTWARE SWEDGE.....	355

<b>ANEXO N° 8 ANALISIS CON EL SOFTWARE ROCPLANE.....</b>	<b>372</b>
<b>ANEXO N° 9 FOTOGRAFIAS.....</b>	<b>378</b>
<b>ANEXO N°10 PLANOS.....</b>	<b>389</b>
<b>AUTORIZACION DE PUBLICACIÓN DE TESIS EN REPOSITORIO INSTITUCIONAL UCV.....</b>	<b>394</b>
Acta de aprobación de originalidad de tesis.....	395
Autorización de la versión final de trabajo de investigación.....	396

## ÍNDICE DE FIGURAS

<i>FIGURA N° 1 CARRETERA OLMOS – JAÉN. FUENTE GOOGLE EARTH</i> .....	31
<i>FIGURA N° 2 ZONA LA PILCA, KM 10 AL KM 15. FUENTE GOOGLE EARTH</i> .....	32
FIGURA N° 3 MÉTODOS DE ANÁLISIS DE ESTABILIDAD DE TALUDES. FUENTE: TESIS SOLUCIONES PARA LA ESTABILIDAD DE TALUDES DE LA CARRETERA CANTA – HUAYLLAY ENTRE LAS PROGRESIVAS DEL KM 102 AL KM 110. ....	44
<i>FIGURA N° 4 CRITERIO DE ROTURA LINEAL DE MOHR-COULOMB. FUENTE: MANUAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA</i> .....	47
FIGURA N° 5 ENVOLVENTES DE ROTURA DEL CRITERIO DE HOEK & BROWN EN FUNCIÓN DE A) ESFUERZO PRINCIPAL B) ESFUERZOS NORMAL Y TANGENCIAL. FUENTE: MANUAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA ..	48
FIGURA N° 6 UBICACIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA. ....	68
FIGURA N° 7 GEOLOGÍA DE LA ZONA. ....	68
FIGURA N° 8 GRÁFICO DE POLOS DE LAS DISCONTINUIDADES. FUENTE SOFTWARE DIPS .....	73
FIGURA N° 9 GRÁFICO DE CONTORNO DE POLOS O DISTRIBUCIÓN POLAR. FUENTE SOFTWARE DIPS .....	74
FIGURA N° 10 GRÁFICO DE SISTEMAS PRINCIPALES. FUENTE SOFTWARE DIPS. ....	74
FIGURA N° 11 GRAFICO DE CORRELACIÓN PARA EL MARTILLO SCHMIDT, ENTRE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN, DENSIDAD DE LA ROCA Y REBOTE (MILLER, 1965). FUENTE: GEOENGINEERING SERVICES & CONSULTING E.I.R.L.....	117
FIGURA N° 12 VISTA PREVIA DEL SOFTWARE ROCDATA. FUENTE: SOFTWARE ROCDATA. ....	130
FIGURA N° 13 ZONIFICACIÓN Y COEFICIENTE SÍSMICO. FUENTE: NORMA E.030.....	132
FIGURA N° 14 PRECIPITACIONES Y TEMPERATURAS MINIMAS Y MAXIMAS EN OLMOS. FUENTE: CLIMADATA. ....	133
FIGURA N° 15 ANÁLISIS DE LA ESTABILIDAD DEL TALUD SEGÚN EL MÉTODO DE BISHOP SIMPLICADO. FUENTE: SOFTWARE SLIDE.....	135
FIGURA N° 16 ANÁLISIS DE LA ESTABILIDAD DEL TALUD SEGÚN EL MÉTODO DE BISHOP SIMPLICADO. FUENTE: SOFTWARE SLIDE.....	136
FIGURA N° 17 ANÁLISIS DE LA ESTABILIDAD DEL TALUD SEGÚN EL MÉTODO DE JANBU SIMPLICADO. FUENTE: SOFTWARE SLIDE.....	137
FIGURA N° 18 ANÁLISIS DE LA ESTABILIDAD PARA EL TALUD MODIFICADO SEGÚN EL MÉTODO DE SPENCER. FUENTE: SOFTWARE SLIDE.....	138
FIGURA N° 19 MODELO DE FALLA POR CUÑA EN EL TALUD KM 10+200-10+400. FUENTE: SOFTWARE SWEDGE .....	140
FIGURA N° 20 MODELO DE FALLA POR CUÑA EN EL TALUD KM 10+400-10+600. FUENTE: SOFTWARE SWEDGE .....	141
FIGURA N° 21 MODELO DE FALLA POR CUÑA EN EL TALUD KM 10+600-10+800. FUENTE: SOFTWARE SWEDGE .....	142
FIGURA N° 22 MODELO DE FALLA POR CUÑA EN EL TALUD DEL KM 10+800-11+00. FUENTE: SOFTWARE SWEDGE. ....	143
FIGURA N° 23 MODELO DE FALLA POR CUÑA EN EL TALUD DEL KM 11+00-11+200. FUENTE: SOFTWARE SWEDGE. ....	144
FIGURA N° 24 MODELO DE FALLA POR CUÑA EN EL TALUD DEL KM 11+200-11+400. FUENTE: SOFTWARE SWEDGE. ....	145
FIGURA N° 25 MODELO DE FALLA POR CUÑA EN EL TALUD DEL KM 11+400-11+600. FUENTE: SOFTWARE SWEDGE. ....	146
FIGURA N° 26 MODELO DE FALLA POR CUÑA EN EL TALUD DEL KM 11+600-11+800. FUENTE: SOFTWARE SWEDGE. ....	147
FIGURA N° 27 MODELO DE FALLA POR CUÑA EN EL TALUD DEL KM 11+800-11+1000. FUENTE: SOFTWARE SWEDGE. ....	148

FIGURA N° 28 MODELO DE FALLA POR CUÑA EN EL TALUD DEL KM 12+200-12+400. FUENTE: SOFTWARE SWEDGE. ....	149
FIGURA N° 29 MODELO DE FALLA POR CUÑA EN EL TALUD DEL KM 12+800-13+00. FUENTE: SOFTWARE SWEDGE. ....	150
FIGURA N° 30 MODELO DE FALLA POR CUÑA EN EL TALUD DEL KM 13+200-13+400. FUENTE: SOFTWARE SWEDGE. ....	151
FIGURA N° 31 MODELO DE FALLA POR CUÑA EN EL TALUD DEL KM 13+600-13+800. FUENTE: SOFTWARE SWEDGE. ....	152
FIGURA N° 32 MODELO DE FALLA POR CUÑA EN EL TALUD DEL KM 14+00-14+200. FUENTE: SOFTWARE SWEDGE. ....	153
FIGURA N° 33 MODELO DE FALLA POR CUÑA EN EL TALUD DEL KM 14+800-15+00. FUENTE: SOFTWARE SWEDGE. ....	154
FIGURA N° 34 MODELO DE FALLA PLANAR EN EL TALUD DEL KM 12+00-12+200. FUENTE: SOFTWARE SWEDGE. ....	155
FIGURA N° 35 MODELO DE FALLA PLANAR EN EL TALUD DEL KM 13+400-13+600. FUENTE: SOFTWARE SWEDGE. ....	156
FIGURA N° 36 MODELO DE FALLA PLANAR EN EL TALUD DEL KM 13+800-14+00. FUENTE: SOFTWARE SWEDGE. ....	157
FIGURA N° 37 ESPECIFICACIONES DEL PERNO DE ANCLAJE. FUENTE: SOFTWARE ROCPLANE. ....	159
FIGURA N° 38 VISTA DE LA APLICACIÓN DEL PERNO DE ANCLAJE. FUENTE: SOFTWARE ROCPLANE. ....	160
FIGURA N° 39 ESPECIFICACIONES DEL PERNO DE ANCLAJE. FUENTE: SOFTWARE ROCPLANE. ....	160
FIGURA N° 40 VISTA DE LA APLICACIÓN DEL PERNO DE ANCLAJE. FUENTE: SOFTWARE ROCPLANE. ....	161
FIGURA N° 41 VISTA DE LA APLICACIÓN DEL PERNO DE ANCLAJE. FUENTE: SOFTWARE ROCPLANE. ....	162
FIGURA N° 42 VISTA DE LA APLICACIÓN DEL PERNO DE ANCLAJE. FUENTE: SOFTWARE ROCPLANE. ....	162

## ÍNDICE DE TABLAS

TABLA N° 1 ASIGNACIÓN DE TALUDES POR TIPO DE MATERIAL. FUENTE: MANUAL DE CARRETERAS DEL MTC 2013- CAPITULO IV .....	43
TABLA N° 2 CARACTERÍSTICAS DE LOS PRINCIPALES MÉTODOS DE ANÁLISIS DE .....	45
TABLA N° 3 RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN SIMPLE A PARTIR DE ÍNDICES DE CAMPO. FUENTE: MANUAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA .....	49
TABLA N° 4 ESTIMACIÓN DEL GSI EN BASE A DESCRIPCIONES GEOLÓGICAS (HOEK Y BROWN, 1997). FUENTE: MANUAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA .....	50
TABLA N° 5 VALORES DE LA CONSTANTE MI DE LA ROCA ÍNTACTA PARA DISTINTOS TIPOS DE ROCA. FUENTE: MANUAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA .....	51
TABLA N° 6 PARÁMETROS Y VALORES DE LA CLASIFICACIÓN DE BIENIAWSKI. FUENTE: MANUAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA .....	53
TABLA N° 7 AJUSTE POR ORIENTACIÓN DE LAS DISCONTINUIDADES. FUENTE: MANUAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA .....	53
TABLA N° 8 PARÁMETROS DEL SMR. FUENTE: MANUAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA .....	54
TABLA N° 9 DETERMINACIÓN DEL FACTOR DE AJUSTE F1. FUENTE: MANUAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA .....	54
TABLA N° 10 DETERMINACIÓN DEL FACTOR DE AJUSTE F2. FUENTE: MANUAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA .....	54
TABLA N° 11 DETERMINACIÓN DEL FACTOR DE AJUSTE F3. FUENTE: MANUAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA .....	55
TABLA N° 12 DETERMINACIÓN DEL FACTOR DE AJUSTE F4. FUENTE: MANUAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA .....	55
TABLA N° 13 TABLA DE LAS ORIENTACIONES DE LAS DISCONTINUIDADES CORRESPONDIENTES AL KM 10 – DEL 10 + 00 AL 10 + 200. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA .....	69
TABLA N° 14 ANÁLISIS DE FAMILIAS PRINCIPALES Y FALLAS POR ESTACIÓN GEOMECÁNICA. FUENTE DE ELABORACIÓN PROPIA. ....	75
TABLA N° 15 DATOS OBTENIDOS EN CAMPO DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN UNIAxIAL PARA EL RMR. FUENTE: ELABORACION PROPIA .....	78
TABLA N° 16 DATOS OBTENIDOS EN CAMPO DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN UNIAxIAL PARA EL RMR. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA .....	80
TABLA N° 17 DATOS OBTENIDOS EN CAMPO DEL R.Q.D PARA EL RMR. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA ..	82
TABLA N° 18 DATOS OBTENIDOS EN CAMPO DEL R.Q.D PARA EL RMR. FUENTE: ELABORACION PROPIA ..	83
TABLA N° 19 DATOS OBTENIDOS EN CAMPO DEL R.Q.D PARA EL RMR. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA ..	84
TABLA N° 20 DATOS OBTENIDOS EN CAMPO DEL ESPACIAMIENTO PARA EL RMR. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA .....	85
TABLA N° 21 DATOS OBTENIDOS EN CAMPO DEL ESPACIAMIENTO PARA EL RMR. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA .....	86
TABLA N° 22 DATOS OBTENIDOS EN CAMPO DEL ESPACIAMIENTO PARA EL RMR. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA .....	87
TABLA N° 23 DATOS OBTENIDOS EN CAMPO DE LA PERSISTENCIA PARA EL RMR. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA .....	88
TABLA N° 24 DATOS OBTENIDOS EN CAMPO DE LA PERSISTENCIA PARA EL RMR. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA .....	88
TABLA N° 25 DATOS OBTENIDOS EN CAMPO DE LA PERSISTENCIA PARA EL RMR. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA .....	89
TABLA N° 26 DATOS OBTENIDOS EN CAMPO DE LA ABERTURA PARA EL RMR. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA .....	90



TABLA N° 27 DATOS OBTENIDOS EN CAMPO DE LA ABERTURA PARA EL RMR. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.....	91
TABLA N° 28 DATOS OBTENIDOS EN CAMPO DE LA ABERTURA PARA EL RMR. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.....	92
TABLA N° 29 DATOS OBTENIDOS EN CAMPO DE LA RUGOSIDAD PARA EL RMR. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.....	93
TABLA N° 30 DATOS OBTENIDOS EN CAMPO DE LA RUGOSIDAD PARA EL RMR. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.....	93
TABLA N° 31 DATOS OBTENIDOS EN CAMPO DE LA RUGOSIDAD PARA EL RMR. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.....	94
TABLA N° 32 DATOS OBTENIDOS EN CAMPO DE LA RELLENO PARA EL RMR. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.....	95
TABLA N° 33 DATOS OBTENIDOS EN CAMPO DEL RELLENO PARA EL RMR. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.....	96
TABLA N° 34 DATOS OBTENIDOS EN CAMPO DEL RELLENO PARA EL RMR. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.....	96
TABLA N° 35 DATOS OBTENIDOS EN CAMPO DE LA METEORIZACIÓN PARA EL RMR. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.....	98
TABLA N° 36 DATOS OBTENIDOS EN CAMPO DE LA METEORIZACIÓN PARA EL RMR. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.....	98
TABLA N° 37 DATOS OBTENIDOS EN CAMPO DE LA METEORIZACIÓN PARA EL RMR. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.....	99
TABLA N° 38 DATOS OBTENIDOS EN CAMPO DE LAS FILTRACIONES PARA EL RMR. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.....	100
TABLA N° 39 DATOS OBTENIDOS EN CAMPO DE LAS FILTRACIONES PARA EL RMR. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.....	100
TABLA N° 40 DATOS OBTENIDOS EN CAMPO DE LAS FILTRACIONES PARA EL RMR. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.....	101
TABLA N° 41 SUMATORIA TOTAL DE TODOS LOS PARÁMETROS Y VALOR FINAL DEL RMR. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.....	99
TABLA N° 42 SUMATORIA TOTAL DE TODOS LOS PARÁMETROS Y VALOR FINAL DEL RMR. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.....	100
TABLA N° 43 SUMATORIA TOTAL DE TODOS LOS PARÁMETROS Y VALOR FINAL DEL RMR. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.....	101
TABLA N° 44 RESULTADOS DE LA CLASIFICACIÓN GEOMECÁNICA RMR. FUENTE DE ELABORACIÓN PROPIA.....	104
TABLA N° 45 RESULTADOS DEL GSI. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.....	107
TABLA N° 46 DATOS DE VOLUMEN Y DENSIDAD DE LA DIORITA. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.....	108
TABLA N° 47 DATOS DE VOLUMEN Y DENSIDAD DE LA ROCA ESQUISTOSA.....	108
TABLA N° 48 DATOS DE VOLUMEN Y DENSIDAD DE LA ROCA ESQUISTOSA.....	109
TABLA N° 49 CARGA APLICADA A LOS TESTIGOS DE DIORITA ALTERADA. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.....	110
TABLA N° 50. RESULTADOS DEL ENSAYO DE CARGA PUNTUAL PARA LA DIORITA ALTERADA. FUENTE ELABORACIÓN PROPIA.....	111
TABLA N° 51 RESULTADOS FINALES DEL ENSAYO DE CARGA PUNTUAL PARA LA DIORITA ALTERADA. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.....	112
TABLA N° 52 CARGA APLICADA A LOS TESTIGOS DE LUTITA METAMORFIZADA. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.....	112
TABLA N° 53 RESULTADOS DEL ENSAYO DE CARGA PUNTUAL LA LUTITA METAMORFIZADA. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.....	113

TABLA N° 54 RESULTADOS FINALES DEL ENSAYO DE CARGA PUNTUAL PARA LA LUTITA METAMORFIZADA. FUENTE ELABORACIÓN PROPIA. ....	114
TABLA N° 55 RESULTADOS DEL ENSAYO DE CARGA PUNTUAL PARA LA ROCA ESQUISTOSA .....	115
TABLA N° 56 RESULTADOS FINALES DEL ENSAYO DE CARGA PUNTUAL PARA LA LUTITA METAMORFIZAD .....	116
TABLA N° 57 DATOS OBTENIDOS CON EL MARTILLO DE SCHMIDT PARA LA ZONA 1. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA. ....	120
TABLA N° 58 DATOS OBTENIDOS CON EL MARTILLO DE SCHMIDT PARA LA ZONA 2. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA. ....	122
TABLA N° 59 DATOS OBTENIDOS CON EL MARTILLO DE SCHMIDT PARA LA ZONA 3. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA. ....	125
TABLA N° 60 RESISTENCIA A LA COMPRESION UNIAXIAL OBTENIDAS A PARTIR DEL ESCLERÓMETRO Y LA DENSIDAD DE LA ROCA. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA. ....	126
TABLA N° 61 RESUMEN DE LOS RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DE CARGA PUNTUAL PARA LOS DIFERENTES TIPOS DE ROCA. FUENTE ELABORACIÓN PROPIA .....	127
TABLA N° 62 CLASIFICACIÓN DE ROCAS EN INGENIERÍA MÉTODO DE DEERE Y MILLER. FUENTE: LIBRO MECÁNICA DE ROCAS EN LA INGENIERÍA PRACTICA. ....	127
TABLA N° 63 RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DE CARGA PUNTUAL CLASIFICADOS SEGÚN SU RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN SIMPLE. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA. ....	128
TABLA N° 64 FACTOR "MI" EN RELACION AL TIPO DE ROCA. FUENTE: SOFTWARE ROCDATA .....	130
TABLA N° 65 RESULTADOS OBTENIDOS CON RESPECTO AL CRITERIO HOEK-BROWN. FUENTE: SOFTWARE ROCDATA. ....	131
TABLA N° 66 RESULTADOS OBTENIDOS CON RESPECTO AL CRITERIO MOHR-COULOMB. FUENTE: SOFTWARE ROCDATA. ....	131
TABLA N° 67 FACTORES DE SEGURIDAD EN LOS QUE SE CONSIDERA LA ESTABILIDAD DEL TALUD SEGUN LA NORMA C.E 020 "SUELOS Y TALUDES". FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA. ....	134
TABLA N° 68 ANÁLISIS DE LA ESTABILIDAD DEL TALUD PARA LA ZONA 1. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA. .....	134
TABLA N° 69 ANÁLISIS DE LA ESTABILIDAD DEL TALUD PARA LA ZONA 2. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA. .....	135
TABLA N° 70 ANÁLISIS DE LA ESTABILIDAD DEL TALUD PARA LA ZONA 3. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA. .....	136
TABLA N° 71 ANÁLISIS DE LA ESTABILIDAD DEL TALUD, MODIFICANDO SU ÁNGULO, PARA LA ZONA 1. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA. ....	137
TABLA N° 72 ANÁLISIS DE LA ESTABILIDAD DEL TALUD, MODIFICANDO SU ÁNGULO, PARA LA ZONA 3. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA. ....	138
TABLA N° 73 ANÁLISIS DE LA ESTABILIDAD PARA EL TALUD MODIFICADO SEGÚN EL MÉTODO DE SPENCER. FUENTE: SOFTWARE SLIDE .....	139
TABLA N° 74 FACTORES DE SEGURIDAD EN LOS QUE SE CONSIDERA LA ESTABILIDAD DEL TALUD SEGUN LA NORMA C.E 020 "SUELOS Y TALUDES". FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA. ....	139
TABLA N° 75 ANÁLISIS DE CUÑA DEL TALUD DEL KM 10+200-10+400. FUENTE: SOFTWARE SWEDGE. ....	140
TABLA N° 76 ANÁLISIS DE CUÑA DEL TALUD DEL KM 10+400-10+600. FUENTE: SOFTWARE SWEDGE. ....	141
TABLA N° 77 ANÁLISIS DE CUÑA EN EL TALUD DEL KM 10+600-10+800. FUENTE: SOFTWARE SWEDGE. ....	142
TABLA N° 78 ANÁLISIS DE CUÑA EN EL TALUD DEL KM 10+800-10+00. FUENTE: SOFTWARE SWEDGE. ...	143
TABLA N° 79 ANÁLISIS DE CUÑA EN EL TALUD DEL KM 11+00-11+200. FUENTE: SOFTWARE SWEDGE. ...	143
TABLA N° 80 ANÁLISIS DE CUÑA EN EL TALUD DEL KM 11+ 200-11+ 400. FUENTE: SOFTWARE SWEDGE. .....	144
TABLA N° 81 ANÁLISIS DE CUÑA EN EL TALUD DEL KM 11+ 400-11+600. FUENTE: SOFTWARE SWEDGE. ....	145
TABLA N° 82 ANÁLISIS DE CUÑA EN EL TALUD DEL KM 11+ 600-11+800. FUENTE: SOFTWARE SWEDGE. ....	146
TABLA N° 83 ANÁLISIS DE CUÑA EN EL TALUD DEL KM 11+ 800-11+1000. FUENTE: SOFTWARE SWEDGE. .....	147

TABLA N° 84 ANÁLISIS DE CUÑA EN EL TALUD DEL KM 12+200-12+400. FUENTE: SOFTWARE SWEDGE.	148
TABLA N° 85 ANÁLISIS DE CUÑA EN EL TALUD DEL KM 12+800-13+00. FUENTE: SOFTWARE SWEDGE.	149
TABLA N° 86 ANÁLISIS DE CUÑA EN EL TALUD DEL KM 13+200-13+400. FUENTE: SOFTWARE SWEDGE.	150
TABLA N° 87 ANÁLISIS DE CUÑA EN EL TALUD DEL KM 13+600-13+800. FUENTE: SOFTWARE SWEDGE.	151
TABLA N° 88 ANÁLISIS DE CUÑA EN EL TALUD DEL KM 14+00-14+200. FUENTE: SOFTWARE SWEDGE.	152
TABLA N° 89 ANÁLISIS DE CUÑA EN EL TALUD DEL KM 14+800-15+00. FUENTE: SOFTWARE SWEDGE.	153
TABLA N° 90 ANÁLISIS DE FALLA PLANAR EN EL TALUD DEL KM 12+00-12+200. FUENTE: SOFTWARE ROCPLANE	154
TABLA N° 91 ANÁLISIS DE FALLA PLANAR EN EL TALUD DEL KM 13+400-13+600. FUENTE: SOFTWARE ROCPLANE	155
TABLA N° 92 ANÁLISIS DE FALLA PLANAR EN EL TALUD DEL KM 13+800-14+00. FUENTE: SOFTWARE ROCPLANE	156
TABLA N° 93 TABLA DE VEGETACIÓN PARA ESTABILIZACIÓN DE TALUDES. FUENTE: NORMA C.E 020 "SUELOS Y TALUDES".	158
TABLA N° 94 FACTORES DE SEGURIDAD CORREGIDOS. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.	159
TABLA N° 95 FACTORES DE SEGURIDAD CORREGIDOS. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.	161
TABLA N° 96 FACTORES DE SEGURIDAD CORREGIDOS. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.	163
TABLA N° 97 VISTA DE LA APLICACIÓN DEL PERNO DE ANCLAJE. FUENTE: SOFTWARE ROCPLANE.	163

## ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO 1 TABLA DE LAS ORIENTACIONES DE LAS DISCONTINUIDADES CORRESPONDIENTES AL TALUD DEL KM 10 + 00 - 10 + 200. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA .....	183
ANEXO 2 TABLA DE LAS ORIENTACIONES DE LAS DISCONTINUIDADES CORRESPONDIENTES AL TALUD DEL KM 10+200 - 10 + 400. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.....	186
ANEXO 3 TABLA DE LAS ORIENTACIONES DE LAS DISCONTINUIDADES CORRESPONDIENTES AL TALUD DEL KM 10+400 - 10 + 600. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.....	189
ANEXO 4 TABLA DE LAS ORIENTACIONES DE LAS DISCONTINUIDADES CORRESPONDIENTES AL TALUD DEL KM 10+600 - 10 + 800. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.....	192
ANEXO 5 TABLA DE LAS ORIENTACIONES DE LAS DISCONTINUIDADES CORRESPONDIENTES AL TALUD DEL KM 10+800 - 10 + 1000. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.....	195
ANEXO 6 TABLA DE LAS ORIENTACIONES DE LAS DISCONTINUIDADES CORRESPONDIENTES AL TALUD DEL KM 11+00 - 11 + 200. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.....	199
ANEXO 7 TABLA DE LAS ORIENTACIONES DE LAS DISCONTINUIDADES CORRESPONDIENTES AL TALUD DEL KM 11+200 - 11 + 400. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.....	202
ANEXO 8 TABLA DE LAS ORIENTACIONES DE LAS DISCONTINUIDADES CORRESPONDIENTES AL TALUD DEL KM 11+400 - 11 + 600. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.....	205
ANEXO 9 TABLA DE LAS ORIENTACIONES DE LAS DISCONTINUIDADES CORRESPONDIENTES AL TALUD DEL KM 11+600 - 11 + 800. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.....	208
ANEXO 10 TABLA DE LAS ORIENTACIONES DE LAS DISCONTINUIDADES CORRESPONDIENTES AL TALUD DEL KM 11+800 - 11 + 1000. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.....	211
ANEXO 11 TABLA DE LAS ORIENTACIONES DE LAS DISCONTINUIDADES CORRESPONDIENTES AL TALUD DEL KM 12+00 - 12 + 200. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.....	214
ANEXO 12 TABLA DE LAS ORIENTACIONES DE LAS DISCONTINUIDADES CORRESPONDIENTES AL TALUD DEL KM 12+200 - 12 + 400. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.....	217
ANEXO 13 TABLA DE LAS ORIENTACIONES DE LAS DISCONTINUIDADES CORRESPONDIENTES AL TALUD DEL KM 12+400 - 12 + 600. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.....	220
ANEXO 14 TABLA DE LAS ORIENTACIONES DE LAS DISCONTINUIDADES CORRESPONDIENTES AL TALUD DEL KM 12+600 - 12 + 800. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.....	223
ANEXO 15 TABLA DE LAS ORIENTACIONES DE LAS DISCONTINUIDADES CORRESPONDIENTES AL TALUD DEL KM 12+800 - 12 + 1000. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.....	226
ANEXO 16 TABLA DE LAS ORIENTACIONES DE LAS DISCONTINUIDADES CORRESPONDIENTES AL TALUD DEL KM 13+00 - 13 + 200. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.....	229
ANEXO 17 TABLA DE LAS ORIENTACIONES DE LAS DISCONTINUIDADES CORRESPONDIENTES AL TALUD DEL KM 13+200 - 13 + 400. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.....	232
ANEXO 18 TABLA DE LAS ORIENTACIONES DE LAS DISCONTINUIDADES CORRESPONDIENTES AL TALUD DEL KM 13+400 - 13 + 600. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.....	235
ANEXO 19 TABLA DE LAS ORIENTACIONES DE LAS DISCONTINUIDADES CORRESPONDIENTES AL TALUD DEL KM 13+600 - 13 + 800. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.....	238
ANEXO 20 TABLA DE LAS ORIENTACIONES DE LAS DISCONTINUIDADES CORRESPONDIENTES AL TALUD DEL KM 13+800 - 13 + 1000. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.....	241
ANEXO 21 TABLA DE LAS ORIENTACIONES DE LAS DISCONTINUIDADES CORRESPONDIENTES AL TALUD DEL KM 14+00 - 14 + 200. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.....	244
ANEXO 22 TABLA DE LAS ORIENTACIONES DE LAS DISCONTINUIDADES CORRESPONDIENTES AL TALUD DEL KM 14+600 - 14 + 800. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.....	247

ANEXO 23 TABLA DE LAS ORIENTACIONES DE LAS DISCONTINUIDADES CORRESPONDIENTES AL TALUD DEL KM 14+800 - KM 15. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.....	250
ANEXO 24 GRÁFICO DE POLOS DE LAS DISCONTINUIDADES EN EL TALUD DEL KM 10+00-10+200. FUENTE SOFTWARE DIPS .....	254
ANEXO 25 GRÁFICO DE CONTORNO DE POLOS O DISTRIBUCIÓN POLAR EN EL TALUD DEL KM 10+00- 10+200. FUENTE SOFTWARE DIPS.....	255
ANEXO 26 GRÁFICO DE SISTEMAS PRINCIPALES EN EL TALUD DEL KM 10+00-10+200. FUENTE SOFTWARE DIPS.....	255
ANEXO 27 GRÁFICO DE POLOS DE LAS DISCONTINUIDADES EN EL TALUD DEL KM 10+200-10+400. FUENTE SOFTWARE DIPS .....	256
ANEXO 28 GRÁFICO DE CONTORNO DE POLOS O DISTRIBUCIÓN POLAR EN EL TALUD DEL KM 10+200- 10+400. FUENTE SOFTWARE DIPS.....	257
ANEXO 29 GRÁFICO DE SISTEMAS PRINCIPALES EN EL TALUD DEL KM 10+200-10+400. FUENTE SOFTWARE DIPS.....	257
ANEXO 30 GRÁFICO DE POLOS DE LAS DISCONTINUIDADES EN EL TALUD DEL KM 10+400-10+600. FUENTE SOFTWARE DIPS .....	258
ANEXO 31 GRÁFICO DE CONTORNO DE POLOS O DISTRIBUCIÓN POLAR EN EL TALUD DEL KM 10+400- 10+600. FUENTE SOFTWARE DIPS.....	258
ANEXO 32 GRÁFICO DE SISTEMAS PRINCIPALES EN EL TALUD DEL KM 10+400-10+600. FUENTE SOFTWARE DIPS.....	259
ANEXO 33 GRÁFICO DE POLOS DE LAS DISCONTINUIDADES EN EL TALUD DEL KM 10+600-10+800. FUENTE SOFTWARE DIPS .....	259
ANEXO 34 GRÁFICO DE CONTORNO DE POLOS O DISTRIBUCIÓN POLAR EN EL TALUD DEL KM 10+600- 10+800. FUENTE SOFTWARE DIPS.....	260
ANEXO 35 GRÁFICO DE SISTEMAS PRINCIPALES EN EL TALUD DEL KM 10+600-10+800. FUENTE SOFTWARE DIPS.....	260
ANEXO 36 GRÁFICO DE POLOS DE LAS DISCONTINUIDADES EN EL TALUD DEL KM 10+800-10+1000. FUENTE SOFTWARE DIPS.....	261
ANEXO 37 GRÁFICO DE CONTORNO DE POLOS O DISTRIBUCIÓN POLAR EN EL TALUD DEL KM 10+800- 10+1000. FUENTE SOFTWARE DIPS.....	262
ANEXO 38 GRÁFICO DE SISTEMAS PRINCIPALES EN EL TALUD DEL KM 10+800-10+1000. FUENTE SOFTWARE DIPS.....	262
ANEXO 39 GRÁFICO DE POLOS DE LAS DISCONTINUIDADES EN EL TALUD DEL KM 11+00-11+200. FUENTE SOFTWARE DIPS .....	262
ANEXO 40 GRÁFICO DE CONTORNO DE POLOS O DISTRIBUCIÓN POLAR EN EL TALUD DEL KM 11+00- 11+200. FUENTE SOFTWARE DIPS.....	263
ANEXO 41 GRÁFICO DE SISTEMAS PRINCIPALES EN EL TALUD DEL KM 11+00-11+200. FUENTE SOFTWARE DIPS.....	263
ANEXO 42 GRÁFICO DE POLOS DE LAS DISCONTINUIDADES EN EL TALUD DEL KM 11+200-11+400. FUENTE SOFTWARE DIPS .....	264
ANEXO 43 GRÁFICO DE CONTORNO DE POLOS O DISTRIBUCIÓN POLAR EN EL TALUD DEL KM 11+200- 11+400. FUENTE SOFTWARE DIPS.....	264
ANEXO 44 GRÁFICO DE SISTEMAS PRINCIPALES EN EL TALUD DEL KM 11+200-11+400. FUENTE SOFTWARE DIPS.....	265
ANEXO 45 GRÁFICO DE POLOS DE LAS DISCONTINUIDADES EN EL TALUD DEL KM 11+400-11+600. FUENTE SOFTWARE DIPS .....	265
ANEXO 46 GRÁFICO DE CONTORNO DE POLOS O DISTRIBUCIÓN POLAR EN EL TALUD DEL KM 11+400- 11+600. FUENTE SOFTWARE DIPS.....	266
ANEXO 47 GRÁFICO DE SISTEMAS PRINCIPALES EN EL TALUD DEL KM 11+400-11+600. FUENTE SOFTWARE DIPS.....	266

ANEXO 48 GRÁFICO DE POLOS DE LAS DISCONTINUIDADES EN EL TALUD DEL KM 11+600-11+800. FUENTE SOFTWARE DIPS .....	267
ANEXO 49 GRÁFICO DE CONTORNO DE POLOS O DISTRIBUCIÓN POLAR EN EL TALUD DEL KM 11+600-11+800. FUENTE SOFTWARE DIPS .....	267
ANEXO 50 GRÁFICO DE SISTEMAS PRINCIPALES EN EL TALUD DEL KM 11+600-11+800. FUENTE SOFTWARE DIPS.....	268
ANEXO 51 GRÁFICO DE POLOS DE LAS DISCONTINUIDADES EN EL TALUD DEL KM 11+800-11+1000. FUENTE SOFTWARE DIPS .....	268
ANEXO 52 GRÁFICO DE CONTORNO DE POLOS O DISTRIBUCIÓN POLAR EN EL TALUD DEL KM 11+800-11+1000. FUENTE SOFTWARE DIPS .....	269
ANEXO 53 GRÁFICO DE SISTEMAS PRINCIPALES EN EL TALUD DEL KM 11+800-11+1000. FUENTE SOFTWARE DIPS. ....	269
ANEXO 54 GRÁFICO DE POLOS DE LAS DISCONTINUIDADES EN EL TALUD DEL KM 12+00-12+200. FUENTE SOFTWARE DIPS .....	270
ANEXO 55 GRÁFICO DE CONTORNO DE POLOS O DISTRIBUCIÓN POLAR EN EL TALUD DEL KM 12+00-12+200. FUENTE SOFTWARE DIPS .....	270
ANEXO 56 GRÁFICO DE SISTEMAS PRINCIPALES EN EL TALUD DEL KM 12+00-12+200. FUENTE SOFTWARE DIPS.....	271
ANEXO 57 GRÁFICO DE POLOS DE LAS DISCONTINUIDADES EN EL TALUD DEL KM 12+200-12+400. FUENTE SOFTWARE DIPS .....	271
ANEXO 58 GRÁFICO DE CONTORNO DE POLOS O DISTRIBUCIÓN POLAR EN EL TALUD DEL KM 12+200-12+400. FUENTE SOFTWARE DIPS .....	272
ANEXO 59 GRÁFICO DE SISTEMAS PRINCIPALES EN EL TALUD DEL KM 12+200-12+400. FUENTE SOFTWARE DIPS.....	272
ANEXO 60 GRÁFICO DE POLOS DE LAS DISCONTINUIDADES EN EL TALUD DEL KM 12+400-12+600. FUENTE SOFTWARE DIPS .....	273
ANEXO 61 GRÁFICO DE CONTORNO DE POLOS O DISTRIBUCIÓN POLAR EN EL TALUD DEL KM 12+400-12+600. FUENTE SOFTWARE DIPS .....	273
ANEXO 62 GRÁFICO DE SISTEMAS PRINCIPALES EN EL TALUD DEL KM 12+400-12+600. FUENTE SOFTWARE DIPS.....	274
ANEXO 63 GRÁFICO DE POLOS DE LAS DISCONTINUIDADES EN EL TALUD DEL KM 12+600-12+800. FUENTE SOFTWARE DIPS .....	274
ANEXO 64 GRÁFICO DE CONTORNO DE POLOS O DISTRIBUCIÓN POLAR EN EL TALUD DEL KM 12+600-12+800. FUENTE SOFTWARE DIPS .....	275
ANEXO 65 GRÁFICO DE SISTEMAS PRINCIPALES EN EL TALUD DEL KM 12+600-12+800. FUENTE SOFTWARE DIPS.....	275
ANEXO 66 GRÁFICO DE POLOS DE LAS DISCONTINUIDADES EN EL TALUD DEL KM 12+800-12+1000. FUENTE SOFTWARE DIPS .....	276
ANEXO 67 GRÁFICO DE CONTORNO DE POLOS O DISTRIBUCIÓN POLAR EN EL TALUD DEL KM 12+800-12+1000. FUENTE SOFTWARE DIPS .....	276
ANEXO 68 GRÁFICO DE SISTEMAS PRINCIPALES EN EL TALUD DEL KM 12+800-12+1000. FUENTE SOFTWARE DIPS. ....	277
ANEXO 69 GRÁFICO DE POLOS DE LAS DISCONTINUIDADES EN EL TALUD DEL KM 13+00-13+200. FUENTE SOFTWARE DIPS .....	277
ANEXO 70 GRÁFICO DE CONTORNO DE POLOS O DISTRIBUCIÓN POLAR EN EL TALUD DEL KM 13+00-13+200. FUENTE SOFTWARE DIPS .....	278
ANEXO 71 GRÁFICO DE SISTEMAS PRINCIPALES EN EL TALUD DEL KM 13+00-13+200. FUENTE SOFTWARE DIPS.....	278
ANEXO 72 GRÁFICO DE POLOS DE LAS DISCONTINUIDADES EN EL TALUD DEL KM 13+200-13+400. FUENTE SOFTWARE DIPS .....	279

ANEXO 73 GRÁFICO DE CONTORNO DE POLOS O DISTRIBUCIÓN POLAR EN EL TALUD DEL KM 13+200-13+400. FUENTE SOFTWARE DIPS .....	279
ANEXO 74 GRÁFICO DE SISTEMAS PRINCIPALES EN EL TALUD DEL KM 13+200-13+400. FUENTE SOFTWARE DIPS.....	280
ANEXO 75 GRÁFICO DE POLOS DE LAS DISCONTINUIDADES EN EL TALUD DEL KM 13+400-13+600. FUENTE SOFTWARE DIPS .....	280
ANEXO 76 GRÁFICO DE CONTORNO DE POLOS O DISTRIBUCIÓN POLAR EN EL TALUD DEL KM 13+400-13+600. FUENTE SOFTWARE DIPS .....	281
ANEXO 77 GRÁFICO DE SISTEMAS PRINCIPALES EN EL TALUD DEL KM 13+400-13+600. FUENTE SOFTWARE DIPS.....	281
ANEXO 78 GRÁFICO DE POLOS DE LAS DISCONTINUIDADES EN EL TALUD DEL KM 13+600-13+800. FUENTE SOFTWARE DIPS .....	282
ANEXO 79 GRÁFICO DE CONTORNO DE POLOS O DISTRIBUCIÓN POLAR EN EL TALUD DEL KM 13++600-13+800. FUENTE SOFTWARE DIPS.....	282
ANEXO 80 GRÁFICO DE SISTEMAS PRINCIPALES EN EL TALUD DEL KM 13+600-13+800. FUENTE SOFTWARE DIPS.....	283
ANEXO 81 GRÁFICO DE POLOS DE LAS DISCONTINUIDADES EN EL TALUD DEL KM 13+800-13+1000. FUENTE SOFTWARE DIPS.....	283
ANEXO 82 GRÁFICO DE CONTORNO DE POLOS O DISTRIBUCIÓN POLAR EN EL TALUD DEL KM 13++800-13+1000. FUENTE SOFTWARE DIPS .....	284
ANEXO 83 GRÁFICO DE SISTEMAS PRINCIPALES EN EL TALUD DEL KM 13+800-13+1000. FUENTE SOFTWARE DIPS. ....	284
ANEXO 84 GRÁFICO DE POLOS DE LAS DISCONTINUIDADES EN EL TALUD DEL KM 14+00-14+200. FUENTE SOFTWARE DIPS .....	285
ANEXO 85 GRÁFICO DE CONTORNO DE POLOS O DISTRIBUCIÓN POLAR EN EL TALUD DEL KM 14+00-14+200. FUENTE SOFTWARE DIPS.....	285
ANEXO 86 GRÁFICO DE SISTEMAS PRINCIPALES EN EL TALUD DEL KM 14+00-14+200. FUENTE SOFTWARE DIPS.....	286
ANEXO 87 GRÁFICO DE POLOS DE LAS DISCONTINUIDADES EN EL TALUD DEL KM 14+600-14+800. FUENTE SOFTWARE DIPS .....	286
ANEXO 88 GRÁFICO DE CONTORNO DE POLOS O DISTRIBUCIÓN POLAR EN EL TALUD DEL KM 14+600-14+800. FUENTE SOFTWARE DIPS.....	287
ANEXO 89 GRÁFICO DE SISTEMAS PRINCIPALES EN EL TALUD DEL KM 14+600-14+800. FUENTE SOFTWARE DIPS.....	287
ANEXO 90 GRÁFICO DE POLOS DE LAS DISCONTINUIDADES EN EL TALUD DEL KM 14+800- KM 15. FUENTE SOFTWARE DIPS .....	288
ANEXO 91 GRÁFICO DE CONTORNO DE POLOS O DISTRIBUCIÓN POLAR EN EL TALUD DEL KM 14+800-KM 15. FUENTE SOFTWARE DIPS .....	288
ANEXO 92 GRÁFICO DE SISTEMAS PRINCIPALES EN EL TALUD DEL KM 14+800- KM 15. FUENTE SOFTWARE DIPS.....	289
ANEXO 93 RMR PARA LA ESTACIÓN GEOMECÁNICA 001. FUENTE: GEOTECMIN.....	291
ANEXO 94 RMR PARA LA ESTACIÓN GEOMECÁNICA 002. FUENTE: GEOTECMIN.....	292
ANEXO 95 RMR PARA LA ESTACIÓN GEOMECÁNICA 003. FUENTE: GEOTECMIN .....	293
ANEXO 96 RMR PARA LA ESTACIÓN GEOMECÁNICA 004. FUENTE: GEOTECMIN .....	294
ANEXO 97 RMR PARA LA ESTACIÓN GEOMECÁNICA 005. FUENTE: GEOTECMIN .....	295
ANEXO 98 RMR PARA LA ESTACIÓN GEOMECÁNICA 006. FUENTE: GEOTECMIN .....	296
ANEXO 99 RMR PARA LA ESTACIÓN GEOMECÁNICA 007. FUENTE: GEOTECMIN .....	297
ANEXO 100 RMR PARA LA ESTACIÓN GEOMECÁNICA 008. FUENTE: GEOTECMIN .....	298
ANEXO 101 RMR PARA LA ESTACIÓN GEOMECÁNICA 009. FUENTE: GEOTECMIN .....	299
ANEXO 102 RMR PARA LA ESTACIÓN GEOMECÁNICA 010. FUENTE: GEOTECMIN .....	300
ANEXO 103 RMR PARA LA ESTACIÓN GEOMECÁNICA 011. FUENTE: GEOTECMIN .....	301

ANEXO 104 RMR PARA LA ESTACIÓN GEOMECÁNICA 12. FUENTE: GEOTECMIN .....	302
ANEXO 105 RMR PARA LA ESTACIÓN GEOMECÁNICA 013. FUENTE: GEOTECMIN .....	303
ANEXO 106 RMR PARA LA ESTACIÓN GEOMECÁNICA 014. FUENTE: GEOTECMIN .....	304
ANEXO 107 RMR PARA LA ESTACIÓN GEOMECÁNICA 015. FUENTE: GEOTECMIN .....	305
ANEXO 108 RMR PARA LA ESTACIÓN GEOMECÁNICA 016. FUENTE: GEOTECMIN .....	306
ANEXO 109 RMR PARA LA ESTACIÓN GEOMECÁNICA 017. FUENTE: GEOTECMIN .....	307
ANEXO 110 RMR PARA LA ESTACIÓN GEOMECÁNICA 018. FUENTE: GEOTECMIN .....	308
ANEXO 111 RMR PARA LA ESTACIÓN GEOMECÁNICA 019. FUENTE: GEOTECMIN .....	309
ANEXO 112 RMR PARA LA ESTACIÓN GEOMECÁNICA 020. FUENTE: GEOTECMIN .....	310
ANEXO 113 RMR PARA LA ESTACIÓN GEOMECÁNICA 021. FUENTE: GEOTECMIN .....	311
ANEXO 114 RMR PARA LA ESTACIÓN GEOMECÁNICA 022. FUENTE: GEOTECMIN .....	312
ANEXO 115 RMR PARA LA ESTACIÓN GEOMECÁNICA 023. FUENTE: GEOTECMIN .....	313
ANEXO 116 GSI PARA LA ZONA 1 (ESTACIONES GEOMECÁNICAS DE LA 001 A LA 007). FUENTE: GEOTECMIN.....	314
ANEXO 117 GSI PARA LA ZONA 2 (ESTACIONES GEOMECÁNICAS DE LA 008 A LA 013). FUENTE: GEOTECMIN.....	315
ANEXO 118 GSI PARA LA ZONA 3 (ESTACIONES GEOMECÁNICAS DE LA 014 A LA 023). FUENTE: GEOTECMIN.....	316
ANEXO 119 INFORME DE LABORATORIO PARA ENSAYO DE CARGA PUNTUAL PARA LA DIORITA ALTERADA. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA. ....	318
ANEXO 120 INFORME DE LABORATORIO PARA ENSAYO DE PROPIEDADES FÍSICAS PARA LA DIORITA ALTERADA. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA. ....	319
ANEXO 121 INFORME DE LABORATORIO FINAL. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA. ....	320
ANEXO 122 INFORME DE LABORATORIO PARA ENSAYO DE CARGA PUNTUAL PARA LA LUTITA METAMORFIZADA. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.....	321
ANEXO 123 INFORME DE LABORATORIO PARA ENSAYO DE PROPIEDADES FÍSICAS PARA LA LUTITA METAMORFIZADA. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.....	322
ANEXO 124 INFORME DE LABORATORIO FINAL. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA. ....	323
ANEXO 125 INFORME DE LABORATORIO PARA ENSAYO DE CARGA PUNTUAL PARA LA ROCA ESQUISTOSA. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA. ....	324
ANEXO 126 INFORME DE LABORATORIO PARA ENSAYO DE CARGA PUNTUAL PARA LA ROCA ESQUISTOSA. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA. ....	325
ANEXO 127 INFORME DE LABORATORIO PARA ENSAYO DE PROPIEDADES FÍSICAS PARA LA ROCA ESQUISTOSA. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.....	326
ANEXO 128 INFORME DE LABORATORIO FINAL. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA. ....	327
ANEXO 129 CALCULO DE LOS CRITERIOS DE ROTURA PARA LA ZONA 1. SOFTWARE RocDATA.....	329
ANEXO 130 CALCULO DE LOS CRITERIOS DE ROTURA PARA LA ZONA 2. SOFTWARE RocDATA.....	329
ANEXO 131 CALCULO DE LOS CRITERIOS DE ROTURA PARA LA ZONA 3. SOFTWARE RocDATA.....	330
ANEXO 132 TALUD CON UNA PENDIENTE DE 85°. FUENTE: SOFTWARE SLIDE.....	332
ANEXO 133 ANÁLISIS DE LA ESTABILIDAD PARA EL MODELO ESTÁTICO DEL TALUD, SEGÚN EL MÉTODO DE BISHOP SIMPLICADO. FUENTE: SOFTWARE SLIDE. ....	332
ANEXO 134 ANÁLISIS DE LA ESTABILIDAD PARA EL MODELO ESTÁTICO DEL TALUD, SEGÚN EL MÉTODO DE JANBU SIMPLICADO. FUENTE: SOFTWARE SLIDE. ....	333
ANEXO 135 ANÁLISIS DE LA ESTABILIDAD PARA EL MODELO ESTÁTICO DEL TALUD, SEGÚN EL MÉTODO DE JANBU CORREGIDOO. FUENTE: SOFTWARE SLIDE. ....	333
ANEXO 136 ANÁLISIS DE LA ESTABILIDAD PARA EL MODELO ESTÁTICO DEL TALUD, SEGÚN EL MÉTODO DE SPENCER. FUENTE: SOFTWARE SLIDE.....	334
ANEXO 137 ANÁLISIS DE LA ESTABILIDAD PARA EL MODELO DINÁMICO DEL TALUD, SEGÚN EL MÉTODO DE BISHOP SIMPLICADO. FUENTE: SOFTWARE SLIDE. ....	334



ANEXO 138 ANÁLISIS DE LA ESTABILIDAD PARA EL MODELO DINÁMICO DEL TALUD, SEGÚN EL MÉTODO DE JANBU SIMPLICADO. FUENTE: SOFTWARE SLIDE. ....	335
ANEXO 139 ANÁLISIS DE LA ESTABILIDAD PARA EL MODELO DINÁMICO DEL TALUD, SEGÚN EL MÉTODO DE JANBU CORREGIDOO. FUENTE: SOFTWARE SLIDE. ....	335
ANEXO 140 ANÁLISIS DE LA ESTABILIDAD PARA EL MODELO DINÁMICO DEL TALUD, SEGÚN EL MÉTODO DE SPENCER. FUENTE: SOFTWARE SLIDE. ....	336
ANEXO 141 ÁNGULO DEL TALUD MODIFICADO A 26°. FUENTE: SOFTWARE SLIDE. ....	336
ANEXO 142 ANÁLISIS DE LA ESTABILIDAD PARA EL MODELO DINÁMICO DEL TALUD MODIFICADO, SEGÚN EL MÉTODO DE BISHOP SIMPLICADO. FUENTE: SOFTWARE SLIDE. ....	337
ANEXO 143 ANÁLISIS DE LA ESTABILIDAD PARA EL MODELO DINAMICO DEL TALUD MODIFICADO, SEGÚN EL MÉTODO DE JANBU SIMPLICADO. FUENTE: SOFTWARE SLIDE. ....	337
ANEXO 144 ANÁLISIS DE LA ESTABILIDAD PARA EL MODELO DINÁMICO DEL TALUD MODIFICADO, SEGÚN EL MÉTODO DE JANBU CORREGIDO. FUENTE: SOFTWARE SLIDE. ....	338
ANEXO 145 ANÁLISIS DE LA ESTABILIDAD PARA EL MODELO DINÁMICO DEL TALUD MODIFICADO, SEGÚN EL MÉTODO DE SPENCER. FUENTE: SOFTWARE SLIDE. ....	338
ANEXO 146 ANÁLISIS DE LA ESTABILIDAD PARA EL MODELO ESTÁTICO PARA EL TALUD MODIFICADO, SEGÚN EL MÉTODO DE BISHOP SIMPLICADO. FUENTE: SOFTWARE SLIDE. ....	339
ANEXO 147 ANÁLISIS DE LA ESTABILIDAD PARA EL MODELO ESTÁTICO PARA EL TALUD MODIFICADO, SEGÚN EL MÉTODO DE JANBU SIMPLICADO. FUENTE: SOFTWARE SLIDE. ....	339
ANEXO 148 ANÁLISIS DE LA ESTABILIDAD PARA EL MODELO DINÁMICO DEL TALUD MODIFICADO, SEGÚN EL MÉTODO DE JANBU CORREGIDO. FUENTE: SOFTWARE SLIDE. ....	340
ANEXO 149 ANÁLISIS DE LA ESTABILIDAD PARA EL MODELO DINÁMICO DEL TALUD MODIFICADO, SEGÚN EL MÉTODO DE SPENCER. FUENTE: SOFTWARE SLIDE. ....	340
ANEXO 150 TALUD CON UNA PENDIENTE DE 85°. FUENTE: SOFTWARE SLIDE. ....	341
ANEXO 151 ANÁLISIS DE LA ESTABILIDAD PARA EL MODELO ESTÁTICO DEL TALUD, SEGÚN EL MÉTODO DE BISHOP SIMPLICADO. FUENTE: SOFTWARE SLIDE. ....	341
ANEXO 152 ANÁLISIS DE LA ESTABILIDAD PARA EL MODELO ESTÁTICO DEL TALUD, SEGÚN EL MÉTODO DE JANBU SIMPLICADO. FUENTE: SOFTWARE SLIDE. ....	342
ANEXO 153 ANÁLISIS DE LA ESTABILIDAD PARA EL MODELO ESTÁTICO DEL TALUD, SEGÚN EL MÉTODO DE JANBU CORREGIDO. FUENTE: SOFTWARE SLIDE. ....	342
ANEXO 154 ANÁLISIS DE LA ESTABILIDAD PARA EL MODELO ESTÁTICO DEL TALUD, SEGÚN EL MÉTODO DE SPENCER. FUENTE: SOFTWARE SLIDE. ....	343
ANEXO 155 ANÁLISIS DE LA ESTABILIDAD PARA EL MODELO DINÁMICO DEL TALUD, SEGÚN EL MÉTODO DE BISHOP SIMPLICADO. FUENTE: SOFTWARE SLIDE. ....	343
ANEXO 156 ANÁLISIS DE LA ESTABILIDAD PARA EL MODELO DINÁMICO DEL TALUD, SEGÚN EL MÉTODO DE JANBU SIMPLICADO. FUENTE: SOFTWARE SLIDE. ....	344
ANEXO 157 ANÁLISIS DE LA ESTABILIDAD PARA EL MODELO DINAMICO, DEL TALUD SEGÚN EL MÉTODO DE JANBU CORREGIDOO. FUENTE: SOFTWARE SLIDE. ....	344
ANEXO 158 ANÁLISIS DE LA ESTABILIDAD PARA EL MODELO DINÁMICO DEL TALUD, SEGÚN EL MÉTODO DE SPENCER. FUENTE: SOFTWARE SLIDE. ....	345
ANEXO 159 TALUD CON UNA PENDIENTE DE 85°. FUENTE: SOFTWARE SLIDE. ....	345
ANEXO 160 ANÁLISIS DE LA ESTABILIDAD PARA EL MODELO DINÁMICO DEL TALUD, SEGÚN EL MÉTODO DE BISHOP SIMPLICADO. FUENTE: SOFTWARE SLIDE. ....	346
ANEXO 161 ANÁLISIS DE LA ESTABILIDAD PARA EL MODELO DINAMICO DEL TALUD, SEGÚN EL MÉTODO DE JANBU SIMPLICADO. FUENTE: SOFTWARE SLIDE. ....	346
ANEXO 162 ANÁLISIS DE LA ESTABILIDAD PARA EL MODELO DINÁMICO DEL TALUD, SEGÚN EL MÉTODO DE JANBU CORREGIDO. FUENTE: SOFTWARE SLIDE. ....	347
ANEXO 163 ANÁLISIS DE LA ESTABILIDAD PARA EL MODELO DINÁMICO DEL TALUD, SEGÚN EL MÉTODO DE SPENCER. FUENTE: SOFTWARE SLIDE. ....	347
ANEXO 164 ANÁLISIS DE LA ESTABILIDAD PARA EL MODELO ESTÁTICO DEL TALUD, SEGÚN EL MÉTODO DE BISHOP SIMPLICADO. FUENTE: SOFTWARE SLIDE. ....	348

ANEXO 165 ANÁLISIS DE LA ESTABILIDAD PARA EL MODELO ESTÁTICO DEL TALUD, SEGÚN EL MÉTODO DE JANBU SIMPLICADO. FUENTE: SOFTWARE SLIDE. ....	348
ANEXO 166 ANÁLISIS DE LA ESTABILIDAD PARA EL MODELO ESTÁTICO DEL TALUD, SEGÚN EL MÉTODO DE JANBU CORREGIDO. FUENTE: SOFTWARE SLIDE. ....	349
ANEXO 167 ANÁLISIS DE LA ESTABILIDAD PARA EL MODELO ESTÁTICO DEL TALUD, SEGÚN EL MÉTODO DE SPENCER. FUENTE: SOFTWARE SLIDE.....	349
ANEXO 168 ÁNGULO DEL TALUD MODIFICADO A 26°. FUENTE: SOFTWARE SLIDE.....	350
ANEXO 169 ANÁLISIS DE LA ESTABILIDAD PARA EL MODELO DINÁMICO PARA EL TALUD MODIFICADO, SEGÚN EL MÉTODO DE BISHOP SIMPLICADO. FUENTE: SOFTWARE SLIDE.....	350
ANEXO 170 ANÁLISIS DE LA ESTABILIDAD PARA EL MODELO ESTÁTICO PARA EL TALUD MODIFICADO, SEGÚN EL MÉTODO DE JANBU SIMPLICADO. FUENTE: SOFTWARE SLIDE.....	351
ANEXO 171 ANÁLISIS DE LA ESTABILIDAD PARA EL MODELO DINÁMICO DEL TALUD MODIFICADO, SEGÚN EL MÉTODO DE JANBU CORREGIDO. FUENTE: SOFTWARE SLIDE. ....	351
ANEXO 172 ANÁLISIS DE LA ESTABILIDAD PARA EL MODELO DINÁMICO DEL TALUD MODIFICADO, SEGÚN EL MÉTODO DE SPENCER. FUENTE: SOFTWARE SLIDE.....	352
ANEXO 173 ANÁLISIS DE LA ESTABILIDAD PARA EL MODELO ESTÁTICO PARA EL TALUD MODIFICADO, SEGÚN EL MÉTODO DE BISHOP SIMPLICADO. FUENTE: SOFTWARE SLIDE.....	352
ANEXO 174 ANÁLISIS DE LA ESTABILIDAD PARA EL MODELO ESTÁTICO PARA EL TALUD MODIFICADO SEGÚN EL MÉTODO DE JANBU SIMPLICADO. FUENTE: SOFTWARE SLIDE. ....	353
ANEXO 175 ANÁLISIS DE LA ESTABILIDAD PARA EL MODELO DINÁMICO DEL TALUD MODIFICADO, SEGÚN EL MÉTODO DE JANBU CORREGIDO. FUENTE: SOFTWARE SLIDE. ....	353
ANEXO 176 ANÁLISIS DE LA ESTABILIDAD PARA EL MODELO ESTÁTICO DEL TALUD MODIFICADO, SEGÚN EL MÉTODO DE SPENCER. FUENTE: SOFTWARE SLIDE. ....	354
ANEXO 177 INGRESO DE LA DATA REFERENTE A LA CUÑA Y AL TALUD DEL KM 10+200-10+400. FUENTE: SOFTWARE SWEDGE. ....	356
ANEXO 178 VISTAS DE LA CUÑA DEL TALUD DEL KM 10+200-10+400. FUENTE: SOFTWARE SWEDGE....	356
ANEXO 179 INGRESO DE LA DATA REFERENTE A LA CUÑA Y AL TALUD DEL KM 10+400-10+600. FUENTE: SOFTWARE SWEDGE. ....	357
ANEXO 180 VISTAS DE LA CUÑA DEL TALUD DEL KM 10+400-10+600. FUENTE: SOFTWARE SWEDGE. ....	357
ANEXO 181 INGRESO DE LA DATA REFERENTE A LA CUÑA Y AL TALUD DEL KM 10+600-10+800. FUENTE: SOFTWARE SWEDGE. ....	358
ANEXO 182 VISTAS DE LA CUÑA DEL TALUD DEL KM 10+600-10+800. FUENTE: SOFTWARE SWEDGE....	358
ANEXO 183 INGRESO DE LA DATA REFERENTE A LA CUÑA Y AL TALUD DEL KM 10+800-10+1000. FUENTE: SOFTWARE SWEDGE. ....	359
ANEXO 184 VISTAS DE LA CUÑA DEL TALUD DEL KM 10+800-10+1000. FUENTE: SOFTWARE SWEDGE... 359	359
ANEXO 185 INGRESO DE LA DATA REFERENTE A LA CUÑA Y AL TALUD DEL KM 11+00-11+200. FUENTE: SOFTWARE SWEDGE. ....	360
ANEXO 186 VISTAS DE LA CUÑA DEL TALUD DEL KM 11+00-11+200. FUENTE: SOFTWARE SWEDGE.....	360
ANEXO 187 INGRESO DE LA DATA REFERENTE A LA CUÑA Y AL TALUD DEL KM 11+200-11+400. FUENTE: SOFTWARE SWEDGE. ....	361
ANEXO 188 VISTAS DE LA CUÑA DEL TALUD DEL KM 11+200-11+400. FUENTE: SOFTWARE SWEDGE....	361
ANEXO 189 INGRESO DE LA DATA REFERENTE A LA CUÑA Y AL TALUD DEL KM 11+400-11+600. FUENTE: SOFTWARE SWEDGE. ....	362
ANEXO 190 VISTAS DE LA CUÑA DEL TALUD DEL KM 11+400-11+600. FUENTE: SOFTWARE SWEDGE....	362
ANEXO 191 INGRESO DE LA DATA REFERENTE A LA CUÑA Y AL TALUD DEL KM 11+600-11+800. FUENTE: SOFTWARE SWEDGE. ....	363
ANEXO 192 VISTAS DE LA CUÑA DEL TALUD DEL KM 11+600-11+800. FUENTE: SOFTWARE SWEDGE....	364
ANEXO 193 INGRESO DE LA DATA REFERENTE A LA CUÑA Y AL TALUD DEL KM 11+800-11+1000. FUENTE: SOFTWARE SWEDGE. ....	364
ANEXO 194 VISTAS DE LA CUÑA DEL TALUD DEL KM 11+800-11+1000. FUENTE: SOFTWARE SWEDGE... 365	365

ANEXO 195 INGRESO DE LA DATA REFERENTE A LA CUÑA Y AL TALUD DEL KM 12+200-12+400. FUENTE: SOFTWARE SWEDGE. ....	365
ANEXO 196 VISTAS DE LA CUÑA DEL TALUD DEL KM 12+200-12+400. FUENTE: SOFTWARE SWEDGE.....	366
ANEXO 197 INGRESO DE LA DATA REFERENTE A LA CUÑA Y AL TALUD DEL KM 11+800-12+1000. FUENTE: SOFTWARE SWEDGE. ....	366
ANEXO 198 VISTAS DE LA CUÑA DEL TALUD DEL KM 12+800-12+1000. FUENTE: SOFTWARE SWEDGE...	367
ANEXO 199 INGRESO DE LA DATA REFERENTE A LA CUÑA Y AL TALUD DEL KM 13+200-13+400. FUENTE: SOFTWARE SWEDGE. ....	367
ANEXO 200 VISTAS DE LA CUÑA DEL TALUD DEL KM 13+200-13+400. FUENTE: SOFTWARE SWEDGE.....	368
ANEXO 201 INGRESO DE LA DATA REFERENTE A LA CUÑA Y AL TALUD DEL KM 13+600-13+800. FUENTE: SOFTWARE SWEDGE. ....	368
ANEXO 202 VISTAS DE LA CUÑA DEL TALUD DEL KM 13+600-13+800. FUENTE: SOFTWARE SWEDGE.....	369
ANEXO 203 INGRESO DE LA DATA REFERENTE A LA CUÑA Y AL TALUD DEL KM 14+00-14+200. FUENTE: SOFTWARE SWEDGE. ....	369
ANEXO 204 VISTAS DE LA CUÑA DEL TALUD DEL KM 14+00-14+200. FUENTE: SOFTWARE SWEDGE.....	370
ANEXO 205 INGRESO DE LA DATA REFERENTE A LA CUÑA Y AL TALUD DEL KM 14+800- KM 15. FUENTE: SOFTWARE SWEDGE. ....	370
ANEXO 206 VISTAS DE LA CUÑA DEL TALUD DEL KM 14+800-KM 15. FUENTE: SOFTWARE SWEDGE. ....	371
ANEXO 207 INGRESO DE LA DATA REFERENTE A LA FALLA PLANAR Y AL TALUD DEL KM 12+00-12+200. FUENTE: SOFTWARE ROCPLANE .....	373
ANEXO 208 INGRESO DE LA DATA REFERENTE AL CRITERIO DE MOHR – COULOMB DEL TALUD DEL KM 12+00-12+200. FUENTE: SOFTWARE ROCPLANE .....	373
ANEXO 209 VISTAS DE LA FALLA PLANAR DEL TALUD DEL KM 12+00-12+200. FUENTE: SOFTWARE ROCPLANE. ....	374
ANEXO 210 INGRESO DE LA DATA REFERENTE A LA FALLA PLANAR Y AL TALUD DEL KM 13+400-13+600. FUENTE: SOFTWARE ROCPLANE .....	374
ANEXO 211 INGRESO DE LA DATA REFERENTE AL CRITERIO DE MOHR – COULOMB DEL TALUD DEL KM 13+400-13+600. FUENTE: SOFTWARE ROCPLANE .....	375
ANEXO 212 VISTAS DE LA FALLA PLANAR DEL TALUD DEL KM 13+400-13+600. FUENTE: SOFTWARE ROCPLANE. ....	375
ANEXO 213 INGRESO DE LA DATA REFERENTE A LA FALLA PLANAR Y AL TALUD DEL KM 13+800-14+00. FUENTE: SOFTWARE ROCPLANE .....	376
ANEXO 214 INGRESO DE LA DATA REFERENTE AL CRITERIO DE MOHR – COULOMB DEL TALUD DEL KM 13+800-14+00. FUENTE: SOFTWARE ROCPLANE .....	376
ANEXO 215 VISTAS DE LA FALLA PLANAR DEL TALUD DEL KM 13+800-14+00. FUENTE: SOFTWARE ROCPLANE. ....	377
ANEXO 216 TOMA DE DATOS CON LA BRÚJULA EN CAMPO. FUENTE: PROPIA.....	379
ANEXO 217 TOMA DE DATOS DE RMR. FUENTE: PROPIA. ....	379
ANEXO 218 SECTOR LA PILCA Y TOMA DE MUESTRAS PARA SU ANÁLISIS EN LABORATORIO. FUENTE: PROPIA. ....	380
ANEXO 219 TOMA DE DATOS Y DE MUESTRAS EN CAMPO. FUENTE: PROPIA.....	381
ANEXO 220 DERRUMBES EN LOS TALUDES DEL SECTOR LA PILCA. FUENTE: PROPIA.....	381
ANEXO 221 DERRUMBES EN LOS TALUDES DEL SECTOR LA PILCA. FUENTE: PROPIA.....	382
ANEXO 222 TALUDES EN EL SECTOR LA PILCA. FUENTE: PROPIA. ....	382
ANEXO 223 HERRAMIENTAS UTILIZADAS EN CAMPO. FUENTE: PROPIA.....	383
ANEXO 224 TESTIGOS ANTES DE SER SOMETIDOS A ENSAYO DE CARGA PUNTUAL. FUENTE: PROPIA. ....	383
ANEXO 225 TESTIGOS OBTENIDOS POR MEDIO DE LA PERFORACIÓN. FUENTE: PROPIA. ....	384
ANEXO 226 APLICACIÓN DEL ENSAYO DE CARGA PUNTUAL PARA MUESTRAS IRREGULARES Y TESTIGO DE ROCA. FUENTE: PROPIA. ....	384
ANEXO 227 MEDICIÓN DE LAS MUESTRAS Y APLICACIÓN DE CARGA, FUENTE: PROPIA. ....	385

ANEXO 228 MUESTRA YA SOMETIDA AL ENSAYO DE CARGA PUNTUAL. FUENTE: PROPIA. ....	385
ANEXO 229 CORTANDO LOS TESTIGOS AL TAMAÑO REQUERIDO PARA ENSAYO DE CARGA PUNTUAL. FUENTE: PROPIA. ....	386
ANEXO 230 EJECUTANDO UN ENSAYO DE CARGA PUNTUAL. FUENTE: PROPIA. ....	386
ANEXO 231 MUESTRAS YA SOMETIDAS A ENSAYOS DE CARGA PUNTUAL. FUENTE: PROPIA. ....	387
ANEXO 232 EMPLEANDO LA MAQUINA EXTRACTORA DE TESTIGOS. FUENTE: PROPIA. ....	387
ANEXO 233 REALIZANDO LA MEDICION DEL DIAMETRO DE LOS TESTIGOS. FUENTE: PROPIA. ....	388
ANEXO 234 ENSAYO DE PROPIEDADES FÍSICAS. FUENTE: PROPIA. ....	388

## RESUMEN

El presente trabajo de investigación consiste en el estudio de los taludes de la carretera Olmos – Jaén, específicamente en el tramo comprendido entre el km 10 al km 15. A lo largo de la carretera se puede notar que ha habido incidencia de fenómenos de geodinámica externa, tales como, derrumbes, deslizamientos, condicionados en gran parte por la influencia de las filtraciones de aguas superficiales. En la elaboración de la tesis se desarrolló durante un periodo de 8 meses. La presente tesis está basada en la geología y la geomecánica, teniendo como bases estas teorías, las cuales sirven para todo el proceso de desarrollo. El método de la investigación se efectuó siguiendo un programa de trabajo, el cual tiene un diseño de tipo experimental, se recopiló información con respecto al tema, se realizó una evaluación en campo a través de la observación geológica y geomecánica de la roca que conforma el talud, se realizaron ensayos de laboratorio (de carga puntual y propiedades físicas), toda la información obtenida en los procesos anteriores, servirá para su posterior procesamiento y análisis en gabinete.

**Palabras clave:** geomecánica, ángulo de fricción, cohesión, factor de seguridad, buzamiento, falla por cuña, falla planar.

## **ABSTRACT**

This research work consists of the study of the slopes of the highway Olmos-Jaén, specifically in the section between km 10 to km 15. Along the road it can be noticed that there has been an incidence of external geodynamics phenomena, such as landslides, landslides, conditioned largely by the influence of surface water filtrations. The elaboration of the thesis was developed over a period of 8 months. This thesis is based on geology and geomechanics, having as bases these theories, which serve the whole development process. The research method was carried out following a programme of work, which has an experimental type design, Information is compiled on the topic, A field evaluation was carried out through geological and geomechanical observation of the rock that forms the slope, Laboratory tests were performed (Punctual loading and physical properties), All the information obtained in the previous processes will be used for further processing and analysis in the cabinet.

**Key words:** geomechanics, friction angle, cohesion, safety factor, dip, wedge failure, planar failure.

# I.

# INTRODUCCIÓN

## 1.1. Realidad problemática

En cualquier terreno que no sea horizontal, existe una serie de fuerzas que tienden a nivelarlo: fuerzas de gravedad, filtración, presión del agua en las diaclasas, etc. Se oponen a ello la resistencia del terreno, raíces y otros elementos. Cuando el primer grupo de fuerzas predomina sobre el segundo, el talud se hace inestable. Los daños anuales producidos por los deslizamientos en Guatemala, pueden cifrarse en millones de quetzales. No se conoce una estimación análoga, pero basta con leer los diarios, particularmente en época de lluvias, para darse cuenta de los trastornos ocasionados por la misma causa. GUILLÉN MARTINEZ, Carlos Eduardo, 2004, p. 15)

El presente trabajo de investigación surge de la problemática en el proceso constructivo de la ampliación de la sección a cuatro carriles en el proyecto: CA – 1 Occidente Tramo: Tecpan (km. 89) – Los Encuentros (km. 124). Debido a la poca experiencia que se tiene en el país sobre fallas en taludes, rellenos, laderas, etc., y al cambio significativo del clima, se notó un aumento en los problemas de inestabilidad de taludes, en el proyecto en mención, en virtud de tal situación, se implementó empíricamente un procedimiento para identificar las posibles causas de fallas de los taludes y así realizar trabajos, tanto preventivos como correctivos adecuados a cada talud. Por las circunstancias anteriormente descritas y a lo recurrente que se ha vuelto la problemática en Guatemala, es importante contar con un procedimiento estandarizado para la identificación y localización de los taludes, establecer los ensayos de laboratorio necesarios que permitirían determinar las características y comportamiento de los suelos encontrados en los tramos carreteros. De esa cuenta, se propone una guía metodológica que establezca lineamientos a seguir para identificar las características a los taludes, en términos geométricos, tipos de suelos, presencia de agua, asociarlas con base a los resultados de los ensayos a efectuar a fin de determinar las posibles causas de falla y proponer soluciones para su estabilización. (ROMERO CHOJOLAN, Marco Vinicio, 2011, p.10)

Las vías en Colombia, particularmente en la zona andina, presentan periódicamente una gran cantidad de deslizamientos y movimientos en masa en general, que causan pérdidas económicas y humanas. Las pérdidas que se presentan en una vía debido a un deslizamiento pueden ser clasificadas como



directas (costos de remoción de los detritos u otras) o indirectas (Pérdidas de cargas perecederas, lucro cesante de vehículos, etc.). Las pérdidas o consecuencias son en parte debidas a la ocurrencia de los deslizamientos, pero también a la vulnerabilidad de la vía o de los usuarios. Por lo general en Colombia no se hacen cálculos rigurosos de la magnitud de las pérdidas causadas por los deslizamientos en carreteras. En la actualidad no existen normas en cuanto a la evaluación de riesgo y vulnerabilidad de carreteras que permitan evaluar las consecuencias por deslizamientos en dichas vías, por otro lado, y en general, en el proceso de diseño no son cuantificados los riesgos asociados a las personas que transitan por la vía, y la comunidad que vive en sus alrededores. (GARZÓN IRAL, Juan Miguel; VALENCIA PALACIO, Estefan y Muñoz Cossio, Jesús Andrés, 2012, p. 13)

En la vía Manizales – Mariquita, se detectan varios sitios inestables, entre los cuales se encuentra el del PR 55 + 900, que es uno de los puntos más críticos de este corredor vial, en el mes de Marzo del 2005 este sitio falla afectando parcialmente la banca. Lo que conlleva a que el paso sea restringido afectando la parte económica de la región, viéndose reflejado en el sector turístico, ganadero y agrícola. Geológicamente la zona está conformada por esquistos gráfícos y cloríticos recubiertos con depósitos volcánicos de lodos y lentes de ceniza volcánica muy alterados. Desde el punto de vista geomorfológico la zona se desarrolla sobre un antiguo deslizamiento en donde la banca ya había presentado antecedentes de asentamientos, que para solucionarlos se procede a la construcción de un muro de aproximadamente 7 m de altura por 47 metros de largo. (POVEDA ORDUÑA, Jhon Jairo y VARGAS ALDAÑA, Guillermo, 2006, p. 13)

Las obras como carreteras, ferrocarriles, canales, y en general cualquier construcción que requiera una superficie plana en una zona de pendiente, o alcanzar una profundidad determinada por debajo de la superficie, precisan la excavación de taludes. Los taludes se construyen con la pendiente más elevada que permite la resistencia del terreno, manteniendo unas condiciones aceptables de estabilidad. El diseño de taludes es uno de los aspectos más importantes de la ingeniería geotécnica, pues está presente en la mayoría de las actividades constructivas. En general, los taludes en ingeniería Civil alcanzan alturas máximas de 50 a 60 m y se proyectan para ser estables a largo plazo, precisando medidas de

estabilización complementarias cuando no sea posible realizar las excavaciones con las alturas y ángulos requeridos, por motivos económicos o de otro tipo. (REVELO BURGOS, Vicente Ulpiano, 2008, p. 2)

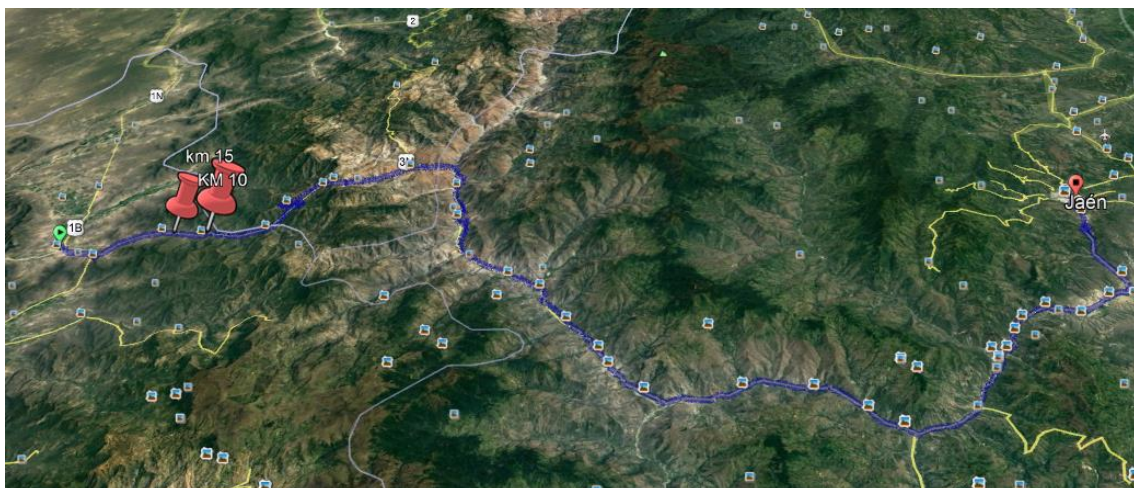
La inclinación de los taludes propuesta en el expediente técnico del proyecto fue inadecuada para muchos sectores del tramo, lo cual se hizo notorio durante los trabajos de excavaciones, ya que se produjo como consecuencia, en dichos sectores, la inestabilidad de los nuevos taludes. De acuerdo con las especificaciones técnicas del manual de carreteras del ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC), se debía proceder con la reclasificación de los materiales de corte de los taludes y reasignación de la inclinación de los mismos, antes, durante y después de ejecutados los trabajos. (SACKSCHEWSKI CHAPMAN, Carlos Enrique, 2017, p. 1)

La Costa Verde desde hace mucho tiempo es un conocido circuito de playas y autopista de dos carriles que permite el paso rápido ( $V_{prom}=60$  km/h) de vehículos en ambos sentidos de sur a norte, Durante los últimos años es objeto de proyectos turísticos y recreacionales en varios distritos a los que une, lo cual incrementa el tránsito vehicular por su condición de vía rápida. Para el desarrollo de Lima Metropolitana, se unirán los distritos de Chorrillos hasta el Callao, mediante la autopista de la Costa Verde; por lo que se requerirá estudios profundos sobre la estabilidad local y global del talud que corre paralelo a esta importante vía. (ALVARADO SALAZAR, Alan Alexis y CORNEJO GUARDIA, Alfonso Ricardo, 2014, p. 1)

La geodinámica externa presenta en el sub tramo entre Tarapoto y Yurimaguas, fallas como deslizamientos de masas, caídas de bloques, erosión fluvial y socavación, como se aprecia en la Foto N°1. Los factores desencadenantes para la ocurrencia de estos procesos geodinámicas, corresponden a la acción del agua y las propiedades físicas de los materiales encontrados en el tramo. Para la rehabilitación de los sectores es necesario realizar investigaciones geotécnicas para estabilizar los taludes. La importancia radica en la necesidad de estudiar y analizar los tipos de fallas geotécnicas en los taludes de una carretera y sus probables causas, así como alternativas de solución y su aplicación a un caso específico de la carretera IIRSA NORTE TRAMO N.º 1 SECTOR KM 45+690 – KM 45+830 para determinar si la teoría se ajusta a la realidad del Perú. (IBÉRICO RODRÍGUEZ, Rodolfo Ricardo, 2015, p. 8)

Las carreteras en Perú, en especial aquellas pertenecientes a la zona andina, con frecuencia presentan deslizamientos o desprendimientos de material rocoso, la carretera Olmos – Jaén, no está excluida de estos, a lo largo de sus 205. 8 km se pueden identificar diversas zonas en donde estos fenómenos ocurren con mayor frecuencia, entre estas tenemos el cruce de Olmos, Hualapampa, la zona del 81, Pucará, el km 28 en el Cuello, La Pampa de los Burros, La zona del puente del Silencio y la Pilca, es común ver como esta carretera sufre bloqueos producto de masivos movimientos de tierras, se ha dado situaciones en las que huaycos han traído abajo puentes tales como el del silencio y el puente de Hualapampa, llevando consigo flora y fauna y cobrando incluso vidas humanas, afectando la comunicación y el comercio entre las poblaciones del nororiente y el norte y sur de nuestro país, llegando a bloquear esta importante carretera incluso por días, dejando a gente varada y provocando que los productos se pudran, otro punto a tener en cuenta es que se generan gastos excesivos en maquinaria pesada para poder despejar las pistas.

La zona de La Pilca, está ubicada entre la carretera Olmos – Jaén, esta comprende desde el km 10 al km 27, como objeto de estudio se escogió el tramo comprendido entre el km 10 cuyas coordenadas UTM WSG 84 son las siguientes 649059 ESTE y 9342605 NORTE y el km 15 cuyas coordenadas son 655097 ESTE y 9343652 NORTE. Para llegar hasta aquí se parte desde olmos y se recorre la carretera Fernando Belaúnde Terry, hasta el km 10.



**Figura N° 1** Carretera Olmos – Jaén. Fuente Google Earth



*Figura N° 2 Zona la Pilca, KM 10 AL KM 15. Fuente Google Earth*

## **1.2 Trabajos Previos**

### **1.2.1 Antecedentes a nivel internacional**

En su tesis ANGAMARCA ANGAMARCA, Freddy Fabián (2010), titulada Modelación numérica de estabilidad de taludes controlados por la presencia de niveles de despegue de alta plasticidad y permeabilidad. La metodología que se aplicó es la siguiente: Dentro de las metodologías disponibles, se encuentran los métodos de límite de equilibrio, los métodos numéricos y los métodos dinámicos para el análisis de caídos de roca y flujos, entre otros. (p.20) Al término del estudio el autor llegó a las siguientes conclusiones:

Tomando en cuenta la inclinación promedio de los 4 taludes que se encuentra en un rango de  $30^{\circ}$ - $45^{\circ}$ , su fricción interna es mayor a los  $5^{\circ}$ , el tipo de falla de los taludes es por círculo de pie. Entre las dos metodologías utilizadas en el proyecto, sobresale el método de elementos finitos, ya que sus resultados de superficie de falla son semejantes a los que se presenta actualmente en el talud. Mientras que el método de equilibrio límite sobredimensiona tales superficies, ya que la superficie de falla es propuesta por el modelador. (p. 120)

Esta tesis, constituye un importante aporte para el estudio de la estabilidad de taludes o laderas, ya que la zona en la que se encuentra el país es una zona tectónicamente activa, lo cual hace de esta una zona muy vulnerable a los deslizamientos masivos, es por esto que este estudio ayuda a comprender los fenómenos geológicos y las causas de las fallas que se pueden dar en un talud perjudicando la estabilidad de este, el auto se encargó de estudiar en concreto dos casos, de los cuales obtiene información valiosa y por medio de ensayos de laboratorio, le servirán para proporcionar medidas de solución.

En su tesis, SVETLANA MELENTIJEVIC (2005), titulada Estabilidad de taludes en macizos rocosos con criterios de rotura no lineales y leyes de fluencia no asociada. Se ha realizado un resumen de los distintos tipos de movimientos que se pueden producir en los taludes en macizos rocosos. ha recopilado la información existente sobre los métodos de cálculo numéricos empleados habitualmente en los análisis de la estabilidad de taludes en macizos rocosos, presentando sus ventajas e inconvenientes. (p. 10) De todo el estudio realizado se pueden extraer fundamentalmente las siguientes conclusiones:

El método desarrollado en esta tesis es válido, puesto que los resultados obtenidos mediante la metodología desarrollada en el Capítulo 5 y dados en el Capítulo 6 en forma de ábacos son concordantes con los resultados obtenidos mediante el programa comercial geotécnico SlopeAV. La comparación viene dada en el Capítulo 7 de "Contraste y validación del método". La similitud de los resultados obtenidos se verifica mediante la diferencia entre los valores de factores de seguridad (*FS*) calculados mediante estos dos procedimientos que es para 144 casos estudiados de deslizamiento plano claramente inferior al 2.5% (salvo en 14 casos es hasta el 6%), y para 27 casos analizados de deslizamiento circular no supera el 5%. (p. 113).

El presente trabajo, pone en discusión el reglamento de carreteras en cuestión de taludes, ya que a percepción del autor, este cree que la normas técnicas son muy generales y no da lineamientos claros sobre la metodología a emplear para mitigar tanto el impacto económico, social y ambiental, sin embargo a través de su tesis, intentar dar lineamientos más específicos que ayuden en el entendimiento del problema de la estabilidad de taludes y que puedan servir para ser empleados y resolver de manera parcial este tipo de problemas.

BLANCO FERNÁNDEZ, Elena (2001), en su tesis sistemas flexibles de alta resistencia para la estabilización de taludes. revisión de los métodos de diseño existentes y propuesta de una nueva metodología de dimensionamiento. La metodología aplicada es la siguiente: Su propósito es buscar información concreta sobre aquellas temáticas que van a ser necesarias para desarrollar los objetivos específicos de esta tesis. (p. 11). La principal conclusión que se obtiene de esta tesis en la siguiente:

Para dimensionar correctamente los componentes del sistema flexible, es necesario recurrir a una simulación numérica dinámica. El objetivo es simular el movimiento de la masa inestable interaccionando con la membrana, con el talud estable y con los bulones intermedios para determinar los máximos esfuerzos que se generan en la membrana, en los cables de refuerzo y en los bulones. (p. 97)

La tesis en cuestión tiene un enfoque de factibilidad técnico – económica, tomando esto como base para realizar su estudio, en la región occidental del valle de aburra, con anterioridad no había carretera que la comuniquen con el occidente de la ciudad de Medellín, la carretera se construyó, pero no se tuvieron en cuenta factores tales como los deslizamientos y la repercusión que estos tendría en materia económica, ya que generarían gastos de mantenimiento y remoción de escombros, el cual desde mi punto de vista es un factor muy importante a la hora de evaluar la construcción de una carretera para hacer de esta sostenible en el tiempo.

JIMÉNEZ PERALVAREZ, Jorge David (2012), en su tesis titulada Movimientos de ladera en la vertiente meridional de sierra nevada (Granada, España): identificación, análisis y cartografía de susceptibilidad y peligrosidad mediante Sig, para la cual se empleó la siguiente metodología: para el análisis de la estabilidad en taludes rocosos según un análisis cinemático de los diferentes tipos de rotura (planar, cuña y vuelco) mediante el uso del SIG. Posteriormente se realiza un análisis probabilístico basado en el equilibrio límite en los taludes que satisfacen las condiciones para la rotura por criterios cinemáticos. (p. 9). Como principal conclusión se obtiene la siguiente:

Los resultados obtenidos implican que los terrenos del entorno de determinadas infraestructuras muestran la mayor susceptibilidad, lo que justifica el estudio y control de la estabilidad del terreno para evitar daños mayores durante episodios de lluvias o terremotos que podrían activar nuevos movimientos o reactivar parcialmente algunos de los existentes. La fisiografía de la zona invita a investigar las relaciones entre la inestabilidad y la geomorfología de la región, así como la peligrosidad de los movimientos de ladera y el riesgo asociado por la proximidad de elementos de riesgo vulnerables a terrenos con susceptibilidad alta. (p. 156)

El presente trabajo realizado en Bogotá, Colombia constituye un importante estudio técnico sobre estabilidad de taludes para tomar en cuenta, si bien el caso es específico para un tramo de la carretera Manzanales – Mariquita, se podría replicar para mitigar los riesgos a lo largo de la carretera, el trabajo cumple con todos los

procedimientos técnicos necesarios y se sustenta en normas técnicas del país colombiano, lo cual lo hace aún más eficiente, como apreciación personal, podría decir que este tema de tesis cumple a cabalidad con todos los estándares mínimos necesarios.

COLIENTE TLAXCALTECA, Alfredo (2010), en su tesis titulada Inestabilidad en laderas y taludes. en la que se emplea la siguiente metodología. Se hace hincapié en los estudios de campo y de laboratorio necesarios para la definición del problema y la obtención de los parámetros mecánicos para la modelación matemática del análisis de estabilidad. (p. 6). El investigador llegó a las siguientes conclusiones:

Se hace notar en este trabajo que los tipos de fallas que se generan en laderas y taludes se deben por factores condicionantes y desencadenantes, que modifican las fuerzas internas y externas que actúan sobre el terreno, disminuyendo el esfuerzo cortante e incrementando los esfuerzos actuantes, haciendo cinemáticamente posible el movimiento de un cierto volumen de masa de suelo o roca, Se establece que la estabilidad de una ladera o talud se ve afectada por agentes principales como son la modificación de su topografía, condiciones de flujo de agua, pérdida de resistencia, cambios en el estado de esfuerzos, intemperismo y sismicidad. (p. 116)

En la presente tesis se pretende crear un modelo que ayude a estabilizar de manera idónea los taludes, con el fin de evitar catástrofes y pérdida de vidas humanas y materiales, también se ha tenido en cuenta el factor económico, ya que se considera como un factor importante porque permitirá que el dinero gastado en actividades de mantenimiento de los taludes sea destinado a otro tipo de actividades que mejoren la infraestructura del país.

### **1.2.2 Antecedentes a nivel nacional**

MEDINA POMAREDA, Marín Fernando (2014), en su tesis denominada Estudio geomecánico de estabilidad de taludes del tajo chapi sulfuros, aplicó la siguiente metodología: En una primera etapa se realizaron las investigaciones básicas, con el fin de obtener la información necesaria, que permita evaluar los factores principales de control de la estabilidad, y estimar así los parámetros geomecánicos básicos. En una segunda etapa, se integró toda la información desarrollada en las investigaciones básicas, con el fin de evaluar las condiciones de estabilidad de los taludes en función de los planes de minado. Según los resultados que se obtuvieron de los trabajos

precedentes, se recomiendan los ángulos de taludes más adecuados, para el planeamiento y diseño del minado. (p. 8). Al final de la investigación se llegó a las siguientes conclusiones:

El análisis de la distribución de las discontinuidades ha mostrado que en general en el área de estudio el arreglo estructural de la masa rocosa (compósito general de afloramientos), está conformada por tres sistemas principales y un sistema secundario: Sistema 1, rumbo NW y buzamiento echado al SW, conformado por estratos y constituye el sistema principal y predominante; Sistema 2, con rumbo NW y buzamiento sub vertical al NE, conformado por diaclasas; Sistema 3, con rumbo NEE y buzamiento sub vertical tanto al SE como al NW, conformado por diaclasas; y el sistema secundario: Sistema 4, de rumbo NEE y buzamiento echado al NW, localizado y conformado por diaclasas. (p. 89)

El autor en la tesis tiene como objetivo brindar soluciones factibles, teniendo en cuenta el tipo de roca de lo que están compuesto los taludes, desde mi perspectiva, creo que las soluciones que brinda, tales como, la reconfiguración del talud, así como buscar el ángulo óptimo para la inclinación del talud y agregar banquetas, aseguran un mayor índice de estabilidad para los taludes comprendiendo entre los tramos propuestos.

Valeriano Nina, Fredy (2016), en su tesis Métodos para el análisis de estabilidad de taludes en roca y su interacción en el cerro Espinal Juliaca, para la cual se aplicó la siguiente metodología: Revisión, compilación y elaboración de informes preliminares. Al iniciar una investigación en cualquier área de la Geología sin duda la información viene a ser la base y el sustento con la que podremos tener nuestras ideas claras con respecto a lo que queremos investigar, por lo cual para la presente investigación se ha revisado una amplia bibliografía de textos, artículos de investigación y presentaciones orales de diversos autores, de diferentes nacionalidades los cuales escriben en relación a la ingeniería de rocas y su aplicación en la estabilidad de taludes. (p. 11). Al final de la investigación se concluyó:

El cerro Espinal litológicamente está constituido por fonolitas del Grupo Mítu, en el cual suprayacen las areniscas cuarzosas del Grupo Ambo y las lutitas del Grupo Cabanillas. De la caracterización estructural se tiene 5 familias de discontinuidades principales con las siguientes orientaciones; familia 01 (71/16), familia 02 (60/324), familia 03 (66/267), familia 04 (79/211) y familia 05



(41/112). Del mapeo superficial de estructuras expuestas tenemos que; espaciado moderado a separado con valores entre 0.10 m – 2.80 m, continuidad o persistencia media a alta con valores de entre 1 m a 18 m, apertura variable entre cerrada y muy abierta, rugosidad variables entre lisa a muy rugosa, JRC variable entre 3 a 20, relleno tipo blando mayor a 5 mm y menor a 5 mm, meteorización de las juntas es de ligero grado, condiciones de agua en las discontinuidades es seca y húmeda, JRC varía entre 140 MPa a 158 MPa, ángulo de fricción básico es 39.10°. (p. 176).

En esta tesis no solo se busca estabilizar los taludes, si no también recuperarlos y darles el factor de seguridad que garanticen dicha estabilidad, por ende, creo que esta tesis es de mucha utilidad para comprender a mayor profundidad el estudio de la estabilidad de taludes y podría ser una gran fuente de apoyo, para futuros estudios.

DÍAZ VENERO, Javier (2008), en su tesis Estabilización del talud de la costa verde en la zona del distrito de magdalena. En la cual se empleó la siguiente metodología: se recurrió a recolectar recortes periodísticos que muestren la realidad problemática de la zona de estudio y a la vez también se recurrió a estudios técnicos que ayuden a tener una visión amplia, posteriormente se tomaron muestras in situ, las cuales posteriormente fueron sometidas a diversos ensayos de laboratorios, los datos obtenidos de estos, sirvieron para posteriormente proponer las medidas con el fin de estabilizar el talud. (p. 15). Al final de la investigación el autor concluyó:

Debido a que no se encontraron dentro de la bibliografía datos propios del suelo conglomerado para los valores que permiten la simulación computarizada de cómo va a rebotar un canto a lo largo del talud, se realizó una calibración de estos valores (dentro del rango de la bibliografía). Obteniéndose una rugosidad 0.50, un coeficiente de restitución normal 0.30 y un coeficiente de restitución tangencial 0.80. Del resultado de la evaluación de la caída de cantos rodados a través del talud se puede concluir que la energía de impacto de los cantos rodados es pequeña pero las alturas de rebotes son altas. (p. 146).

Es bien sabido que la Costa Verde es una zona muy propensa a sufrir derrumbes, tanto por factores geológicos, como por la actividad humana, tales como construcciones cercanas a esta o el ruido y vibraciones de los autos, es por eso que creo que esta tesis es

de utilidad por que llevará a que se tenga un mayor control y se minimicen las posibilidades de deslizamientos o desprendimiento de rocas.

### **1.2.3 Antecedentes a nivel local**

Toro Irureta, Jawer (2014), en su tesis titulada Evaluación de la inestabilidad de taludes en la carretera Las Pirias- cruce Lambayeque, San Ignacio, en el cual se aplicó la siguiente metodología de trabajo: que consiste en la recolección de datos en el campo, a través de estaciones geomecánicas que ayude a conocer el rumbo y buzamiento de las discontinuidades y por otro lado la recolección de muestras para su posterior estudio en laboratorios, se recolecto información de los puntos de interés y finalmente se analizaron los datos obtenidos de los ensayos de laboratorio y se identificó los puntos en donde los taludes eran inestables, proponiendo métodos de control para estos. (p. 17). El autor llego a las siguientes conclusiones:

Se identificaron 08 taludes inestables los cuales se tomaron 02 como muestra para su respectiva evaluación (ensayo corte directo), Las propuestas de solución más resaltante son por el rediseño de la geometría de los taludes, abatimiento de taludes (banquetas, pendiente talud VI: HI), finalmente se dispuso que producto de la evaluación de taludes inestables en la carretera Las Pirias - Cruce Lambayeque, se determinó que si existe inestabilidad en los taludes : $(FS.< 1)$ . (p. 115)

En lo que respecta a la región esta tesis constituye un importante baluarte, ya que nos deja como precedente un estudio ya realizado en esta parte del país, en la cual la geología tiene ciertas similitudes y por lo tanto puede servir como fuente de apoyo para la elaboración de mi tesis.

## **1.3 Teorías relacionadas al tema**

### **Mecánica de rocas**

La mecánica de rocas se ocupa del estudio teórico y práctico de las propiedades geomecánicas y comportamiento mecánico de los materiales rocosos, y su respuesta ante la acción de fuerzas aplicadas en su entorno físico; iniciándose como consecuencia de la utilización del medio geológico en obras superficiales y subterráneas. El conocimiento geológico y observacional de campo son aspectos fundamentales para evaluar las condiciones mecánicas de las rocas. Teniendo un aspecto fundamental en los ensayos in situ y el laboratorio (permiten cuantificar las propiedades físicas y mecánicas

de la matriz rocosa) son, junto con los análisis, la aplicación de criterios de resistencia. (MONTROYA TOROVERERO, Franklin, 2014, pg. 4)

### **Tipos de fallas de taludes**

Los deslizamientos se definen como el movimiento lento o rápido del material superficial de la corteza terrestre (suelo, arena, roca) pendiente abajo, debido a un aumento de peso, pérdida de la consistencia de los materiales o algún otro factor que genere un desequilibrio en el talud y desprendimientos, los desprendimientos son fragmentos de roca o suelo que se separan de un talud y caen saltando por el aire en buena parte de su recorrido (PACHECO ZAPATA, Arturo, 2016, pg. 20)

### **Factores influyentes en la estabilidad de taludes**

La estabilidad de un talud está determinada por factores:

- Geométricos (altura e inclinación)
- Factores geológicos (que condicionan la presencia de planos y zonas de debilidad y anisotropía en el talud)
- Factores hidrogeológicos (presencia de agua)
- Factores geotécnicos o relacionados con el comportamiento mecánico del terreno (resistencia y deformabilidad).

La combinación de los factores citados puede determinar la condición de rotura a lo largo de una o varias superficies, y que sea cinemáticamente posible el movimiento de un cierto volumen de masa de suelo o roca. La posibilidad de rotura y los mecanismos, y modelos de inestabilidad de los taludes están controlados principalmente por factores geológicos y geométricos. (GONZÁLES DE VALLEJO, Luis 2002, pg. 225)

### **Caracterización del macizo rocoso.**

Cuando un macizo rocoso es formado por diversas variedades de rocas, es necesario identificarlas y caracterizarlas, puesto que la combinación de ellas puede ocasionar un comportamiento mecánico diferente de eso que tendría una masa o fase homogénea. La posición especial del tipo rocoso relativamente determina una geometría del talud u otra información importante para el estudio de estabilidad, de modo que es esencial proceder

a los levantamientos geológicos detallados cuando estos ocurren (MORALES CABRERA, Dante, 2000, pg. 25)

### **Número de familias de discontinuidades**

Una familia de discontinuidades está constituida por aquellas que tienen orientaciones similares y el mismo origen. Por ello las familias se pueden determinar, representando los polos de las discontinuidades observadas en el macizo rocosos en una red polar equiareal mediante la plantilla de Schmidt, para obtener un diagrama de polos que se contornearán utilizando una plantilla de conteo equiareal para obtener la distribución de polos que representará todas las discontinuidades medidas en el macizo rocosos y donde se tratará de identificar y estimar las orientaciones medias de las familias. El número de familias de discontinuidades existentes en un macizo rocoso define su comportamiento; determina el grado en que puede deformarse sin que se produzcan roturas en los materiales rocosos y prefigura la forma de rotura del macizo. (Ramírez Oyanguren, Pedro & Alejano Monge, Leandro 2007, pg. 45)

### **Geodinámica**

La Geodinámica es una disciplina de las ciencias geológicas, cuya metodología permite comprender como ocurren los fenómenos, cuáles son las causas y factores que los generan, las condiciones en que se desarrollan y, finalmente, sus efectos sobre el globo terrestre. Nuestro planeta, constituido por un conjunto de materias como: agua, aire, minerales, rocas, etc., desde sus inicios se encuentra sometido a grandes eventos dinámicos que provocan su transformación y evolución bajo la acción de grandes fuerzas internas y externas, que constituyen los procesos geodinámicos endógenos y exógenos. (Medina Rengifo, Juvenal, 2002, pg. 156)

### **Angulo de fricción interna**

Es el ángulo, medido entre la fuerza normal y la fuerza resultante que se logra cuando el fallo sólo se produce en respuesta a un estrés de cizallamiento. Su tangente es el coeficiente de fricción deslizante. Es una medida de la capacidad de una unidad de la roca o del suelo para soportar una tensión al cizallar. El ángulo de fricción interna es afectado por la redondez de la partícula y el tamaño de partícula. Una redondez más baja o un tamaño mediano más grande de la partícula da lugar a un ángulo más grande de la fricción. También se ve afectada por el contenido de cuarzo. Las arenas con menos

cuarzo contienen mayores cantidades de feldespato potásico, plagioclasa, calcita, y/o Dolomita y estos minerales generalmente tienen mayor resistencia a la fricción deslizante en comparación con la del cuarzo. El ángulo de la fricción interna, se puede determinar en el laboratorio por la prueba de corte directo o la prueba triaxial. (BHAGABAN MARNDI, 2011, pg. 12).

### **Theory of limit analysis**

Los métodos de análisis de límites suponen un modelo perfectamente plástico con una regla de flujo asociada. Este último, que también se conoce como el principio de normalidad, implica que las tasas de deformación plástica son normales a la superficie de rendimiento y son fundamentales para la derivación de los dos teoremas del límite. En el marco de estas suposiciones, el análisis de límites es riguroso y las técnicas de solución son, en algunos casos, mucho más simple que aquellos que se basan en la plasticidad incremental. En el contexto de la mecánica de rocas, el uso de una regla de flujo asociada con un criterio de rendimiento Tresca es apropiado para la deformación no drenada, donde el suelo se deforma a volumen constante. Sin embargo, para la deformación drenada, el uso de una regla de flujo asociada con un modelo de suelo de Mohr-Coulomb generalmente produce cambios de volumen excesivos durante la falla plástica. Por consiguiente, a menudo se piensa que los teoremas del límite son herramientas inapropiadas para predecir las cargas de colapso drenadas. (Li An – Jui, 2009, pg. 65).

### **Análisis determinista**

Estos tipos de análisis se basan en el cálculo de un factor de seguridad que es definida como la relación de las fuerzas que resisten el deslizamiento de un bloque de roca sobre las fuerzas causando el deslizamiento. El factor de seguridad calculado por los métodos determinísticos no es confiable ya que no toma en consideración la incertidumbre asociada con parámetros utilizados. En otras palabras, los métodos determinísticos usan valores únicos que son normalmente los valores medios de los parámetros considerados. Sin embargo, en la naturaleza estos parámetros son variables aleatorias, que contienen una cantidad considerable de incertidumbre. (MOHAMED MOHIELDIN, Fadlelmula, 2007, pg. 4)

### **Método ordinario de rebanadas**

Este método también se conoce como "Método de Fellenius" y el "Círculo sueco", es el método de división más simple de usar. El método supone que la resultante de las fuerzas entre cortes que actúan en cualquier sector es paralela a su base; por lo tanto,

cuando la interslice de las fuerzas están descuidadas solo se cumple el momento de equilibrio. En esto Respecto, los factores de seguridad calculados por este método son típicamente conservadores. Factores de la seguridad calculada para pendientes planas y / o pendientes con altas presiones de poro puede estar en el conservador hasta en un 60 por ciento, en comparación con los valores más exactos soluciones. (Nermeen Albataineh, 2006, pg. 12).

### **Métodos cinemáticos**

Los análisis cinemáticos de la estabilidad de la pendiente son característicos de las pendientes rocosas que contienen pozos discontinuidades desarrolladas. Este análisis se basa en la orientación de las discontinuidades definido generalmente en términos de dirección de inmersión y descenso. La interpretación de los datos utiliza proyecciones estereográficas, lo que permite una representación bidimensional de los tres datos dimensionales. El análisis cinemático evalúa la libertad del límite de discontinuidad bloques para desplazar. El análisis de los datos de discontinuidades se puede hacer manualmente usando una stereonet o por computadora. (Boris Benko, 1997, pg. 19)

#### **1.3.1 Variable Independiente**

- Estabilidad de taludes, COPELLO MUÑANTE, Victor (2015) estudia la inmovilidad o posible desequilibrio de un talud a la hora de realizar un proyecto, o llevar a cabo una obra de construcción de ingeniería civil, siendo un aspecto directamente relacionado con la ingeniería geológica - geotécnica.

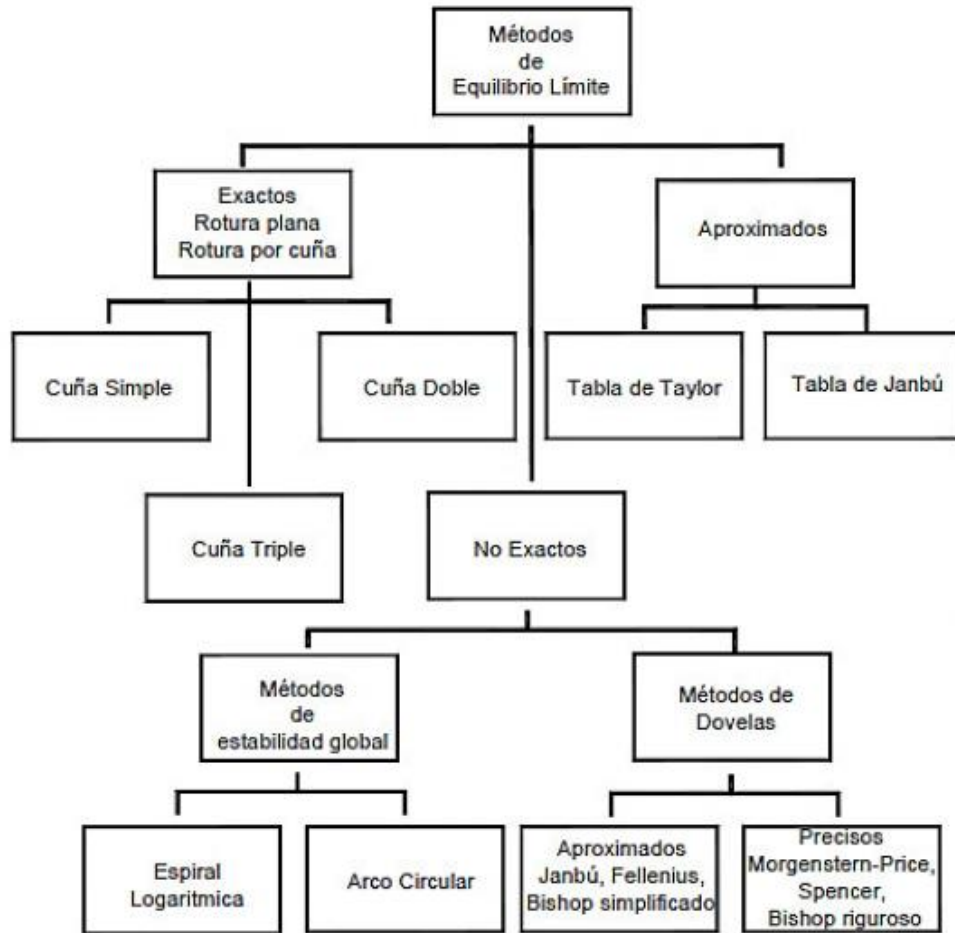
### **Criterios para la estabilidad de taludes**

En una obra como la construcción de una carretera, donde se ejecutan excavaciones importantes, es necesario proyectar taludes de corte. El modelamiento de los taludes es parte de la práctica de la Geotecnia, teniendo como finalidad analizar las condiciones de estabilidad de los taludes naturales y la seguridad y funcionalidad del diseño en los taludes artificiales. Los taludes deben ser diseñados adecuadamente de tal manera que se garantice su estabilidad. Por lo tanto, el problema consiste básicamente en analizar la estabilidad, para la cual se deben determinar los mecanismos potenciales de falla, la susceptibilidad de los taludes a diferentes mecanismos de activación, comparar la efectividad de las diferentes alternativas de estabilización y su efecto sobre la estabilidad del talud, y realizar un diseño óptimo en términos de seguridad, confiabilidad y economía (SACKSCHEWSKI CHAPMAN, Carlos, 2017, pg. 30)

CLASE DE TERRENO	TALUD (H:V)		
	V ≤ 5m	5m <V ≤ 10m	V > 10m
Roca fija	1:10	1:10*	**
Roca suelta	1:4 – 1:6	1:2 – 1:4*	**
Conglomerados cementados	1:4	*	**
Suelos consolidados compactos	1:4	*	**
Conglomerados comunes	1:3	*	**
Tierra Compacta	1:1 – 1:2	*	**
Tierra suelta	1:1	*	**
Arenas sueltas	2:1	*	**
Zonas blandas con abundante arcilla o zonas humedecidas por filtraciones	Hasta 2:1		
*Requiere banquetta o análisis de estabilidad ** Requiere análisis de estabilidad			

**Tabla N° 1** *Asignación de taludes por tipo de material. Fuente: Manual de carreteras del MTC 2013- capítulo IV*

Para el estudio de estabilidad de taludes existen diversos métodos de cálculo. En el Gráfico. N° 03 se muestra la clasificación de estos métodos, y en el Cuadro N° 14 se indica las características de los principales métodos de análisis de estabilidad de taludes (SACKSCHEWSKI CHAPMAN, Carlos, 2017, pg. 32)



*Figura N° 3 Métodos de Análisis de Estabilidad de Taludes. Fuente: Tesis soluciones para la estabilidad de taludes de la carretera Canta – Huayllay entre las progresivas del km 102 al km 110.*



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

*Tabla N° 2 Características de los principales métodos de Análisis de*

### 1.3.2 Variable dependiente

- Diseño de taludes, consiste en realizar un plan detallado para la ejecución de la construcción de los taludes.

### Método de cálculo de taludes por equilibrio límite

Es el método más empleado en la práctica para el cálculo de estabilidad de taludes y se basa fundamentalmente en una consideración de equilibrio plástico límite. Un análisis de límite de equilibrio permite obtener un factor de seguridad o a través de un análisis regresivo, obtener los valores de la resistencia al cortante en el momento de la falla. Una vez que se han determinado las propiedades de los materiales que conforman el talud como la resistencia al cortante, presiones de poros u otras propiedades geotécnicas como la cohesión, el ángulo de fricción interna y el peso unitario, se puede proceder a calcular el factor de seguridad del talud. (SACKSCHEWSKI CHAPMAN, Carlos, 2017, pg. 34)

### **Factor de seguridad en taludes**

Es el factor de amenaza calculado para que el talud falle en las peores condiciones de comportamiento para el cual se diseña. Se define como la relación entre la fuerza total disponible para resistir el deslizamiento y la fuerza total que tiende a inducir el deslizamiento. (GONZALES DE VALLEJO, Luis, 2004, p.138).; es decir:

$$FS = \frac{FUERZA RESISTENTE}{FUERZA ACTUANTE}$$

En las superficies circulares donde existe un centro de giro y momentos resistentes y actuantes:

$$FS = \frac{MOMENTO RESISTENTE DISPONIBLE}{MOMENTO ACTUANTE}$$

La condición de equilibrio límite existe cuando el FS es igual a 1. Cuando el talud es estable, las fuerzas resistentes serán mayores que las fuerzas actuantes y cuando el talud es inestable ocurrirá el caso contrario. Por lo tanto, el FS es un índice que define la estabilidad o inestabilidad de un talud. (SACKSCHEWSKI CHAPMAN, Carlos, 2017, pg. 36)

### **Criterio de Mohr-Coulomb**

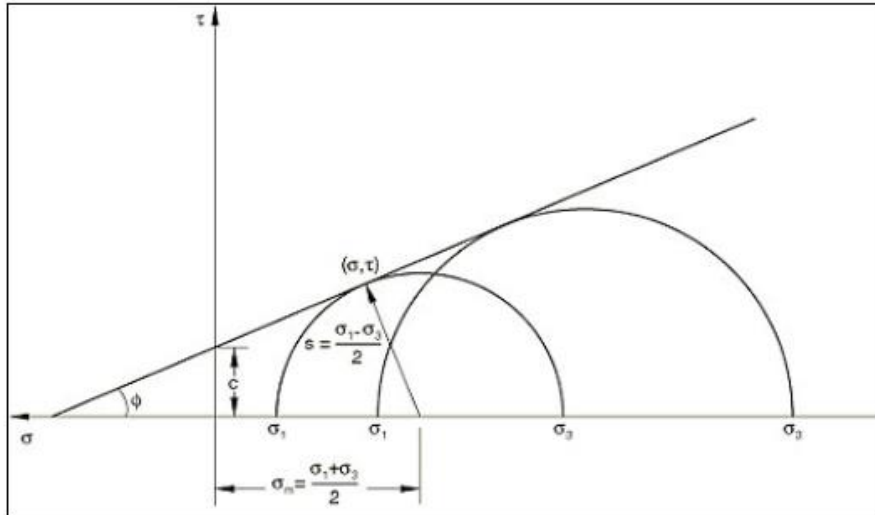
(GONZALES DE VALLEJO, Luis, 2004, p.161) Es un criterio de rotura lineal que expresa la resistencia al corte a lo largo de un plano en un estado triaxial de tensiones, obteniéndose la relación entre los esfuerzos normal y tangencial que actúan en el momento de la rotura. Es representado mediante la siguiente fórmula:

$$\tau = c + \sigma_n \tan \varphi$$

donde:

$\tau$  y  $\sigma_n$ : son las tensiones tangencial y normal sobre el plano de rotura.

$c$  y  $\varphi$ : son la cohesión y ángulo de fricción interna del material.



**Figura N° 4 Criterio de rotura lineal de Mohr-Coulomb. Fuente: Manual de ingeniería geológica**

**Criterio de Hoek & Brown**

Es un criterio de rotura no lineal más adecuado para evaluar la resistencia de la matriz rocosa isotrópica en condiciones triaxiales. (GONZALES DE VALLEJO, Luis, 2002, p.161) Se representa mediante la expresión matemática:

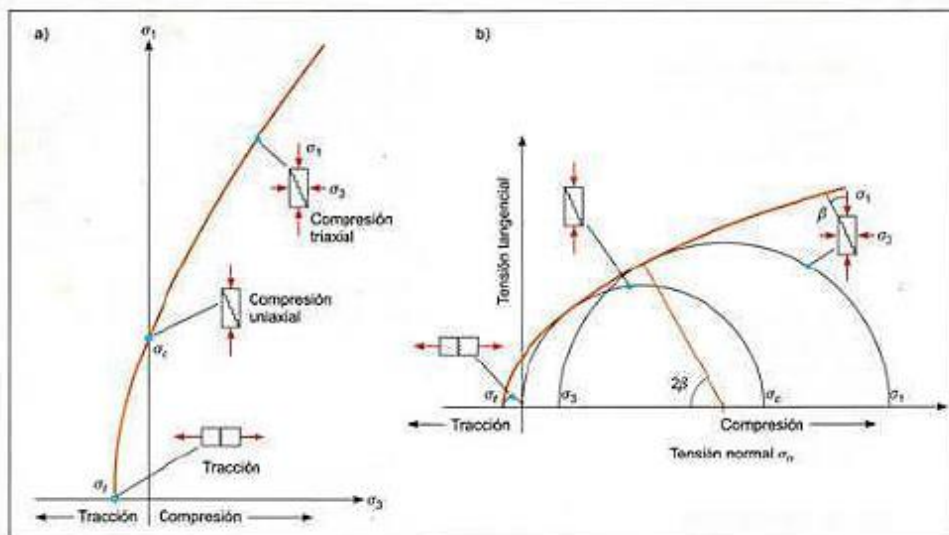
$$\sigma_1 = \sigma_3 + \sqrt{m_i \sigma_{ci} \sigma_3 + \sigma_{ci}^2}$$

donde:

$\sigma_1$  y  $\sigma_3$  son los esfuerzos principales mayor y menor, respectivamente.

$\sigma_{ci}$  es la resistencia a la compresión simple de la matriz rocosa.

$m_i$  es la constante de la roca intacta, que puede obtenerse de la bibliografía cuando no sea posible obtenerla a partir de ensayos triaxiales.



*Figura N° 5 Envoltentes de rotura del Criterio de Hoek & Brown en función de a) Esfuerzo principal b) Esfuerzos normal y tangencial. Fuente: Manual de ingeniería geológica*

**Resistencia a la Compresión Uniaxial (UCS):**

Es el esfuerzo de compresión axial, orientado en un solo eje, máximo que puede tolerar una muestra de material antes de fracturarse. Se conoce también como resistencia a la compresión no confinada. (GONZALES de Vallejo, Luis, 2004, p.163) La resistencia a la compresión uniaxial (UCS) de la roca puede ser medida en campo mediante golpes del martillo geológico, de acuerdo al siguiente cuadro:

Resistencia Estimada en Campo	Descripción	Resistencia (MPa)
Se desintegra al golpe firme con la punta del martillo geológico. Puede ser escarbada con una cuchilla.	Muy blanda	1 – 5
Puede ser escarbada con dificultad por una cuchilla. Se puede indentar la punta del martillo geológico con un golpe firme.	Blanda	5 – 25
Se rompe con un golpe firme del martillo geológico. No puede ser escarbada con una cuchilla.	Moderadamente dura	25 – 50
Se rompe con más de un golpe del martillo geológico.	Dura	50 – 100
Se requieren muchos golpes del martillo geológico para romper la roca.	Muy dura	100 – 250
Los golpes del martillo geológico sólo obtienen esquirlas.	Extremadamente dura	>250

*Ta*

*bla N° 3 Resistencia a la Compresión Simple a partir de índices de campo. Fuente: Manual de ingeniería geológica*

### Índice de Resistencia Geológica (GSI):

Es un índice desarrollado por Hoek en 1994 para subsanar los problemas detectados con el uso del RMR para evaluar la resistencia de los macizos rocosos según el criterio generalizado de Hoek-Brown. Se determina en base a dos parámetros: estructura del macizo rocoso (RMS), definida en términos de su grado de fracturamiento y trabazón; y la condición de las discontinuidades presentes en el macizo (JC). (GONZALES de Vallejo, Luis, 2004, p.118).

El GSI se obtiene mediante la observación de las condiciones de las discontinuidades en

ÍNDICE GEOLÓGICO DE RESISTENCIA GSI (geological strength index)		CONDICIÓN DEL FRENTE				
ESTRUCTURA		MUY BUENA (MD) Superficies muy rugosas sin alinear	BUENA (B) Superficies rugosas ligeramente alteradas, con pautas de oxidación	MEDIA (M) Superficies suaves moderadamente alteradas	POBRE (P) Superficies de calidad muy alteradas con rellenos compactos conteniendo fragmentos rocosos	MUY POBRE (MP) Superficies de calidad muy alteradas con rellenos entrelazados
	<b>BLOQUES REGULARES (BR)</b> Macizo rocoso sin alinear. Bloques en contacto de forma cúbica formados por tres familias de discontinuidades ortogonales, sin relleno.	80	70			
	<b>BLOQUES IRREGULARES (BI)</b> Macizo rocoso parcialmente alterado. Bloques en contacto de forma angular formados por cuatro o más familias de discontinuidades con rellenos con baja proporción de finos.		60	50		
	<b>BLOQUES Y CAPAS (BC)</b> Macizo alterado, plegado y fracturado con múltiples discontinuidades que forman bloques angulosos y con baja proporción de finos.			40	30	
	<b>FRACTURACIÓN INTENSA (FI)</b> Macizo rocoso muy fracturado formado por bloques angulosos y redondeados, con alto contenido de finos.				20	10

el macizo rocoso en campo. Se utiliza el siguiente cuadro:

**Tabla N° 4 Estimación del GSI en base a descripciones geológicas (Hoek y Brown, 1997). Fuente: Manual de ingeniería Geológica**

La Constante de la Roca Intacta (mi) se estima del siguiente cuadro:

Tipo de Roca	Clase	Grupo	Textura			
			Gruesa	Media	Fina	Muy Fina
SEDIMENTARIAS	Clásicas		Conglomerado (22)	Arenisca 19	Limolita 9	Arcillolita 4
			←----- Grauwaca -----> (18)			
	No Clásicas	Orgánicas	←----- Creta -----> 7			
			←----- Carbón -----> (8 - 21)			
	Carbonatos	Brechas (20)	Caliza Esparítica (10)	Caliza Micrítica 8		
	Químicas		Yeso 16	Anhidrita 13		
METAMORFICAS	No Foliadas		Mármol 9	Rocas Córneas (19)	Cuarcita 24	
	Levemente Foliadas		Migmatita (30)	Anfibolita 25 - 31	Milonitas (6)	
	Foliadas		Gneiss 33	Esquistos 4 - 8	Filitas (10)	Pizarras 9
IGNEAS	Intrusivas	Claras	Granito 33		Riolita (15)	Obsidiana (19)
		Oscuras	Granodiorita (30)		Dacita (17)	
			Diorita (28)		Andesita 19	
			Gabbro 27	Dolerita (19)	Basalto (17)	
			Norita 22			
	Extrusivas Piroclásticas		Aglomerados (20)	Brechas (18)	Tobas (15)	

**Tabla N° 5 Valores de la Constante  $m_i$  de la Roca Intacta para distintos tipos de roca.**  
Fuente: Manual de ingeniería Geológica

### Clasificación Geomecánica de Bieniawski (RMR)

La clasificación RMR (Rock Mass Rating) fue desarrollada por Bieniawski en 1973 y tuvo actualizaciones en 1979 y 1989. Esta clasificación permite evaluar los macizos rocosos de acuerdo con su calidad geomecánica y correlacionarla con otros parámetros geotécnicos del macizo rocoso. Para calcular el índice de calidad RMR se tiene en cuenta los siguientes parámetros geomecánicos: (GONZALES de Vallejo, Luis, 2004, p.128).

- Resistencia uniaxial de la matriz rocosa.
- Grado de fracturación en términos del RQD.
- Espaciado de las discontinuidades.
- Condiciones de las discontinuidades.
- Condiciones hidrogeológicas.
- Orientación de las discontinuidades con respecto a la excavación.

La incidencia de estos parámetros en el comportamiento geomecánico del macizo rocoso se expresa mediante el índice de calidad RMR, que varía de 0 a 100. Para aplicar la clasificación RMR se divide el macizo rocoso en zonas o tramos que presenten características geológicas más o menos uniformes de acuerdo con las observaciones hechas en campo, para la cual se toman las medidas y datos correspondientes a las discontinuidades y propiedades de la matriz rocosa.

**El índice RQD (Rock Quality Designation)** fue desarrollado por Deere entre 1963 y 1967. Para su cálculo en taludes rocosos, cuando no se dispone de perforaciones diamantinas, existen dos métodos: (GONZALES de Vallejo, Luis, 2004, p.130).

- En función del número de fisuras por metro, determinadas al realizar el levantamiento litológico-estructural en el área o zona predeterminada. Se aplica la siguiente fórmula:

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

$$\text{donde } \lambda = \frac{\text{N}^\circ \text{ de fisuras}}{\text{Espacio}}$$

- En función del número de fisuras por metro cúbico ( $J_v$ ), determinadas al realizar el levantamiento litológico-estructural en el área. (Para rocas sin arcilla,  $RQD = 100$  para  $J_v < 4.5$ )

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

Los valores de los parámetros de la clasificación RMR que se indican en la tabla N° 04 son sumados. Al resultado obtenido se le aplica un ajuste por orientación de las discontinuidades de acuerdo con el tipo de obra a ejecutarse, como se observa en el cuadro N° 05. El resultado final será el valor del RMR del macizo rocoso.



Parámetro		Escala de valores							
1	Resistencia de la roca inalterada	Índice de la carga de punta	> 8 MPa	4-8 MPa	2-4 MPa	1-2 MPa	Para esta escala tan baja se prefiere la prueba de la resistencia a la comp. uniaxial		
		Resistencia a la comp. uniaxial	> 200 MPa	100-200 MPa	50-100 MPa	25-50 MPa	10-25 MPa	3-10 MPa	1-3 MPa
Valoración			15	12	7	4	2	1	0
2	RQD		90-100 %	75-90 %	50-75 %	25-50 %	< 25 %		
	Valoración		20	17	13	8	33		
3	Espaciamiento de juntas		> 3 m	1-3 m	0.3-1 m	50-300 mm	< 50 mm		
	Valoración		30	25	20	10	5		
4	Estado de las fisuras		Superficies muy rugosas, sin continuidad, sin separación. Paredes de roca dura	Superficies algo rugosas, separación < 1mm, paredes de roca dura	Superficies algo rugosas, separación < 1mm, paredes de roca suave	Superficies pulidas o relleno < 5 mm, esp. O fisuras abiertas 1-5 mm, fisuras continuas	Relleno blando < 5 mm o fisuras abiertas < 5 mm, fisuras continuas		
	Valoración		25	20	12	6	0		
5	Aguas subterráneas	Cantidad de infiltración en l/min del túnel	Ninguna		< 25 litros/min	25-125 litros/min	> 125 litros/min		
		Relación	0	0.0-0.2	0.2-0.5	> 0.5			
	Presión de agua								
		Esfuerzo principal o mayor							
Situación General		Totalmente seco	Solo húmedo (agua de intersticios)		Ligera presión de agua	Serios problemas de agua			
Valoración		10	7		4	0			

**Tabla N° 6 Parámetros y Valores de la Clasificación de Bieniawski. Fuente: Manual de ingeniería geológica**

AJUSTE POR ORIENTACIÓN DE LAS DISCONTINUIDADES						
Orientaciones del rumbo y buzamiento		Muy Favorable	Favorable	Regular	Desfavorable	Muy desfavorable
Puntaje según el tipo de trabajo	Túneles y minas (T)	0	-2	-5	-10	-12
	Cimentaciones (F)	0	-2	-7	-15	-25
	Taludes (S)	0	-5	-25	-50	-60

**Tabla N° 7 Ajuste por Orientación de las Discontinuidades. Fuente: Manual de ingeniería geológica**

### Clasificación Geomecánica de Romana (SMR)

La clasificación SMR (Slope Mass Rating) se basa en una corrección del RMR, propuesta por Manuel Romana en 1985 con la finalidad de poder predecir el comportamiento de los taludes en roca con mayor precisión. En esta clasificación se utilizan parámetros como la dirección del buzamiento, el buzamiento de cada familia de

juntas ( $a_j$ ,  $b_j$ ) y del talud a estudiar ( $a_s$ ,  $b_s$ ). El valor del SMR es el resultado de la suma del valor del RMR con cuatro factores: (GONZALES de Vallejo, Luis, 2004, p.165).

$$SMR = RMR + (F_1 \times F_2 \times F_3) + F_4$$

<b>Parámetros del SMR</b>			
Dirección de buzamiento de la discontinuidad	$a_j$	Buzamiento de la discontinuidad	$b_j$
Dirección de buzamiento del talud	$a_s$	Buzamiento del talud	$b_s$

**Tabla N° 8 Parámetros del SMR. Fuente: Manual de ingeniería geológica**

El factor  $F_1$  depende del paralelismo entre las direcciones de las juntas y del talud, el factor  $F_2$  del buzamiento de la familia de juntas y el factor  $F_3$  de la diferencia de buzamientos entre la familia de juntas y el talud. El producto de estos tres factores ( $F_1 \times F_2 \times F_3$ ) se denomina factor de ajuste.

<b>Determinación del factor de ajuste <math>F_1</math></b>						
Caso		Muy favorable	Favorable	Regular	Desfavorable	Muy desfavorable
Planar	$a_s - a_j$	$> 30^\circ$	$30^\circ - 20^\circ$	$20^\circ - 10^\circ$	$10^\circ - 5^\circ$	$< 5^\circ$
Volteo	$a_s - a_j - 180$					
Valores de $F_1$		0.15	0.40	0.70	0.85	1.00

Tabla

**N° 9 Determinación del Factor de Ajuste  $F_1$ . Fuente: Manual de Ingeniería Geológica**

<b>Determinación del factor de ajuste <math>F_2</math></b>						
Caso		Muy favorable	Favorable	Regular	Desfavorable	Muy desfavorable
Planar	$b_j$	$< 20^\circ$	$20^\circ - 30^\circ$	$30^\circ - 35^\circ$	$35^\circ - 45^\circ$	$> 45^\circ$
Valores de $F_2$		0.15	0.40	0.70	0.85	1.00

**Tabla N° 10 Determinación del Factor de Ajuste  $F_2$ . Fuente: Manual de Ingeniería Geológica**

Nota: Para el caso de falla por volteo, considerar  $F_2 = 1$

<b>Determinación del factor de ajuste <math>F_3</math></b>						
Caso		Muy favorable	Favorable	Regular	Desfavorable	Muy desfavorable
Planar	$b_j - b_s$	$> 10^\circ$	$10^\circ - 0^\circ$	$0^\circ$	$0^\circ - (-10^\circ)$	$< -10^\circ$
Volteo	$b_j + b_s$	$< 110^\circ$	$110^\circ - 120^\circ$	$> 120^\circ$	--	--
Valores de $F_3$		0	-6	-25	-50	-60

**Tabla N° 11 11 Determinación del Factor de Ajuste F3. Fuente: Manual de Ingeniería Geológica**

El método empleado en la excavación del talud también es tenido en cuenta por esta clasificación mediante el factor F4.

<b>Factor de Ajuste según el Método de Excavación <math>F_4</math></b>					
<b>Método</b>	<b>Talud Natural</b>	<b>Pre-Corte</b>	<b>Voladura controlada</b>	<b>Voladura regular</b>	<b>Voladura deficiente</b>
$F_4$	15	10	8	0	-8

**Tabla N° 12 Determinación del Factor de Ajuste F4. Fuente: Manual de Ingeniería Geológica**

### 1.3.3. Normativa

#### **NORMA TÉCNICA E.030 “DISEÑO SISMORRESISTENTE” DEL REGLAMENTO NACIONAL DE EDIFICACIONES**

##### **Norma C.E. 020 – SUELOS Y TALUDES – DS N°017-2012**

A través de esta norma se establecer lo que serán las consideraciones técnicas mínimas, las cuales sirvan para mejorar la resistencia de los suelos y la estabilidad de los taludes, por medio de métodos químicos, mecánicos o de modificación topográfica. Esta norma está dividida en dos capítulos: el primer capítulo aborda el tema de la evaluación de la estabilidad de los taludes, mientras que el segundo capítulo nos habla sobre la metodología de estabilización y remediación de talud.

#### **MANUAL DE CARRETERAS ESPECIFICACIONES TÉCNICAS GENERALES PARA CONSTRUCCIÓN**

Manual de carreteras (2010). El trabajo de excavación de taludes sea en cualesquiera de los materiales clasificados se debe ajustar a las consideraciones técnicas (Geología y Geotecnia) contenidas en el Proyecto en especial a los taludes considerados en los sectores críticos, cualquier modificación al respecto deberá ser coordinada con el Supervisor de la Obra si este lo considere pertinente. (p. 1)

#### **MANUAL DE ENSAYO DE MATERIALES – MTC 2016**

tiene por finalidad estandarizar el método y procedimientos, para la ejecución de los ensayos de laboratorio y de campo, de los materiales que se utilizan en los proyectos de infraestructura vial, con el objeto de asegurar que su comportamiento corresponda a los estándares de calidad propuestos en los estudios, para las obras y actividades de mantenimiento vial.

## **ASTM D5731-95**

La cual brinda todos los procedimientos para realizar el ensayo de carga puntual aplicado a rocas.

### **1.4 Formulación del problema**

¿Cómo realizar el diseño de taludes en roca para estabilizar el tramo comprendido desde el km 10 al km 15 de la carretera olmos – Jaén, sector La Pilca?

### **1.5 Justificación**

#### **1.5.1 Justificación técnica**

El siguiente trabajo se realiza ya a que a lo largo de la carretera Olmos – Jaén, se producen deslizamientos con mucha frecuencia, debido a esto se ha escogido el tramo que comprende desde el km 9 al km 14, La ejecución del estudio se basa en el tipo de roca existente, puesto que de esto dependerá las posibles soluciones.

#### **1.5.2 Justificación social**

Al estabilizarse los taludes, esto ocasionará que se genere una zona más segura, por lo cual, la calma y seguridad física del entorno aumenta, lo cual lo convierte en un mejor lugar para vivir, por otro lado, los accidentes producto de la caída de roca disminuirían, al disminuir los deslizamientos el tránsito en esta carretera no se vería afectado, evitando así bloqueos, paralizaciones y por ende la transitabilidad sería fluida.

#### **1.5.3 Justificación Económica**

Es esencial que esta importante vía se mantenga despejada, ya que facilitara la comunicación el comercio entre las poblaciones del oriente y el norte, por otro lado, al estabilizar el talud se reducen los gastos de mantenimiento y los deslizamientos disminuirían notablemente, reduciendo así el gasto de maquinaria para despejar la vía.

#### **1.5.4 Justificación Ambiental**

Aunque la flora y fauna es escasa en esta zona, se puede observar algunas especies, por eso es importante preservarlas, en registros históricos se puede apreciar que ya ha habido deslizamientos, huaycos que han arrasado incluso con las viviendas y las vidas

de seres humanos, por otro lado, es importante realizar este estudio ya que se genera un impacto ambiental positivo al propiciar mayores zonas verdes y seguras, evitando la alteración del paisaje.

## **1.6 Hipótesis**

Si se diseñan los taludes correctos con fines de estabilización, se reducirán los deslizamientos, desprendimientos o corrimientos de tierras en la carretera Olmos – Jaén, en el sector La Pilca desde el km 10 al km 15

## **1.7. Objetivos**

### **1.7.1 Objetivo General**

- Elaborar el estudio que permita diseñar los taludes con fines de estabilización en el tramo que comprende desde el 10 km al 15 km de la carretera Olmos – Jaén en el sector La Pilca.

### **1.7.2 Objetivos Específicos**

- Precisar la ubicación zona de estudio.
- Realizar la toma de datos con respecto al buzamiento y acimut de las discontinuidades.
- Realizar la clasificación geomecánica de los macizos rocosos.
- Estudiar el comportamiento del tipo de roca que hay en los taludes.
- Analizar la estabilidad de los taludes
- Diseñar los taludes estables
- Proponer alternativas de solución a las fallas de los taludes.

# **II. MÉTODO**

## **2.1.Diseño de investigación**

El trabajo es de tipo Experimental, dentro del cual se considera el diseño cuasi experimental, ya que si bien se puede lograr diseñar el talud no se puede tener un control total sobre la estabilidad de este.

## **2.2.VARIABLES, OPERACIONALIZACIÓN**

**Variable independiente:** Estabilidad de taludes Copello Muñante, Victor (2015) estudia la inmovilidad o posible desequilibrio de un talud a la hora de realizar un proyecto, o llevar a cabo una obra de construcción de ingeniería civil, siendo un aspecto directamente relacionado con la ingeniería geológica - geotécnica.

**Variable dependiente:** Diseño de taludes, Diseño de taludes, consiste en realizar un plan detallado teniendo en cuenta factores técnicos para la ejecución de la construcción de los taludes.

### 2.3.Operacionalización de variables

<b>Variable</b>	<b>Dimensión</b>	<b>Indicadores</b>	<b>Sub indicadores</b>	<b>Índice</b>	<b>Técnica de recolección de información</b>	<b>Instrumento de recolección de información</b>	<b>Instrumento de medición</b>
Diseño de taludes	Técnico	Altura del talud	Longitud	Metros (m)	Observación	Guía de observación (Ficha de campo)	Wincha
		Longitud del talud	Longitud	Metros (m)	Observación	Guía de observación (Ficha de campo)	Wincha
		Pendiente del talud	ángulo	Grados (°)	Observación	Guía de observación (Ficha de campo)	Brújula geológica



		Dirección de Buzamiento	ángulo	Grados (°)	Observación	Guía de observación (Ficha de campo)	Brújula Geológica
		Buzamiento	ángulo	Grados (°)	Observación	Guía de observación (Ficha de campo)	Brújula Geológica
		Espaciado	Longitud	Milímetros(mm)	Observación	Guía de observación (Ficha de campo)	Tablas geomecánicas
		Persistencia	Longitud	Metros (m)	Observación	Guía de observación (Ficha de campo)	Tablas geomecánicas
		Rugosidad	Adimensional	Texto	Observación	Guía de observación	Tablas

						(Ficha de campo)	geomecánicas
		Apertura	Longitud	Milímetros(mm)	Observación	Guía de observación (Ficha de campo)	Tablas geomecánicas
		Relleno	Longitud	Milímetros(mm)	Observación	Guía de observación (Ficha de campo)	Tablas geomecánicas
		Agua	Adimensional	Texto	Observación	Guía de observación (Ficha de campo)	Fichas históricas
		Meteorización	Adimensional	Texto	Observación	Guía de observación (Ficha de campo)	Tablas geomecánicas

						campo)	
		Alteración	Adimensional	Texto	Observación	Guía de observación (Ficha de campo)	Tablas geomecánicas
		Resistencia a la compresión uniaxial	Fuerza	Mega pascales (MPa)	Observación	Guía de observación (Ficha de campo)	Esclerómetro
		Acimut	ángulo	Grados (°)	Observación	Guía de observación (Ficha de campo)	Brújula geológica
Estabilidad de taludes	Técnico	Factor de seguridad	Adimensional	Numero	Trabajo de gabinete	Ficha simple	
		Sostenimiento	Adimensional	Unidad			

## **2.4.Población y muestra**

La población fue la carretera Olmos – Jaén, la cual está comprendida entre el 0 km al 205.8 km, mientras que la muestra estaría dada por el lugar en específico en donde se ejecutó el estudio, el cual fue comprendido del tramo 10 km al 15 km, en el sector conocido como La Pilca.

## **2.5.Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad**

### **2.5.1. Técnicas de Recolección de datos**

- a) Observación
- b) Entrevista

### **2.5.2. Instrumentos de recolección de datos**

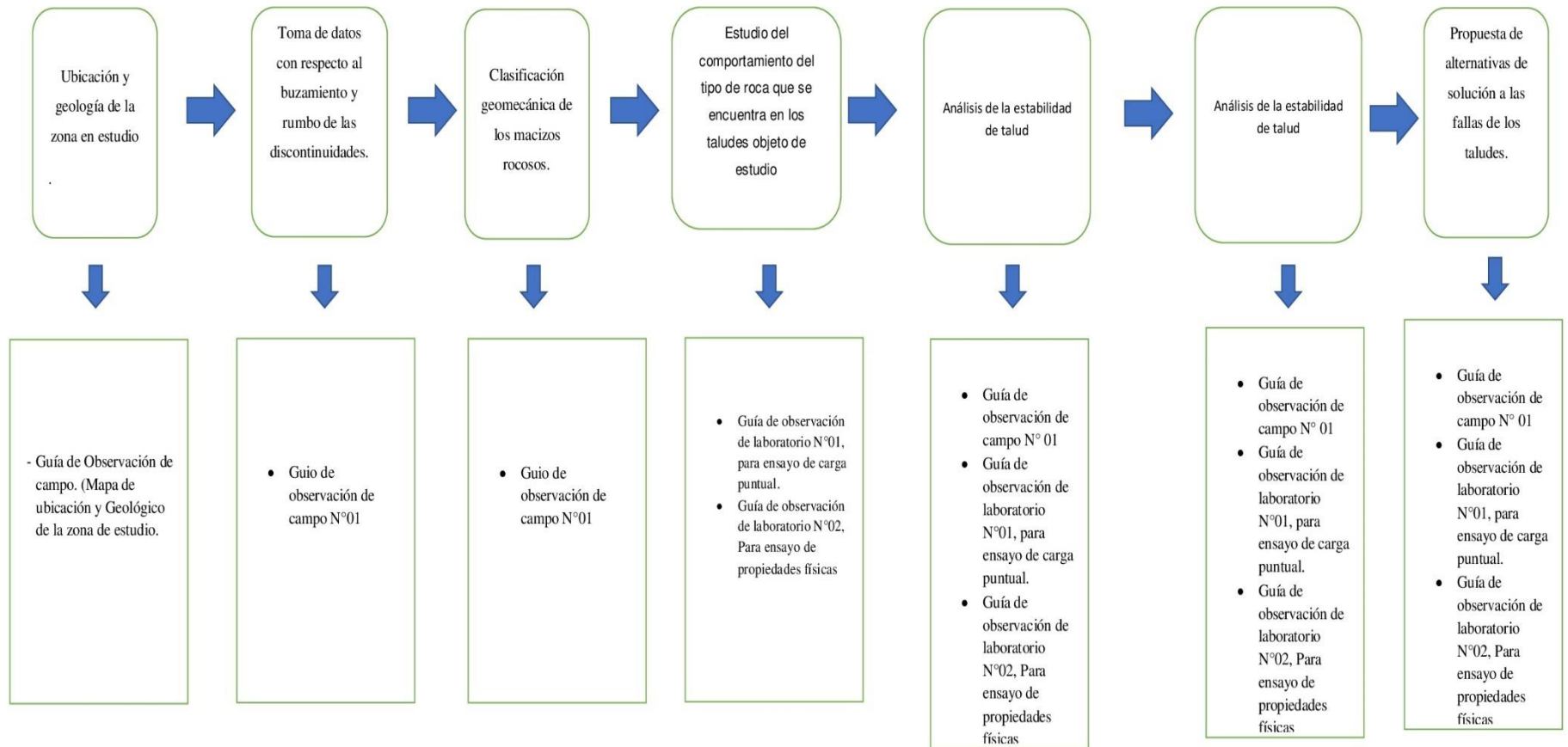
#### **A) Guías de observación de campo**

Implica la exploración geológica y geotécnica del terreno, utilizando métodos convencionales en el campo para efectuar el reconocimiento directo de las estructuras y tipos de afloramientos litológicos presentes a lo largo del sector materia de estudio con el fin de identificar los taludes inestables con ocurrencia de fenómenos de geodinámica externa de riesgo medio a elevado, determinando su influencia en la estabilidad y tránsito de la vía. Para el análisis del macizo rocoso del km 10+15 se efectuaron la toma de datos de las orientaciones de sus discontinuidades, la clasificación geomecánica RMR y la determinación de parámetros como el índice de Resistencia Geológica (GSI).(ver Anexo N° 01 y 03)

#### **B) Guía de observación de laboratorio**

Se tomaron muestras representativas en campo para determinar los tipos de rocas que exhiben los taludes mediante ensayos de laboratorio y el comportamiento que estas tienen cuando se encuentran sometidas a cargas, para estos ensayos se utilizara un formato con el fin de describir de manera detallada los resultados, tanto del ensayo de propiedades físicas y el de carga puntual. (ver Anexo N° 04)

## 2.6. Método de análisis de datos



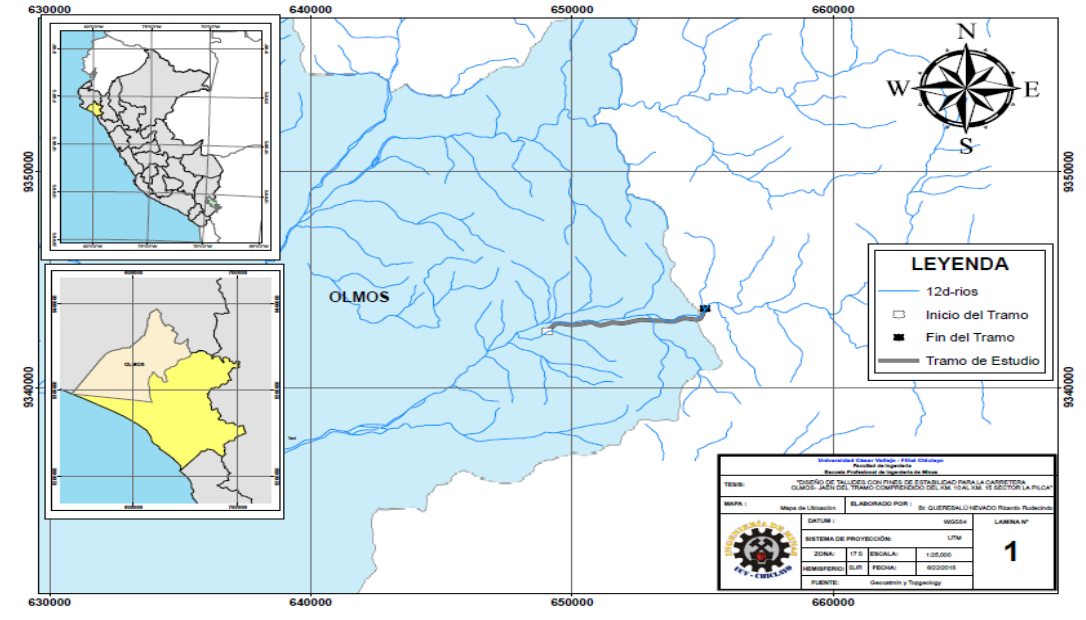
## **2.7.Aspectos Éticos**

Desde un punto de vista la realización de esta tesis, lleva consigo beneficiar la seguridad de las personas y vehículos que transitan por esta zona, por otro lado, se busca minimizar los deslizamientos de roca. Cabe resaltar que la información presentada será real, para lo cual se ira documentando fotográficamente cada paso de la ejecución de este proyecto. Este proyecto de tesis ha sido redactado con palabras propias del investigador, salvo excepciones en las que se recurrió a citar a autores, con el fin de aclarar ciertos conceptos y ampliar el panorama.

# **III. RESULTADO**

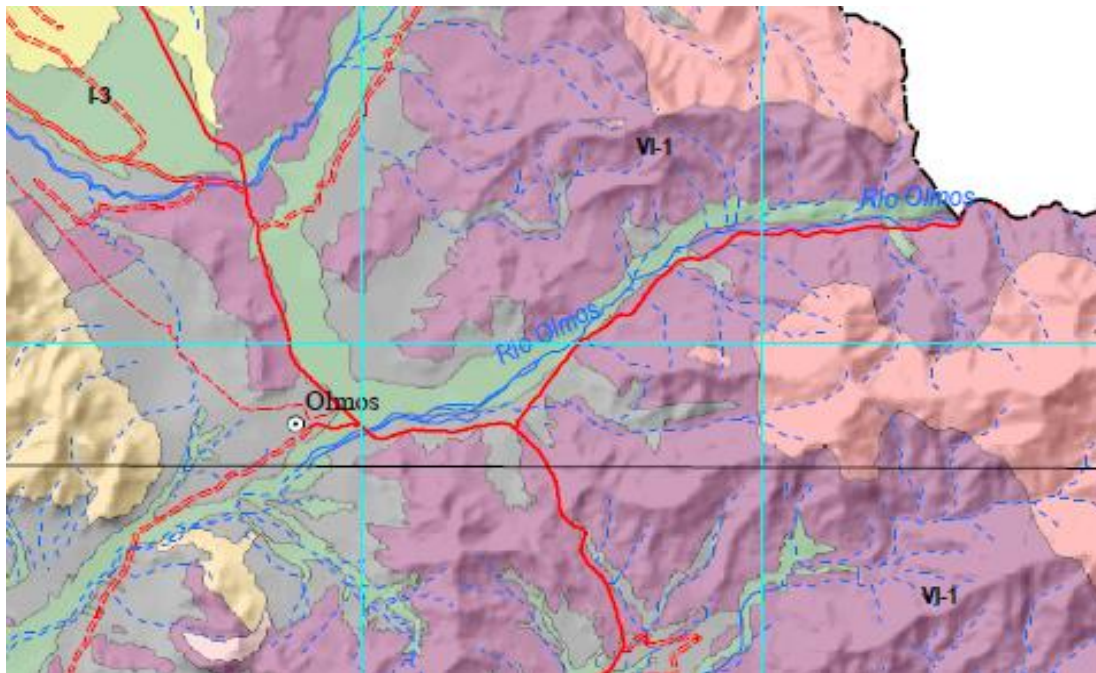
### 3.1. Ubicación y geología de la zona en estudio

El área en donde se encuentra la zona de estudio es en el km 10 al 15, en el sector La Pilca, comprendido entre el km 10 al 27, la cual pertenece a olmos y este último a Lambayeque.



*Figura N° 6 Ubicación de la zona de estudio. Fuente: Elaboración Propia.*

En su geología, el sector está formado por Granodioritas, Dioritas, Esquistos, Filitas y Lutitas, pertenecientes al sistema del holoceno, Paleógeno y ordovícico.



*Figura N° 7 Geología de la zona.*



### 3.2. Toma de datos con respecto al buzamiento y acimut de las discontinuidades.

- Se realizó la toma de datos con respecto al buzamiento y acimut de las discontinuidades en los km comprendidos del 10 al 15, en el km 14+200 al 14+400, no fue realizada esta toma de datos, ya que, en esta zona el material era suelo, el cual no es fuente de estudio. Para resolver el primer objetivo de la investigación se utilizó la metodología basada en obtener datos con la brújula respecto a la dirección de buzamiento y el buzamiento de las discontinuidades presentes en el talud, comprendidas a lo largo de 5 km, para esto se seccionó la zona de estudio en estaciones geomecánicas en un espacio de 200 mts, haciendo un total de 23, esto debido a la naturaleza del material rocoso, a fin de evaluar de una mejor manera las características de este y para obtener un mejor análisis de sus fallas. Por estación geomecánica se obtuvo un total de 104 datos correspondientes a la orientación de las discontinuidades, debido al análisis in situ se determinó que este tipo de discontinuidades son clasificadas como juntas, posteriormente, estos datos fueron introducidos al software Dips en su versión 6.008 perteneciente al paquete Rocscience, con el fin de analizar la distribución y la concentración de juntas, así como las familias principales y sus planos mayores.

**Tabla N° 13** *Tabla de las orientaciones de las discontinuidades correspondientes al KM 10 – del 10 + 00 al 10 + 200. Fuente: Elaboración propia*

D	Dirección Buzamiento	Buzamiento (NW)	D	Dirección. Buzamiento	Buzamiento (NW)
J	250	14	J	318	24
J	248	40	J	350	25
J	248	35	J	290	47
J	170	72	J	355	84
J	264	48	J	355	84
J	16	45	J	353	84

D	Dirección Buzamiento	Buzamiento (NW)	D	Dirección. Buzamiento	Buzamiento (NW)
J	70	67	J	5	90
J	320	78	J	170	89
J	18	82	J	170	89
J	340	70	J	126	89
J	230	89	J	250	79
J	50	90	J	266	90
J	53	89	J	253	76
J	45	90	J	88	90
J	245	82	J	180	90
J	50	82	J	262	90
J	53	89	J	358	60
J	45	90	J	260	84
J	245	82	J	40	57
J	50	82	J	25	80
J	330	72	J	95	75
J	320	60	J	205	7
J	30	90	J	180	86

D	Dirección Buzamiento	Buzamiento (NW)	D	Dirección. Buzamiento	Buzamiento (NW)
J	10	74	J	300	70
J	165	35	J	90	80
J	140	90	J	170	74
J	345	72	J	204	20
J	20	45	J	110	86
J	294	68	J	125	81
J	56	54	J	125	81
J	320	78	J	20	63
J	15	32	J	15	50
J	25	56	J	190	70
J	276	85	J	204	70
J	5	87	J	355	55
J	5	87	J	25	80
J	80	90	J	30	84
J	10	89	J	350	80
J	180	80	J	344	56
J	210	90	J	340	60

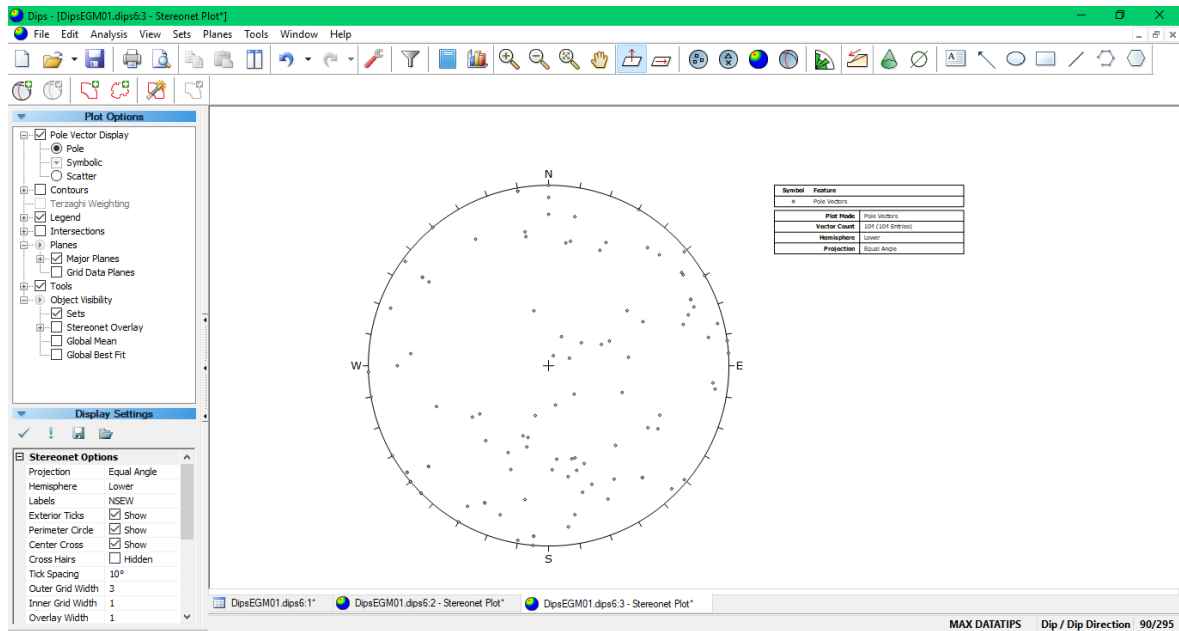
D	Dirección Buzamiento	Buzamiento (NW)	D	Dirección. Buzamiento	Buzamiento (NW)
J	245	60	J	350	64
J	235	56	J	345	62
J	60	90	J	50	90
J	205	74	J	125	78
J	55	50	J	225	82
J	235	25	J	336	78
J	220	81	J	302	66
J	188	69	J	150	78
J	240	90	J	190	80
J	278	86	J	248	82
J	256	88	J	310	89
J	346	56	J	315	88

Como se puede apreciar estos datos corresponden a una sola estación geomecánica, específicamente a la primera. En total son 23 estaciones geomecánicas, los datos de las estaciones faltantes se podrán apreciar en la parte de anexos.

- A partir de la información de campo se realizó las respectivas interpretaciones de los sistemas de juntas, el mismo que se ha realizado con la ayuda del software Dips, en su versión 6.008

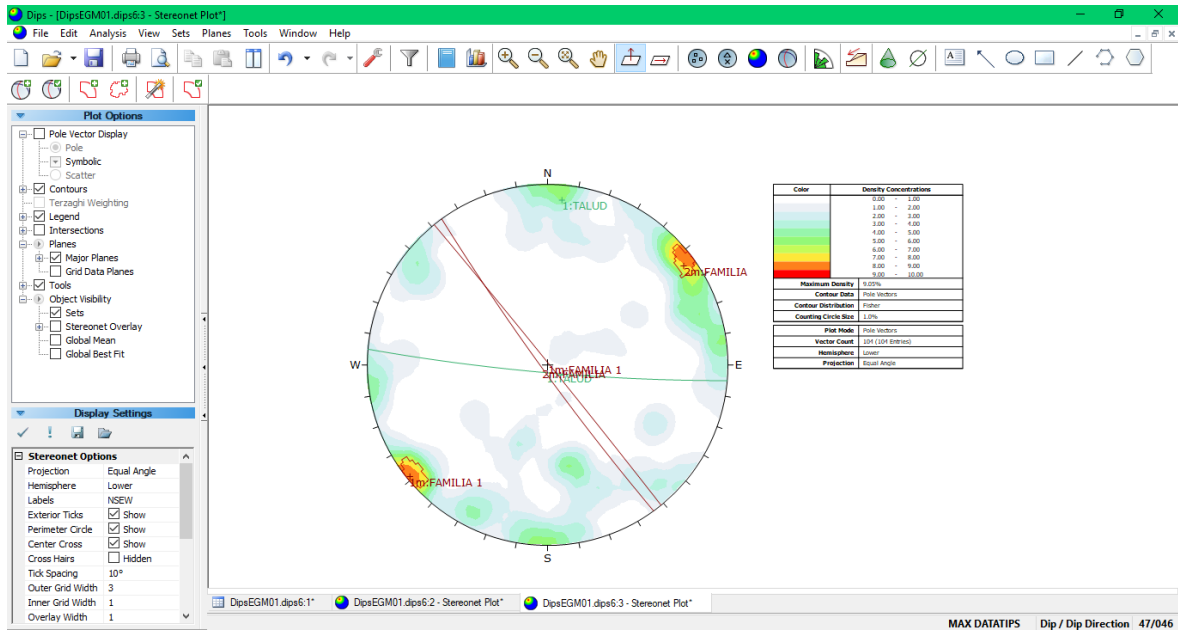
**KM 10 – 10+00 – 10+200**

Dips posee una interface de hojas de cálculo, lo cual facilita el ingreso de la data, para el desarrollo de estereogramas. Trazado de polos: Básicamente es una representación de los datos obtenidos en el campo con respecto a las discontinuidades de la estación geomecánica correspondiente al k, 10+00 – 10+200, los puntos (dirección de buzamiento y buzamiento) son marcados en una estereografía que corresponde a la orientación de estos datos, pero representados en planos.



**Figura N° 8 Gráfico de polos de las discontinuidades. Fuente Software Dips**

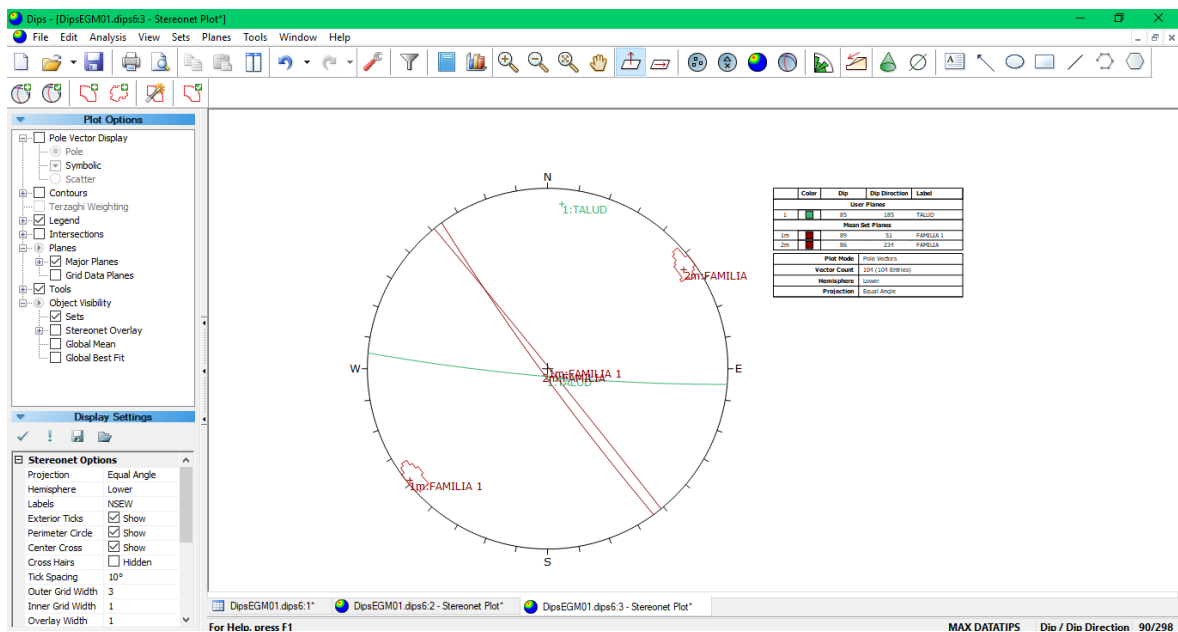
Trazado de contornos: es la principal herramienta para el análisis de las concentraciones máximas de polos, este fue usado para visualizar la concentración de los polos, no evidentes inmediatamente desde un trazado de polos, a mayor intensidad de colores, se dice que hay una mayor concentración de polos, tomándose como referencia máxima el color rojo. En el tramo del km 10+00 – 10+200, se puede observar la presencia de 5 concentraciones de polos o familias más representativas.



**Figura N° 9 Gráfico de contorno de polos o distribución polar. Fuente Software Dips**

Trazado de planos principales: permitió ver solo los planos que tienen una mayor concentración, en una estereografía limpia, sin polos o contornos. Una lista de las orientaciones de los planos fue demostrada en la leyenda.

En la estereografía de la zona km 10+00 – 10+200, se apreció que no hay fallamiento, , lo cual nos indica que en esta zona no hay presencia de desprendimiento de material rocoso, a continuación, se muestra la estereografía en cuestión.



**Figura N° 10 Gráfico de sistemas principales. Fuente Software Dips.**

Este fue todo el análisis con respecto a la zona comprendida entre el km 10+00 – 10+200, en donde se abordó todo el procedimiento, el cual fue repetido para las siguientes zonas o estaciones geomecánicas, realizando el ingreso de datos y sus respectivas gráficas y análisis, toda esta información, se encontrará en anexos, pero con una tabla se abreviará y se indicarán las fallas que se obtuvieron y las familias que lo conforman.

**Tabla N° 14 Análisis de familias principales y fallas por estación geomecánica. Fuente de elaboración propia.**

SECTOR	ESTACIÓN	TALUD	FAMILIAS PRINCIPALES					TIPO DE FALLA
			SET 1	SET 2	SET 3	SET 4	SET 5	
Km 10+00- 10+200	EG- 001	85/185	89/51	84/355				No hay fallamiento
Km 10+200- 10+400	EG-002	85/253	85/239	80/268	86/324			Falla por cuña
Km 10+400- 10+600	EG-003	85/243	80/271	79/236				Falla por cuña
Km 10+600- 10+800	EG-004	85/237	79/235	79/274	83/169			Falla por cuña
Km 10+800- 10+1000	EG-005	85/235	87/284	84/238	68/271			Falla por cuña
Km 11+00- 11+200	EG-006	85/219	85/128	82/194	82/238	84/275		Falla por cuña
Km 11+200- 11+400	EG-007	85/220	85/179	80/240	72/272			Falla por cuña
Km 11+400- 11+600	EG-008	85/210	77/185	79/278				Falla por cuña

SECTOR	ESTACIÓN	TALUD	FAMILIAS PRINCIPALES					TIPO DE FALLA
			SET 1	SET 2	SET 3	SET 4	SET 5	
Km 11+600- 11+800	EG-009	85/219	75/172	83/237	73/280			Falla por cuña
Km 11+800- 11+1000	EG-010	85/222	80/179	79/237	79/284			Falla por cuña
Km 12+00- 12+200	EG-011	85/240	74/290	69/238				Falla planar
Km 12+200- 12+400	EG-012	85/248	84/289	38/273				Falla por cuña
Km 12+400- 12+600	EG-013	85/238	75/281					No hay fallamien to
Km 12+600- 12+800	EG-014	85/230	83/290					No hay fallamien to
Km 12+800- 12+1000	EG-015	85/233	47/278	69/285				Falla por cuña
Km 13+00- 13+200	EG-016	85/228	83/239	69/285				No hay fallamien to
Km 13+200- 13+400	EG-017	85/224	81/238	87/284				Falla por cuña
Km 13+400- 13+600	EG-018	85/235	61/237					Falla planar
Km 13+600-	EG-019	85/242	81/237	72/286				Falla por cuña



SECTOR	ESTACIÓN	TALUD	FAMILIAS PRINCIPALES					TIPO DE FALLA
			SET 1	SET 2	SET 3	SET 4	SET 5	
13+800								
Km 13+800- 13+1000	EG-020	85/237	46/237					Falla planar
Km 14+00- 14+200	EG-021	85/225	78/144	62/285	60/196			Falla por cuña
Km 14+600- 14+800	EG-022	85/233	19/135					No hay fallamiento
Km 14+800- km 15	EG-023	85/238	33/256	23/147				Falla por cuña

De este análisis, se identificaron 3 tipos de fallas, que se describen a continuación: 17 fallas por cuña, correspondientes a las estaciones geomecánicas 002 a la 017, de los tramos comprendidos del km 10+200-10+400 al km 13+200-13+400 y de la estación geomecánica 019,020,021,022 y 023, de los tramos km 13+600-13+800, km14+00-14+200, km 14+600-14+800 y km 14+800-15, respectivamente y también tres fallas planares, la cual se encuentra ubicada en las estaciones geomecánicas 011, 018 y 020, correspondientes a los tramos del km 13+400-13+600 y km 13+800-13+1000, así mismo se encontraron 5 taludes en donde no existe riesgo de fallamiento, estos son los taludes correspondientes a las estaciones geomecánicas 001, 010,013, 014 y 016.

En porcentajes se puede expresar los resultados de la siguiente manera: falla planar en un 8.6%, por cuñas en un 74.4% y sin fallamiento un 17.34%.

### 3.3. Cálculo de la clasificación geomecánica del macizo rocoso

En este apartado se utilizarán 3 clasificaciones geomecánicas: El R.Q.D (ROCK QUALITY DESIGNATION), el cual estará contenido dentro del RMR, el cual nos permitirá clasificar la roca de acuerdo a su grado de fracturamiento, también se empleara el RMR(ROCK MASS RATING), y el GSI, el cual nos va a permitir caracterizar el macizo

rocoso de acuerdo al R.Q.D y a la resistencia a la compresión, por medio de una tabla, en donde según los valores obtenidos en el R.Q.D y la resistencia a la compresión, estos valores se interceptan y se estima la reducción de la resistencia a la compresión del macizo para diferentes condiciones geológicas.

### **3.2.1. Calculo del RMR**

Para esto fue necesario el trabajo de campo, en el cual se recolectó los datos necesarios en la tabla correspondiente al RMR, según Bienawski, tales como:

- Resistencia a la compresión uniaxial
- RQD (%)
- Espaciamiento entre discontinuidades
- Persistencia
- Abertura
- Rugosidad
- Relleno
- Descomposición
- Presencia de agua

A cada uno de estos factores le correspondió un valor numérico, el cual al final fue sumado y se obtuvo el RMR, en el cual se indicó que tan competente es la roca, toda la información correspondiente a cada uno de estos factores se esquematizó en tablas de acuerdo a cada estación geomecánica, con el fin de agilizar el proceso, en el cual fue introducida toda la data obtenida en el campo, como se presenta a continuación:

A continuación, se muestran los valores obtenidos en campo.

***Tabla N° 15 Datos obtenidos en campo de la resistencia a la compresión uniaxial para el RMR. Fuente: Elaboración propia.***

<b>RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN UNIAXIAL</b>				
<b>ESTACIÓN GEOMECANICA</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>VALOR EN CAMPO DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN</b>	<b>RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN</b>	<b>VALORACIÓN</b>
<b>LUTITA METAMORFIZADA</b>				
<b>EGM1</b>	Resistencia baja	38	25-50	4
<b>EGM2</b>	Resistencia baja	35	25-50	4
<b>EGM3</b>	Resistencia baja	38	25-50	4
<b>EGM4</b>	Resistencia baja	37	25-50	4
<b>EGM5</b>	Resistencia baja	35	25-50	4
<b>EGM6</b>	Resistencia baja	38	25-50	4
<b>EGM7</b>	Resistencia baja	36	25-50	4
<b>DIORITA ALTERADO</b>				
<b>EGM8</b>	Resistencia media	60	50-100	7
<b>EGM9</b>	Resistencia media	68	50-100	7

<b>RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN UNIAxIAL</b>				
<b>ESTACIÓN GEOMECANICA</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>VALOR EN CAMPO DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN</b>	<b>RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN</b>	<b>VALORACIÓN</b>
<b>EGM10</b>	Resistencia media	72	50-100	7
<b>EGM11</b>	Resistencia media	67	50-100	7
<b>EGM12</b>	Resistencia media	83	50-100	7
<b>EGM13</b>	Resistencia media	75	50-100	7

*Tabla N° 16 Datos obtenidos en campo de la resistencia a la compresión uniaxial para el RMR. Fuente: Elaboración propia.*

<b>RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN UNIAxIAL</b>
---

<b>ESTACIÓN GEOMECANICA</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>VALOR EN CAMPO DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN</b>	<b>RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN</b>	<b>VALORACIÓN</b>
<b>ROCA ESQUISTOSA-ZONA 3</b>				
<b>EGM14</b>	Resistencia baja	27	25-50	4
<b>EGM15</b>	Resistencia baja	28	25-50	4
<b>EGM6</b>	Resistencia baja	26	25-50	4
<b>EGM17</b>	Resistencia baja	25	25-50	4
<b>EGM18</b>	Resistencia baja	28	25-50	4
<b>EGM19</b>	Resistencia baja	27	25-50	4
<b>EGM20</b>	Resistencia baja	26	25-50	4
<b>EGM21</b>	Resistencia baja	26	25-50	4
<b>EGM22</b>	Resistencia baja	28	25-50	4
<b>EGM23</b>	Resistencia baja	29	25-50	4

Para las 23 estaciones geomecánicas debidamente zonificadas según el tipo de roca encontrado, se tienen los siguientes resultados: para las primeras 7 estaciones mostró una resistencia a la compresión uniaxial en un rango de entre 25-50 Mpa, lo cual se puede interpretar como una resistencia a la compresión uniaxial baja, en las estaciones

geomecánicas de la 8 a la 13, en un rango de entre 50-100 Mpa, a la cual le corresponde una resistencia a la compresión uniaxial de regular y finalmente para las últimas 10 estaciones, en un rango de 25-50, la cual es propia de una resistencia a la compresión uniaxial.

#### A. ÍNDICE DE DESIGNACIÓN DE LA CALIDAD DE LA ROCA (R.Q.D)

Para calcular el índice R.Q.D se empleó la siguiente fórmula

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

$Jv$ =Número medio de discontinuidades por metro lineal.

Los resultados obtenidos se presentan en la siguiente tabla:

**Tabla N° 17 Datos obtenidos en campo del R.Q.D para el RMR. Fuente: Elaboración propia.**

<b>R.Q.D</b>					
<b>ESTACIÓN GEOMECANICA</b>	<b>N° JUNTAS EN UN METRO</b>	<b>VALOR EN CAMPO DEL R.Q.D (%)</b>	<b>ÍNDICE DE CALIDAD R.Q.D (%)</b>	<b>CALIDAD</b>	<b>VALORACIÓN</b>
<b>LUTITA METAMORFIZADA-ZONA 1</b>					
<b>EGM1</b>	23	39.1	25-50	Mala	8
<b>EGM2</b>	28	22.6	<25	Muy Mala	3
<b>EGM3</b>	24	35.8	25-50	Mala	8
<b>EGM4</b>	24	35.8	25-50	Mala	8

<b>EGM5</b>	29	19.3	<25	Muy Mala	3
<b>EGM6</b>	21	45.7	25-50	Mala	8
<b>EGM7</b>	22	42.4	25-50	Mala	8
PROMEDIO RQD(%) ZONA 1		34.3	25-50	Mala	

*Tabla N° 18 Datos obtenidos en campo del R.Q.D para el RMR. Fuente: Elaboracion propia.*

<b>R.Q.D</b>					
<b>ESTACIÓN GEOMECANICA</b>	<b>N° JUNTAS EN UN METRO</b>	<b>VALOR EN CAMPO DEL R.Q.D (%)</b>	<b>ÍNDICE DE CALIDAD R.Q.D (%)</b>	<b>CALIDAD</b>	<b>VALORACIÓN</b>
<b>DIORITA ALTERADA-ZONA 2</b>					
<b>EGM8</b>	10	82	75-90	Buena	17
<b>EGM9</b>	12	75.4	75-90	Buena	17
<b>EGM10</b>	13	72.1	50-75	Regular	13
<b>EGM11</b>	11	78.7	75-90	Buena	17
<b>EGM12</b>	9	85.3	75-90	Buena	17
<b>EGM13</b>	10	82	50-75	regular	13

PROMEDIO RQD(%) ZONA 2	79.25	75-90	Buena	
------------------------	-------	-------	-------	--

**Tabla N° 19 Datos obtenidos en campo del R.Q.D para el RMR. Fuente: Elaboración propia.**

<b>R.Q.D</b>					
<b>ESTACIÓN GEOMECANICA</b>	<b>N° JUNTAS EN UN METRO</b>	<b>VALOR EN CAMPO DEL R.Q.D (%)</b>	<b>ÍNDICE DE CALIDAD R.Q.D (%)</b>	<b>CALIDAD</b>	<b>VALORACIÓN</b>
<b>ROCA ESQUISTOSA -ZONA 3</b>					
<b>EGM14</b>	22	42.4	25-50	Mala	8
<b>EGM15</b>	20	49	25-50	Mala	8
<b>EGM16</b>	23	39.1	25-50	Mala	8
<b>EGM17</b>	25	33.5	25-50	Mala	8
<b>EGM18</b>	20	49	25-50	Mala	8
<b>EGM19</b>	21	45.7	25.50	Mala	8
<b>EGM20</b>	21	45.7	25-50	Mala	8
<b>EGM21</b>	23	39.1	25-50	Mala	8
<b>EGM22</b>	24	35.8	25-50	Mala	8



<b>EGM23</b>	21	45.7	25-50	Mala	8
PROMEDIO RQD (%) ZONA 3		42.5	25-50	Mala	

Del total de las estaciones analizadas, las primeras 7 están en un rango de <25 y de 25-50, lo cual nos indica que la condición estructural del macizo rocoso es de intensamente fracturado y muy fracturado, de la estación 8 a la 13, se obtuvo valores de R.Q.D en un rango de 75-90, de donde se puede interpretar que el macizo rocoso está levemente fracturado y finalmente, para los 10 tramos restantes se obtuvo un rango de entre 25-50 y 50-75, en donde el macizo rocosos tiende de muy fracturado a fracturado.

## B. ESPACIAMIENTO DE LAS ESTRUCTURAS

El espaciamiento es la distancia que hay de una discontinuidad a otra, para la cual se empleó una wincha a fin de calcular esta distancia.

Los resultados obtenidos de este análisis, se muestran en la siguiente tabla

**Tabla N° 20 Datos obtenidos en campo del espaciamiento para el RMR. Fuente: Elaboración propia.**

<b>ESPACIAMIENTO</b>				
<b>ESTACIÓN GEOMECANICA</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>VALOR EN CAMPO (mm)</b>	<b>ESPACIADO DE LAS JUNTAS (mm)</b>	<b>VALORACIÓN</b>
<b>LUTITA METAMORFIZADA</b>				
<b>EGM1</b>	Moderadamente juntas	348	200-600	8
<b>EGM2</b>	Juntas	45	<60	5

<b>EGM3</b>	Juntas	40	<60	5
<b>EGM4</b>	Moderadamente juntas	231	200-600	8
<b>EGM5</b>	Juntas	35	<60	5
<b>EGM6</b>	Juntas	31	<60	5
<b>EGM7</b>	Juntas	30 mm	<60	5

*Tabla N° 21 Datos obtenidos en campo del espaciamiento para el RMR. Fuente: Elaboración propia.*

<b>ESPACIAMIENTO</b>				
<b>ESTACIÓN GEOMECANICA</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>Valor en campo (mm)</b>	<b>ESPACIADO DE LAS JUNTAS (mm)</b>	<b>VALORACIÓN</b>
<b>DIORITA ALTERADA</b>				
<b>EGM8</b>	Moderadamente juntas	208	200-600	10
<b>EGM9</b>	juntas	250	<60	5
<b>EGM10</b>	Moderadamente juntas	271	200-600	10
<b>EGM11</b>	Juntas	246	<60	5
<b>EGM12</b>	Moderadamente juntas	241	200-600	10
<b>EGM13</b>	Moderadamente juntas	204	200-600	10

**Tabla N° 22 Datos obtenidos en campo del espaciamiento para el RMR. Fuente: Elaboración propia.**

<b>ESPACIAMIENTO</b>				
<b>ESTACIÓN GEOMECANICA</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>VALOR EN CAMPO (mm)</b>	<b>ESPACIADO DE LAS JUNTAS (mm)</b>	<b>VALORACIÓN</b>
<b>ROCA ESQUISTOSA</b>				
<b>EGM14</b>	Moderadamente juntas	371	200-600	10
<b>EGM15</b>	Juntas	51	<60	5
<b>EGM16</b>	Juntas	47	<60	5
<b>EGM17</b>	Juntas	59	<60	5
<b>EGM18</b>	Juntas	34	<60	5
<b>EGM19</b>	Juntas	22	<60	5
<b>EGM20</b>	Moderadamente juntas	224	200-600	10
<b>EGM21</b>	Juntas	56	<60	5
<b>EGM22</b>	Juntas	43	<60	5
<b>EGM23</b>	Juntas	47	<60	5

Del análisis de las 23 estaciones, se obtuvo espaciamientos de entre 200 mm-600mm y <60 mm, de las cuales se puede decir que las discontinuidades se encuentran moderadamente

juntas y juntas entre sí, de lo cual se puede decir que el macizo rocoso posee abundantes discontinuidades.

### C. PERSISTENCIA

La persistencia consiste en la extensión de las discontinuidades a lo largo del talud para esto se utilizó una wincha como instrumento de medición.

Estos datos se esquematizan a continuación:

**Tabla N° 23 Datos obtenidos en campo de la persistencia para el RMR. Fuente: Elaboración propia.**

<b>PERSISTENCIA (m)</b>				
<b>ESTACIÓN GEOMECANICA</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>VALOR EN CAMPO (m)</b>	<b>PERSISTENCIA (m)</b>	<b>VALORACIÓN</b>
<b>LUTITA METAMORFIZADA</b>				
<b>EGM1</b>	Alta	11	10-20	1
<b>EGM2</b>	regular	8	3-10	2
<b>EGM3</b>	Alta	11	10-20	1
<b>EGM4</b>	Alta	10	10-20	1
<b>EGM5</b>	Alta	14	10-20	1
<b>EGM6</b>	Alta	13	10-20	1
<b>EGM7</b>	Alta	12	10-20	1

**Tabla N° 24 Datos obtenidos en campo de la persistencia para el RMR. Fuente: Elaboración propia.**

<b>PERSISTENCIA (m)</b>
-------------------------

ESTACIÓN GEOMECANICA	DESCRIPCIÓN	VALOR EN CAMPO (m)	PERSISTENCIA (m)	VALORACIÓN
<b>DIORITA ALTERADA</b>				
<b>EGM8</b>	Baja	1.5	1-3	4
<b>EGM9</b>	Baja	1.2	1-3	4
<b>EGM10</b>	Baja	2.1	1-3	4
<b>EGM11</b>	Baja	1.6	1-3	4
<b>EGM12</b>	Regular	8	3-10	2
<b>EGM13</b>	Baja	2.4	1-3	4

*Tabla N° 25 Datos obtenidos en campo de la persistencia para el RMR. Fuente: Elaboración propia.*

<b>PERSISTENCIA (M)</b>				
ESTACIÓN GEOMECANICA	DESCRIPCIÓN	VALOR EN CAMPO (m)	PERSISTENCIA (m)	VALORACIÓN
<b>ROCA ESQUISTOSA</b>				
<b>EGM14</b>	Alta	12	10-20	1
<b>EGM15</b>	Alta	11	10-20	1

<b>EGM16</b>	Alta	10	10-20	1
<b>EGM17</b>	Alta	15	10-20	1
<b>EGM18</b>	Alta	14	10-20	1
<b>EGM19</b>	Alta	13	10-20	1
<b>EGM20</b>	Alta	11	10-20	1
<b>EGM21</b>	Alta	11	10-20	1
<b>EGM22</b>	Alta	10	10-20	1
<b>EGM23</b>	Regular	7	3-10	2

Con respecto al análisis de la persistencia de las discontinuidades, para las estaciones geomecánicas del 1 al 7 se obtuvo una persistencia de entre 3-10m (regular) y 10-20m (alta), lo cual nos indica que las discontinuidades se extienden a lo largo de todo el talud, para las estaciones geomecánicas del 8 al 13, una persistencia de un rango 1-3m (baja) y de 3-10 (regular), en donde la extensión de las discontinuidades es media, no llegando a extenderse a lo largo del talud y para las 10 estaciones finales un rango de 3-10m (regular) y 10-20m (alta), en donde las discontinuidades se extienden por todo el talud.

#### **D. ABERTURA**

La abertura viene a ser una hendidura o un espacio que rompe la continuidad del macizo rocoso, para medir este espacio, se empleó una regla graduada en mm.

La abertura de las estructuras presentes en el tramo del talud se muestra a continuación.

***Tabla N° 26 Datos obtenidos en campo de la abertura para el RMR. Fuente: Elaboración propia.***

<b>ABERTURA (mm)</b>				
<b>ESTACIÓN GEOMECANICA</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>VALOR EN CAMPO (mm)</b>	<b>ABERTURA (mm)</b>	<b>VALORACIÓN</b>

<b>LUTITA METAMORFIZADA</b>				
<b>EGM1</b>	Muy abierta	>5	6	0
<b>EGM2</b>	Muy abierta	>5	7	0
<b>EGM3</b>	abierta	1-5	2	1
<b>EGM4</b>	Muy abierta	>5	5	0
<b>EGM5</b>	Muy abierta	>5	6	0
<b>EGM6</b>	Muy abierta	>5	7	0
<b>EGM7</b>	Muy abierta	>5	8	0

*Tabla N° 27 Datos obtenidos en campo de la abertura para el RMR. Fuente: Elaboración propia.*

<b>ABERTURA (mm)</b>				
<b>ESTACIÓN GEOMECANICA</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>VALOR EN CAMPO (mm)</b>	<b>ABERTURA (mm)</b>	<b>VALORACIÓN</b>
<b>DIORITA ALTERADA</b>				
<b>EGM8</b>	Casi cerrada	<0.1	0.04	5
<b>EGM9</b>	Casi cerrada	<0.1	0.05	5
<b>EGM10</b>	Regular	0.1-1.0	0.5	4
<b>EGM11</b>	Casi cerrada	<0.1	0.03	5

<b>EGM12</b>	Casi cerrada	<0.1	0.07	5
<b>EGM13</b>	Regular	0.1-1.0	0.8	4

*Tabla N° 28 Datos obtenidos en campo de la abertura para el RMR. Fuente:  
Elaboración propia.*

<b>ABERTURA (mm)</b>				
<b>ESTACIÓN GEOMECANICA</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>VALOR EN CAMPO (mm)</b>	<b>ABERTURA (mm)</b>	<b>VALORACIÓN</b>
<b>ROCA ESQUISTOSA</b>				
<b>EGM14</b>	Muy abierta	>5	5	0
<b>EGM15</b>	Muy abierta	>5	7	0
<b>EGM16</b>	Abierta	1-5	3	1
<b>EGM17</b>	Abierta	1-5	2	1
<b>EGM18</b>	Muy abierta	>5	6	0
<b>EGM19</b>	Muy abierta	>5	7	0
<b>EGM20</b>	Muy abierta	>5	6	0
<b>EGM21</b>	Muy abierta	>5	8	0
<b>EGM22</b>	Abierta	1-5	2	1
<b>EGM23</b>	Muy abierta	>5	6	0



De las 23 estaciones geomecánicas analizadas, las 7 primeras poseen una abertura de entre 1-5mm y mayor a 5mm, en donde estas aberturas tienden de abierta a muy abierta, en las estaciones geomecánicas del 8 al 13, esta abertura es casi nula, obteniéndose valores de menores a 0.1mm y de 0.1 -1.0mm y en las ultimas 10 estaciones aberturas de 1-5mm y mayores a 5 mm.

### E. RUGOSIDAD

La rugosidad presente en la discontinuidad se muestra en la tabla siguiente, la cual fue medida con la clasificación de perfiles típicos de rugosidad y valores asociados al coeficiente de rugosidad.

**Tabla N° 29 Datos obtenidos en campo de la rugosidad para el RMR. Fuente: Elaboración propia.**

<b>RUGOSIDAD</b>		
<b>ESTACIÓN GEOMECÁNICA</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>VALORACIÓN</b>
<b>LUTITA METAMORFIZADA</b>		
<b>EGM1</b>	Moderadamente rugoso	3
<b>EGM2</b>	Moderadamente rugoso	3
<b>EGM3</b>	Moderadamente rugoso	3
<b>EGM4</b>	Moderadamente rugoso	3
<b>EGM5</b>	Moderadamente rugoso	3
<b>EGM6</b>	Moderadamente rugoso	3
<b>EGM7</b>	Moderadamente rugoso	3

**Tabla N° 30 Datos obtenidos en campo de la rugosidad para el RMR. Fuente: Elaboración propia.**

<b>RUGOSIDAD</b>
------------------

<b>ESTACIÓN GEOMECÁNICA</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>VALORACIÓN</b>
<b>DIORITA ALTERADA</b>		
<b>EGM8</b>	Moderadamente rugoso	3
<b>EGM9</b>	Moderadamente rugoso	3
<b>EGM10</b>	Moderadamente rugoso	3
<b>EGM11</b>	Moderadamente rugoso	3
<b>EGM12</b>	Moderadamente rugoso	3
<b>EGM13</b>	Moderadamente rugoso	3

*Tabla N° 31 Datos obtenidos en campo de la rugosidad para el RMR. Fuente:  
Elaboración propia.*

<b>RUGOSIDAD</b>		
<b>ESTACIÓN GEOMECÁNICA</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>VALORACIÓN</b>
<b>ROCA ESQUISTOSA</b>		
<b>EGM14</b>	Muy rugoso	6
<b>EGM15</b>	Muy rugoso	6
<b>EGM16</b>	Muy rugoso	6
<b>EGM17</b>	Muy rugoso	6
<b>EGM18</b>	Muy rugoso	6
<b>EGM19</b>	Muy rugoso	6
<b>EGM20</b>	Muy rugoso	6

<b>EGM21</b>	Muy rugoso	6
<b>EGM22</b>	Muy rugoso	6
<b>EGM23</b>	Muy rugoso	6

De las 23 estaciones geomecánicas, las primeras 13 se determinó que el macizo rocoso es moderadamente rugoso y de las siguientes 10 se determinó que el macizo rocoso es muy rugoso. Esto se llevó a cabo mediante observaciones in situ tomando como referencia las irregularidades de la superficie de la discontinuidad y con ayuda de la tabla de perfiles estándar de rugosidad.

#### **F. RELLENO**

El relleno consiste en la medida del material que se encuentra presente en las aberturas del macizo rocoso, para la cual también se emplea una regla graduada en mm.

Los datos correspondientes al relleno se presentan a continuación:

**Tabla N° 32 Datos obtenidos en campo del relleno para el RMR. Fuente: Elaboración propia.**

<b>RELLENO (mm)</b>			
<b>ESTACIÓN GEOMECANICA</b>	<b>VALOR EN CAMPO (MM)</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>VALORACIÓN</b>
<b>LUTITA METAMORFIZADA</b>			
<b>EGM1</b>	6 -arcilla	Relleno suave >5	0
<b>EGM2</b>	4-arcilla	Relleno suave <5	2
<b>EGM3</b>	7-arcilla	Relleno suave >5	0
<b>EGM4</b>	8-arcilla	Relleno suave	0

		>5	
<b>EGM5</b>	7-arcilla	Relleno suave >5	0
<b>EGM6</b>	4-arcilla	Relleno suave <5	2
<b>EGM7</b>	6-arcilla	Relleno suave >5	0

*Tabla N° 33 Datos obtenidos en campo del relleno para el RMR. Fuente: Elaboración propia.*

<b>RELLENO (mm)</b>			
<b>ESTACIÓN GEOMECANICA</b>	<b>VALOR EN CAMPO (MM)</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>VALORACIÓN</b>
<b>DIORITA ALTERADA</b>			
<b>EGM8</b>	Ningún relleno	Ninguno	6
<b>EGM9</b>	Ningún relleno	Ninguno	6
<b>EGM10</b>	1 -arcilla	Relleno suave <5	2
<b>EG11</b>	Ningún relleno	Ninguno	6
<b>EGM12</b>	Ningún relleno	Ninguno	6
<b>EGM13</b>	1-arcilla	Relleno suave <5	2

*Tabla N° 34 Datos obtenidos en campo del relleno para el RMR. Fuente: Elaboración propia.*

<b>RELLENO (mm)</b>			
<b>ESTACIÓN GEO MECANICA</b>	<b>VALOR EN CAMPO (MM)</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>VALORACIÓN</b>
<b>ROCA ESQUISTOSA</b>			
<b>EGM14</b>	6-arcilla	Relleno suave>5	0
<b>EGM15</b>	7-arcilla	Relleno suave>5	0
<b>EGM16</b>	3-arcilla	Relleno suave <5	2
<b>EGM17</b>	3-arcilla	Relleno suave<5	2
<b>EGM118</b>	8-arcilla	Relleno suave>5	0
<b>EGM19</b>	7-arcilla	Relleno suave>5	0
<b>EGM20</b>	6-arcilla	Relleno suave>5	0
<b>EGM21</b>	8-arcilla	Relleno suave>5	0
<b>EGM22</b>	4-arcilla	Relleno suave <5	2
<b>EGM23</b>	6-arcilla	Relleno suave>5	0

Del relleno de las discontinuidades presentes en las estaciones geomecánicas, se determinó que las 7 primeras poseen un relleno suave >5mm y también algunas presentaron un relleno suave<5mm, este relleno es principalmente arcilla, de la estación geomecánica 8 a la 13, en su mayoría no se encontró relleno a excepción de la estación geomecánica 10 y 13, en donde se encontró relleno suave <5mm, y para las ultimas 10 estaciones, también se encontró relleno suave mayor a 5mm y menor a 5mm.

### **G. Meteorización**

Estos fueron caracterizados mediante observaciones visuales presentes en el macizo rocoso.

Los resultados se esquematizan a continuación:

**Tabla N° 35 Datos obtenidos en campo de la meteorización para el RMR. Fuente: Elaboración propia.**

<b>METEORIZACIÓN</b>		
<b>ESTACIÓN GEOMECANICA</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>VALORACIÓN</b>
<b>LUTITA METAMORFIZADA</b>		
<b>EGM1</b>	Altamente alterado	1
<b>EGM2</b>	Altamente alterado	1
<b>EGM3</b>	Altamente alterado	1
<b>EGM4</b>	Altamente alterado	1
<b>EGM5</b>	Altamente alterado	1
<b>EGM6</b>	Altamente alterado	1
<b>EGM7</b>	Altamente alterado	1

**Tabla N° 36 Datos obtenidos en campo de la meteorización para el RMR. Fuente: Elaboración propia.**

<b>METEORIZACIÓN</b>		
<b>ESTACIÓN GEOMECANICA</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>VALORACIÓN</b>
<b>DIORITA ALTERADA</b>		
<b>EGM8</b>	Levemente alterado	5
<b>EGM9</b>	Levemente alterado	5

<b>EGM10</b>	Levemente alterado	5
<b>EGM11</b>	Levemente alterado	5
<b>EGM12</b>	Levemente alterado	5
<b>EGM13</b>	Levemente alterado	5

*Tabla N° 37 Datos obtenidos en campo de la meteorización para el RMR. Fuente: Elaboración propia.*

<b>METEORIZACIÓN</b>		
<b>ESTACIÓN GEOMECANICA</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>VALORACIÓN</b>
<b>ROCA ESQUISTOSA</b>		
<b>EGM14</b>	Altamente alterado	1
<b>EGM15</b>	Altamente alterado	1
<b>EGM16</b>	Altamente alterado	1
<b>EGM17</b>	Altamente alterado	1
<b>EGM118</b>	Altamente alterado	1
<b>EGM19</b>	Altamente alterado	1
<b>EGM20</b>	Altamente alterado	1
<b>EGM21</b>	Altamente alterado	1
<b>EGM22</b>	Altamente alterado	1
<b>EGM23</b>	Altamente alterado	1

Para las estaciones geomecánicas de la 1 a 7, presentan una meteorización alta, mientras que de la 8 a la 13 esta levemente alterado y para las ultimas 10 una meteorización alta.

#### **H. FILTRACIONES**

La presencia de agua en el talud, fueron mapeados y caracterizados mediante observaciones visuales de campo de aguas presentes en el macizo rocoso, es presentada continuación:

*Tabla N° 38 Datos obtenidos en campo de las filtraciones para el RMR. Fuente: Elaboración propia.*

<b>FILTRACIONES</b>		
<b>ESTACIÓN GEOMECANICA</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>VALORACIÓN</b>
<b>LUTITA METAMORFIZADA</b>		
<b>EGM1</b>	Ligeramente húmedo	10
<b>EGM2</b>	Ligeramente húmedo	10
<b>EGM3</b>	Seco	15
<b>EGM4</b>	Seco	15
<b>EGM5</b>	Seco	15
<b>EGM6</b>	Ligeramente húmedo	10
<b>EGM7</b>	Ligeramente húmedo	10

*Tabla N° 39 Datos obtenidos en campo de las filtraciones para el RMR. Fuente: Elaboración propia.*



<b>FILTRACIONES</b>		
<b>ESTACIÓN GEOMECANICA</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>VALORACIÓN</b>
<b>DIORITA ALTERADA</b>		
<b>EGM8</b>	Seco	15
<b>EGM9</b>	Seco	15
<b>EGM10</b>	Seco	15
<b>EGM11</b>	Seco	15
<b>EGM12</b>	Seco	15
<b>EGM13</b>	Seco	15

*Tabla N° 40 Datos obtenidos en campo de las filtraciones para el RMR. Fuente: Elaboración propia.*

<b>FILTRACIONES</b>		
<b>ESTACIÓN GEOMECANICA</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>VALORACIÓN</b>
<b>ROCA ESQUISTOSA</b>		
<b>EGM14</b>	Seco	15
<b>EGM15</b>	Seco	15
<b>EGM16</b>	Ligeramente húmedo	10
<b>EGM17</b>	Ligeramente húmedo	10

<b>EGM18</b>	Ligeramente húmedo	10
<b>EGM19</b>	Ligeramente húmedo	10
<b>EGM20</b>	Ligeramente húmedo	10
<b>EGM21</b>	Ligeramente húmedo	10
<b>EGM22</b>	Ligeramente húmedo	10
<b>EGM23</b>	Ligeramente húmedo	10

De las 23 estaciones geomecánicas todas tienden a estar secas o ligeramente húmedas, esto se puede deber al agua de lluvia que queda en las rocas.

## A. CALIDAD DEL MACIZO ROCOSO CON RELACIÓN AL ÍNDICE RMR

Teniendo en cuenta los parámetros antes evaluados se procede a sumar la valoración de cada uno de ellos para de esta manera obtener el valor total del RMR, lo cual es de suma importancia para determinar la calidad del macizo rocoso de acuerdo al índice R.M.R propuesto por Bieniaswky en el año de 1989. Se presenta una tabla con la suma de todos los parámetros: resistencia a la compresión uniaxial, R.Q.D, espaciamiento, persistencia, abertura, rugosidad, relleno, alteración y filtraciones del macizo rocoso.

<b>VALOR TOTAL DEL R.M. R</b>										
<b>VALORACIÓN</b>										
<b>PARAMETROS/ESTACIÓN</b>	<b>RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN UNIAXIAL</b>	<b>R.Q.D.</b>	<b>ESPACIAMIENTO</b>	<b>PERSISTENCIA</b>	<b>ABERTURA</b>	<b>RUGOSIDAD</b>	<b>RELLENO</b>	<b>METEORIZACIÓN</b>	<b>FILTRACIONES</b>	<b>SUMA TOTAL R.M.R</b>
<b>LUTITA METEORIZADA</b>										
<b>EGM1</b>	4	8	8	1	0	3	0	1	10	35
<b>EGM2</b>	4	3	5	2	0	3	2	1	10	30
<b>EGM3</b>	4	8	5	1	1	3	0	1	15	38
<b>EGM4</b>	4	8	8	1	0	3	0	1	15	40

<b>EGM5</b>	4	3	5	1	0	3	0	1	15	32
<b>EGM6</b>	4	8	5	1	0	3	2	1	10	34
<b>EGM7</b>	4	8	5	1	0	3	2	1	10	34

*Tabla N° 41 Sumatoria total de todos los parámetros y valor final del RMR. Fuente: Elaboración propia.*

*Tabla N° 42 Sumatoria total de todos los parámetros y valor final del RMR. Fuente: Elaboración propia.*

<b>VALOR TOTAL DEL R.M.R</b>										
<b>VALORACIÓN</b>										
<b>PARAMETROS/ESTACIÓN</b>	<b>RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN UNIAXIAL</b>	<b>R.Q.D.</b>	<b>ESPACIAMIENTO</b>	<b>PERSISTENCIA</b>	<b>ABERTURA</b>	<b>RUGOSIDAD</b>	<b>RELLENO</b>	<b>METEORIZACIÓN</b>	<b>FILTRACIONES</b>	<b>SUMA TOTAL R.M.R</b>
<b>DIORITA ALTERADA</b>										
<b>EGM8</b>	7	17	10	4	5	3	6	5	15	72
<b>EGM9</b>	7	17	5	4	5	3	6	5	15	67
<b>EGM10</b>	7	13	10	4	4	3	2	5	15	63

<b>EGM11</b>	7	17	5	4	5	3	6	5	15	67
<b>EGM12</b>	7	17	10	2	5	3	6	5	15	70
<b>EGM13</b>	7	13	10	4	4	3	2	5	15	63

*Tabla N° 43 Sumatoria total de todos los parámetros y valor final del RMR. Fuente: Elaboración propia.*

<b>VALOR TOTAL DEL R.M.R</b>										
<b>VALORACIÓN</b>										
<b>PARAMETROS/ESTACIÓN</b>	<b>RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN UNIAxIAL</b>	<b>R.Q.D.</b>	<b>ESPACIAMIENTO</b>	<b>PERSISTENCIA</b>	<b>ABERTURA</b>	<b>RUGOSIDAD</b>	<b>RELLENO</b>	<b>METEORIZACIÓN</b>	<b>FILTRACIONES</b>	<b>SUMA TOTAL R.M.R</b>
<b>ROCA ESQUISTOSA</b>										
<b>EGM14</b>	4	8	10	1	0	6	0	1	15	45

<b>EGM15</b>	4	8	5	1	0	6	0	1	15	40
<b>EGM16</b>	4	8	5	1	1	6	2	1	10	38
<b>EGM17</b>	4	8	5	1	1	6	2	1	10	38
<b>EGM18</b>	4	8	5	1	0	6	0	1	10	35
<b>EGM19</b>	4	8	5	1	0	6	0	1	10	35
<b>EGM20</b>	4	8	10	1	0	6	0	1	10	35
<b>EGM21</b>	4	8	5	1	0	6	0	1	10	35

<b>EGM22</b>	4	8	5	1	1	6	2	1	10	38
<b>EGM23</b>	4	8	5	2	0	6	0	1	10	36

Se presenta un cuadro con los resultados obtenidos en las 23 estaciones geomecánicas y su respectiva calidad del macizo rocoso

**Tabla N° 44 Resultados de la clasificación geomecánica RMR. Fuente de elaboración propia.**

<b>SECTOR</b>	<b>ESTACIÓN</b>	<b>RMR</b>	<b>CALIDAD DEL MACIZO ROCOSO</b>
<b>LUTITA METAMORFIZADA-ZONA 1</b>			
Km 10+00-10+200	EG- 001	35	R4
Km 10+200-10+400	EG-002	30	R4
Km 10+400-10+600	EG-003	38	R4
Km 10+600-10+800	EG-004	40	R4
Km 10+800-10+1000	EG-005	32	R4
Km 11+00-11+200	EG-006	34	R4
Km 11+200-11+400	EG-007	34	R4
Promedio		34.7	R4
<b>DIORITA ALTERADA-ZONA 2</b>			
Km 11+400-11+600	EG-008	72	R2
Km 11+600-11+800	EG-009	67	R2
Km 11+800-11+1000	EG-010	63	R2
Km 12+00-12+200	EG-011	67	R2



<b>SECTOR</b>	<b>ESTACIÓN</b>	<b>RMR</b>	<b>CALIDAD DEL MACIZO ROCOSO</b>
Km 12+200-12+400	EG-012	70	R2
Km 12+400-12+600	EG-013	63	R2
Promedio		67	R2
<b>Roca esquistosa -Zona 3</b>			
Km 12+600-12+800	EG-014	45	R3
Km 12+800-12+1000	EG-015	40	R4
Km 13+00-13+200	EG-016	38	R4
Km 13+200-13+400	EG-017	38	R4
Km 13+400-13+600	EG-018	35	R4
Km 13+600-13+800	EG-019	35	R4
Km 13+800-13+1000	EG-020	35	R4
Km 14+00-14+200	EG-021	35	R4
Km 14+600-14+800	EG-022	38	R4
Km 14+800-km 15	EG-023	36	R4
Promedio		37.5	R4

Donde:

R1 (100-81) = Roca muy buena

R2 (80-61) = Roca buena

R3 (60-41) = Roca regular

R4 (40-21) = Roca pobre

R5 (< ó =20) = Roca muy pobre

### 3.2.2. Calculo del GSI

Para el cálculo del GSI se necesita el RQD (%) y la resistencia a la compresión uniaxial, la cual es el promedio de los resultados obtenidos por medio del esclerómetro y el ensayo de carga puntual, los resultados obtenidos, se esquematizan en la siguiente tabla, para lo cual se ha zonificado el macizo rocoso en 3 zonas, Zona 1: Lutita metamorfizada, Zona 2: Diorita alterada y Zona 3: Roca esquistosa.

ZONA	PROMEDIO RQD (%)	RANGO	PROMEDIO RESISTENCIA A LA COMPRESION UNIAXIAL (ESCLEROMETRO+CARGA PUNTUAL)	RANGO	CORRELACION RMR (PROMEDIO) - GSI (RMR>23; GSI=RMR-5)	VALOR GSI	VALORACION DEL GSI
<b>LUTITA METAMORFIZADA-ZONA 1</b>							
1	34.3	25-50	34.4	25-50	35-5	30	Macizos de calidad mala
<b>DIORITA ALTERADA – ZONA 2</b>							
2	79.25	75-90	71.2	50-100	67-5	62	Macizos de calidad buena

ROCA ESQUISTOSA -ZONA 3							
3	42.5	25-50	23	<25	38-5	33	Macizos de calidad mala

*Tabla N° 45 Resultados del GSI. Fuente: elaboración propia.*

### 3.4. Comportamiento del tipo de roca que hay en los taludes.

#### 3.4.1 Procedimiento y obtención de resultados de los ensayos de laboratorio

Para el cumplimiento de este objetivo fue necesario realizar 2 tipos de ensayos: ensayo de carga puntual y ensayo de propiedades físicas. Estos ensayos se realizaron en el laboratorio de mecánica de rocas y petrología de la facultad de Ingeniería de Minas en la universidad Cesar Vallejo – Chiclayo.

##### 3.4.1.1. Ensayo de propiedades físicas

El fin de este ensayo fue conocer el volumen de la roca y a partir de este calcular la densidad. Lo cual se efecto mediante el método de Arquímedes, el cual consiste en llenar una probeta graduada hasta cierto punto,

en este caso se lleno la probeta hasta 100 cc, luego de esto se introduce la roca y se observa cuanto ha variado el nivel del agua, esa variación se conoce como el volumen de la roca y se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$V_r = V_{Fa} + V_{Ia}$$

Donde:

$V_r$  : Volumen de la roca

$V_{Fa}$ : Volumen final del agua

$V_{Ia}$  : Volumen inicial del agua

Una vez conocido el volumen de la roca, se procede a calcular su densidad. La cual está dada por la siguiente fórmula:

$$D_r = \frac{m_r}{v_r}$$

Donde:

Dr= densidad de la roca

mr= masa de la roca

Vr= volumen de la roca

Este fue el procedimiento y las fórmulas que se emplearon, los resultados obtenidos se resumen en la siguiente tabla, teniendo en cuenta los 3 tipos de roca encontrados.

TIPO DE ROCA	MASA (G)	VOLUMEN ROCA (CC)	DENSIDAD ROCA (G/CC)	PROMEDIO DENSIDAD (G/CC)	PROMEDIO DENSIDAD KN/M3	PROMEDIO DENSIDAD MN/M3
DIORITA	33.94	20	1.6985	1.8454	18.103374	0.01810
DIORITA	59.97	30	1.9923			

**Tabla N° 46 Datos de volumen y densidad de la Diorita. Fuente: Elaboración propia.**

TIPO DE ROCA	MASA (G)	VOLUMEN ROCA (CC)	DENSIDAD ROCA (G/CC)	PROMEDIO DENSIDAD (G/CC)	PROMEDIO DENSIDAD KN/M3	PROMEDIO DENSIDAD MN/M3
ROCA ESQUISTOSA	46.40	20	2.32	2.178133333	21.367488	0.02136
ROCA ESQUISTOSA	53.36	25	2.1344			
ROCA ESQUISTOSA	41.6	20	2.08			

**Tabla N° 47 Datos de volumen y densidad de la roca esquistosa.**

TIPO DE ROCA	MASA (G)	VOLUMEN ROCA (CC)	DENSIDAD ROCA (G/CC)	PROMEDIO DENSIDAD (G/CC)	PROMEDIO DENSIDAD KN/M3	PROMEDIO DENSIDAD MN/M3
LUTITA	53.93	25	2.1572	2.178	20.775618	0.02077

LUTITA	39.04	20	1.952			
LUTITA	41.88	20	2.094			
LUTITA	45.36	20	2.268			

*Tabla N° 48 Datos de volumen y densidad de la roca esquistosa.*

### 3.4.1.2. Ensayo de carga puntual

Con respecto a los ensayos de carga puntual, se realizaron de dos maneras en muestras cilíndricas e irregulares, estas últimas debido a la difícil obtención de testigos, ya que era roca de tipo sedimentaria con abundante presencia de arcillas y de muy poca dureza, a su vez se ejecutó el ensayo teniendo en cuenta el método de Franklin, el cual el testigo es colocado de forma Horizontal y este debe cumplir con la siguiente relación:  $L/D=1.5$ , que nos indica que la longitud debe ser 1.5 veces el diámetro, los testigos sometidos a este ensayo tienen un diámetro de 54 mm, por lo que su longitud será 81 mm, los ensayos en muestras irregulares se escogieron teniendo en cuenta que estos tengan una dimensión de entre 35 y 50 mm y una relación entre el D/W de 0.3 a 1, siendo preferible el 1, la distancia L debe ser por lo menos 0.5 veces W, este ensayo debe repetirse al menos con 10 muestras para obtener una mayor precisión. Luego de obtener las muestras cilíndricas e irregulares y cortarlas a las medidas correctas, se procede a ejecutar el ensayo, el cual consiste en someter una muestra entre dos puntas cónicas mecánicas operadas por una prensa portátil, la cual ejercerá una fuerza a la muestra que originará que esta se rompa o falle, en un manómetro que tiene la máquina aparece el valor P, el cual nos indica la carga máxima que soporta la muestra antes

de romperse.

Los datos  
este ensayo  
a

TIPO DE ROCA	MUESTRA	CARGA "P" (KN)
DIORITA ALTERADA	Cilíndrica	9.85
DIORITA ALTERADA	Cilíndrica	10.39
DIORITA ALTERADA	Cilíndrica	8.960
DIORITA ALTERADA	Cilíndrica	6.430
DIORITA ALTERADA	Cilíndrica	3.678

obtenidos en  
se presentan  
continuación:

**Tabla N° 49 Carga aplicada a los testigos de Diorita alterada. Fuente: Elaboración propia.**

En base a la carga “P” obtenida en el ensayo se procede a realizar los cálculos correspondientes para obtener el  $I_s$ , el  $I_{s(50)}$  el cual es el índice de carga puntual y la resistencia a la compresión, en base a las siguientes fórmulas:

$$I_s = \frac{P}{D^2}$$

Donde:

$I_s$ : Índice de carga puntual

P: Carga

D: Diámetro

**Correcciones:**

$$I_{s(50)} = F \times I_s$$

$I_{s(50)}$ : Índice de carga puntual corregido para un diámetro de muestra de 50 mm

F: Factor de corrección

- Donde el factor F se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$F = (D/50)^{0.45}$$

$$\sigma_c = 24 \times I_{s(50)}$$

Donde:

$\sigma_c$  = Resistencia a la compresión simple

En base a estas fórmulas es que se desarrolla el siguiente cuadro, en donde figuran los resultados finales, en lo que respecta al  $IS_{(50)}$ , para calcular el resultado final, se elimina el valor mayor y el menor y con los restantes se obtiene el promedio y de igual manera con el  $\sigma$ .

DESCRIPCION	MUESTRA FORMA	Muestra N°	D mm	(D) <sup>2</sup> mm	P KN	Is MPa	F (D/50) ^0.45	<b>Is<sub>(50)</sub></b> MPa	$\sigma_c$ MPa
DIORITA ALTERADA	Cilíndrica	01	54	2916	9.85	3.377914951989026	1.035239156	3.4969498239369	83.9267957744856
DIORITA ALTERADA	Cilíndrica	02	54	2916	10.39	3.563100137174211	1.035239156	3.688660778751714	88.52785869004114
DIORITA ALTERADA	Cilíndrica	03	54	2916	8.960	3.072702331961591	1.035239156	3.18098176877915	76.34356245069959
DIORITA ALTERADA	Cilíndrica	04	54	2916	6.430	2.205075445816187	1.035239156	2.282780443443073	54.78673064263374
DIORITA ALTERADA	Cilíndrica	05	54	2916	3.678	1.261316872427984	1.035239156	1.305764614460905	31.33835074706173

**Tabla N° 50. Resultados del ensayo de carga puntual para la Diorita alterada. Fuente elaboración propia**

Donde:

P: Carga aplicada al testigo (kn)

Is: Índice de carga puntual (mpa)

F: Factor de corrección

$I_{S(50)}$ : Índice de carga puntual corregido para diámetros de 50 mm (mpa)

$\sigma_c$ : Resistencia a la compresión simple (mpa)



$I_s_{(50)}$ MPa	$\sigma_c$ MPa
<b>3.4969498239369</b>	83.9267957744856
<del>3.688660778751714</del>	<del>88.52785869004114</del>
<b>3.18098176877915</b>	76.34356245069959
<b>2.282780443443073</b>	54.78673064263374
<del>1.305764614460905</del>	<del>31.33835074706173</del>
<b>2.986904012053041</b>	71.68569628927298

Promedio=

**Tabla N° 51 Resultados finales del ensayo de carga puntual para la Diorita alterada. Fuente: elaboración propia.**

TIPO DE ROCA	MUESTRA	CARGA "P" (KN)
LUTITA METAMORFIZADA	Cilíndrica	3.974
LUTITA METAMORFIZADA	Cilíndrica	3.602
LUTITA METAMORFIZADA	Cilíndrica	4.010
LUTITA METAMORFIZADA	Cilíndrica	3.571
LUTITA METAMORFIZADA	Cilíndrica	3.741

**Tabla N° 52 Carga aplicada a los testigos de lutita metamorfozada. Fuente: Elaboración propia.**

DESCRIPCION	MUESTRA FORMA	Muestra N°	D mm	(D)2 mm	P KN	Is MPa	F (D/50) <sup>0.45</sup>	<i>I</i> s <sub>(50)</sub> MPa	σ <sub>c</sub> MPa
LUTITA METAMORFIZADA	Cilíndrica	01	54	2916	3.974	1.362825789	1.035239156	1.41085062	33.86041487
LUTITA METAMORFIZADA	Cilíndrica	02	54	2916	3.602	1.235253772	1.035239156	1.278783073	30.69079374
LUTITA METAMORFIZADA	Cilíndrica	03	54	2916	4.010	1.375171468	1.035239156	1.42363135	34.16715239
LUTITA METAMORFIZADA	Cilíndrica	04	54	2916	3.571	1.224622771	1.035239156	1.267777444	30.42665865
LUTITA METAMORFIZADA	Cilíndrica	05	54	2916	3.741	1.282921811	1.035239156	1.328130893	31.87514142

**Tabla N° 53 Resultados del ensayo de carga puntual la lutita metamorfizada. Fuente: elaboración propia.**

Donde:

P: Carga aplicada al testigo (kn)

Is: Índice de carga puntual (mpa)

F: Factor de corrección

*I*s<sub>(50)</sub>: Índice de carga puntual corregido para diámetros de 50 mm (mpa)

σ<sub>c</sub>: Resistencia a la compresión simple (mpa)

$I_{S(50)}$ MPa	$\sigma_c$ MPa
1.41085062	33.86041487
1.278783073	30.69079374
1.42363135	34.16715239
1.267777444	30.42665865
1.328130893	31.87514142
1.339254862	32.142116688

Promedio=

**Tabla N° 54 Resultados finales del ensayo de carga puntual para la lutita metamorfozada. Fuente Elaboración Propia.**

La tercera muestra, la cual se trata de una roca esquistosa meteorizada, fue sometida a ensayos de carga puntual, en muestras de forma irregular ya que la obtención de testigos por el tipo de roca fue complicada, por lo cual el cálculo del  $I_s$  cambia en función de la siguiente fórmula:

$$I_s = \frac{P}{De^2}$$

Donde:

De: Diámetro equivalente

$$De^2 = \frac{4A}{\pi}$$

Donde:

A= WD

Luego de indicar las fórmulas, se procede a calcular los resultados, los cuales serán sintetizados en la siguiente tabla:

MUESTRA FORMA	Muestra N°	W1 W2 mm	W Prom. mm	D mm	D Prom. mm	(De)2 mm	P KN	Is MPa	F (D/50) ^0.5	$\frac{P}{A}$ MPa	$\sigma_c$ MPa
Irregular	01	50.4 51.5	50.95	45 48 43 51	46.75	3032.745187	2.105	0.6940906242	0.9486832981	0.6584721825463437	15.80333238111225
Irregular	02	48.5 49	48.75	39 42 45 41	41.75	2591.440361	3.250	1.2541288037769	0.91378833441	1.146008270738899	27.50419849773358
Irregular	03	53 54.3	53.65	54 51 49 50	51	3483.77438	4.248	1.219367139384038	1.009950494	1.231500444788276	29.55601067491862
Irregular	04	55 54	54.5	48 45 42 48	45.75	3174.66365	1.926	0.6066784429273318	0.9565563235	0.5803221009132731	13.92773042191855
Irregular	05	47 48	47.5	40 38 45 53	44	2661.070648	2.436	0.9154210174129883	0.938083152	0.858741033421823	20.60978480212375
Irregular	06	52 49	50.5	45 44 48 40	43.25	2780.914321	3.587	1.289863543408319	0.9300537619	1.199642440884571	28.7914185812297
Irregular	07	56 49	52.5	49 50 45 48	48	3208.563653	3.247	1.01197930013452	0.9797958971	0.9915331662219322	23.79679598932637
Irregular	08	52 55	53.5	4.5 48 40 43	44	2997.205888	1.874	0.6252490052495186	0.938083152	0.586535557629333	14.07685338310399
Irregular	09	60 57	58.5	48 55 47 50	52.5	3910.436952	2.547	0.6513338614748237	1.024695077	0.6674186013366518	16.01804643207964
Irregular	10	57 55	56	44 46 45 42	44.25	3155.087592	2.874	0.9109097342613492	0.9407443861	0.8569332187502071	20.56639725000497

**Tabla N° 55 Resultados del ensayo de carga puntual para la roca esquistosa**

Donde:

P: Carga aplicada al testigo (kn)

Is: Índice de carga puntual (mpa)

F: Factor de corrección

$I_{s(50)}$ : Índice de carga puntual corregido para diámetros de 50 mm (mpa)

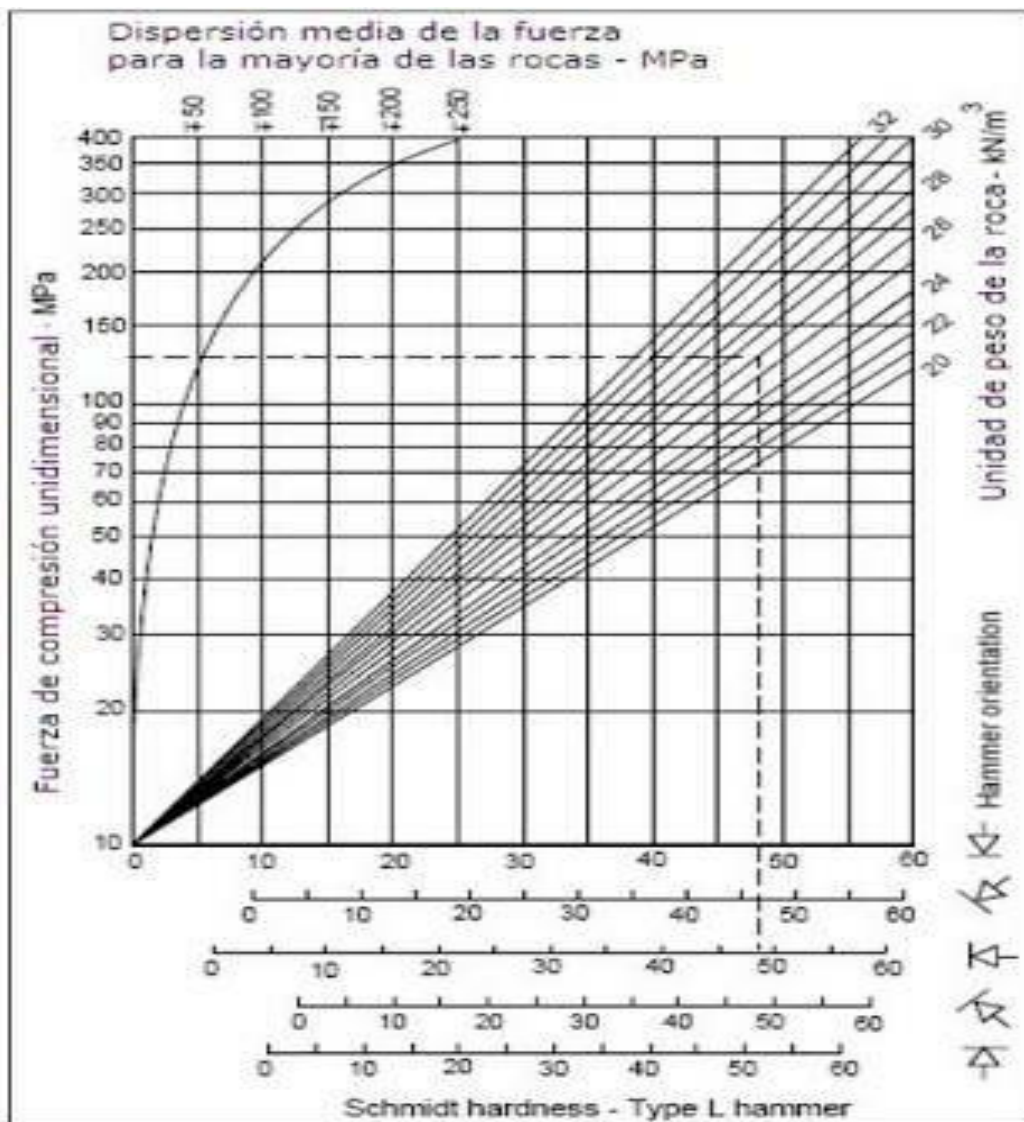
$\sigma_c$ : Resistencia a la compresión simple (mpa)

	$I_{s(50)}$ MPa	$\sigma_c$ MPa
	<b>0.6584721825463437</b>	15.80333238111225
	<del>1.146008270738899</del>	<del>27.50419849773358</del>
	<b>1.231500444788276</b>	29.55601067491862
	<del>0.5803221009132731</del>	<del>13.92773042191855</del>
	<b>0.858741033421823</b>	20.60978480212375
	<del>1.199642440884571</del>	<del>28.7914185812297</del>
	<b>0.9915331662219322</b>	23.79679598932637
	<del>0.586535557629333</del>	<del>14.07685338310399</del>
	<b>0.6674186013366518</b>	16.01804643207964
	<b>0.8569332187502071</b>	20.56639725000497
Promedio=	<b>0.8631844121693095</b>	20.71642589206343

**Tabla N° 56 Resultados finales del ensayo de carga puntual para la Lutita Metamorfizada**

### 3.4.2. Ensayo con esclerómetro tipo L en campo

Mediante este aparato pueden hacerse ensayos “in situ” que nos permiten estimar la resistencia a compresión simple de la roca. Su uso es muy extendido debido a su facilidad de transporte, que permite realizar un número grande de medidas en poco tiempo, y que puede aplicarse tanto encima de la matriz rocosa como en las paredes de una discontinuidad. El ensayo mide la resistencia de rebote de la superficie de roca ensayada. Esta medida se correlaciona con la resistencia a compresión simple de la roca mediante el gráfico de correlación de Miller, para lo cual se tomaron 10 lecturas de rebote según la



normativa ASTM C805.

*figura n° 11 Grafico de correlación para el martillo Schmidt, entre resistencia a la compresión, densidad de la roca y rebote (Miller, 1965). fuente: Geoengineering Services & Consulting E.I.R.L*

Se tomó 10 datos de cada una de las estaciones geomecánicas clasificadas en tres Zonas según su tipo de roca: Zona 1: Lutita metamorfizada, Zona 2: Diorita alterada y Zona 3: Roca esquistosa, para luego promediar y tener un valor más preciso

ESTACIÓN GEOMECÁNICA/SECTOR	N° DE REBOTES DEL ESCLERÓMETRO	PROMEDIO	POSICIÓN
<b>LUTITA METAMORFIZADA-ZONA 1</b>			
EG-001: Km 10+00-10+200	28	27.15	Horizontal
	27		
	26		
	27		
	27.5		
	24		
	29		
	30		
	27		
	26		
EG-002: Km 10+200- 10+400	25	24.85	Horizontal
	26		
	24		
	20		
	27		
	25		
	25.5		
	24		
	27		
	25		
EG-003: Km 10+400- 10+600	27	27.15	Horizontal
	27		
	26		
	29		

	27.5		
	26		
	28		
	30		
	27		
	24		
EG-004: Km 10+600-10+800	27	26.65	Horizontal
	26		
	25		
	27		
	27		
	26.5		
	28		
	27		
	25.5		
	27.5		
EG-005: Km 10+800-10+1000	25	24.9	Horizontal
	24		
	24		
	22		
	25		
	25		
	25		
	27		
	27		
	25		
EG-006: Km 11+00-11+200	28	27.55	Horizontal
	28		
	28		
	27		
	26		
	30		



	27.5		
	25		
	29		
	27		
EG-007: Km 11+200- 11+400	26	25.75	Horizontal
	25		
	27		
	26		
	26		
	26		
	30		
	22		
	25		
	24.5		

**Tabla N° 57 Datos obtenidos con el Martillo de Schmidt para la Zona 1. Fuente: Elaboración propia.**

ESTACIÓN GEOMECÁNICA/SECTOR	N° DE REBOTES DEL ESCLERÓMETRO	PROMEDIO	POSICIÓN
<b>DIORITA ALTERADA - ZONA 2</b>			
EG-008: Km 11+400- 11+600	44	43.4	+45°
	45		
	48		
	41		
	42		
	44		
	44		
	45		
	41		
	40		
EG-009: Km 11+600- 11+800	49	48.7	+45°
	47		

	48		
	50		
	52		
	47		
	49		
	49		
	50		
	46		
EG-010: Km 11+800-11+1000	50	49.65	+45°
	48		
	47		
	52		
	53		
	48		
	49		
	49		
	50		
	50.5		
EG-011: Km 12+00-12+200	48	47.8	+45°
	46		
	48		
	49		
	50		
	46		
	47		
	48		
	49		
	47		
EG-012: Km 12+200-12+400	55	55.2	+45°
	52		
	60		
	55		

	55		
	57		
	53		
	55		
	54		
	56		
EG-013: Km 12+400- 12+600	50	50.4	+45°
	51		
	50		
	49		
	48		
	53		
	44		
	55		
	57		
	47		

**Tabla N° 58 Datos obtenidos con el Martillo de Schmidt para la Zona 2. Fuente: Elaboración propia.**

ESTACIÓN GEOMECÁNICA/SECTOR	N° DE REBOTES DEL ESCLERÓMETRO	PROMEDIO	POSICIÓN
<b>ROCA ESQUISTOSA -ZONA 3</b>			
EG-014: Km 12+600- 12+800	20	20.5	Horizontal
	21		
	22		
	18		
	23		
	25		
	15		
	20		
	20		
	21		

EG-015: Km 12+800-12+1000	20	21.8	Horizontal
	22		
	26		
	18		
	22		
	20		
	24		
	23		
	21		
	22		
EG-016: Km 13+00-13+200	18	19	Horizontal
	18		
	17		
	20		
	20		
	15		
	21		
	20		
	20		
	21		
EG-017: Km 13+200-13+400	18	18.1	Horizontal
	17		
	16		
	20		
	15		
	22		
	20		
	18		
	18		
	17		
EG-018: Km 13+400-13+600	22	24	Horizontal
	26		

	20		
	20		
	18		
	22		
	22		
	21		
	19		
	22		
EG-019: Km 13+600-13+800	21	20	Horizontal
	22		
	20		
	23		
	20		
	23		
	18		
	15		
	20		
	18		
EG-020: Km 13+800-13+1000	17	19	Horizontal
	20		
	18		
	18		
	15		
	20		
	21		
	20		
	20		
	21		
EG-021: Km 14+00-14+200	15	19	Horizontal
	17		
	20		
	21		

	17		
	15		
	26		
	15		
	20		
	24		
EG-022: Km 14+600-14+800	26	24.2	Horizontal
	22		
	27		
	23		
	26		
	22		
	22		
	24		
	24		
	26		
EG-023: Km 14+800-km 15	25.5	25	Horizontal
	23.5		
	24		
	24.5		
	18		
	26.5		
	23		
	28		
	29		
	28		

**Tabla N° 59 Datos obtenidos con el Martillo de Schmidt para la Zona 3. Fuente: Elaboración propia.**

La resistencia a la compresión uniaxial se desarrolla con el Gráfico de Miller donde se interceptan la densidad de la roca con la dureza de la roca según el esclerómetro y los datos de las tres muestras obtenidas son:

<b>ESTACIÓN GEOMECÁNICA/SECTOR</b>	<b>RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN UNIAXIAL (MPA)</b>
<b>LUTITA METAMORFIZADA-ZONA 1</b>	
EG-001: Km 10+00-10+200	38
EG-002: Km 10+200-10+400	35
EG-003: Km 10+400-10+600	38
EG-004: Km 10+600-10+800	37
EG-005: Km 10+800-10+1000	35
EG-006: Km 11+00-11+200	38
EG-007: Km 11+200-11+400	36
<b>Promedio</b>	<b>36.7</b>
<b>DIORITA ALTERADA-ZONA 2</b>	
EG-008: Km 11+400-11+600	60
EG-009: Km 11+600-11+800	68
EG-010: Km 11+800-11+1000	72
EG-011: Km 12+00-12+200	67
EG-012: Km 12+200-12+400	83
EG-013: Km 12+400-12+600	75
<b>Promedio</b>	<b>70.8</b>
<b>ROCA ESQUISTOSA-ZONA3</b>	
EG-014: Km 12+600-12+800	27
EG-015: Km 12+800-12+1000	28
EG-016: Km 13+00-13+200	26
EG-017: Km 13+200-13+400	25
EG-018: Km 13+400-13+600	28
EG-019: Km 13+600-13+800	27
EG-020: Km 13+800-13+1000	26
EG-021: Km 14+00-14+200	26
EG-022: Km 14+600-14+800	28
EG-023: Km 14+800-km 15	29
<b>Promedio</b>	<b>27</b>

**Tabla N° 60 Resistencia a la compresión uniaxial obtenidas a partir del esclerómetro y la densidad de la roca. Fuente: Elaboración propia.**

### 3.4.3. Análisis y clasificación de los resultados finales de los ensayos de acuerdo con la clasificación de Deere y Miller

En este apartado se resumieron los resultados finales, para su posterior análisis y clasificación según la tabla de Deere y Miller, la cual por medio de la resistencia a la compresión nos servirá para clasificarla dentro de 5 grupos ya establecidos.

DESCRIPCIÓN	MUESTRA FORMA	$IS_{(50)}$ Mpa	$IS_{(50)}$ $\frac{kg}{cm^2}$	$\sigma_c$ Mpa	$\sigma_c$ $\frac{kg}{cm^2}$
<b>DIORITA ALTERADA</b>	Cilíndrica	2.98690401 2053041	30.45794447 699223	71.685696289 27298	730.99066744 78135
<b>LUTITA METAMORFIZADA</b>	Cilíndrica	1.33925486 2	13.65659896 0909	32.142116688	327.75837506 1816
<b>ROCA ESQUISTOSA</b>	Irregular	0.86318441 21693095	8.802031398 788431	20.71642589 206343	211.24875357 09223

**Tabla N° 61 Resumen de los resultados de los ensayos de carga puntual para los diferentes tipos de roca. Fuente Elaboración propia**

Clase	Descripción	Resistencia a compresión simple	
		MPa	kg/cm <sup>2</sup>
A	Resistencia muy alta	> 225	> 2250
B	Resistencia alta	112 - 225	1120 - 2250
C	Resistencia media	56 - 112	560 - 1120
D	Resistencia baja	28 - 56	280 - 560
E	Resistencia muy baja	< 28	< 280

**Tabla N° 62 Clasificación de rocas en ingeniería método de Deere y Miller. Fuente: Libro Mecánica de Rocas en la Ingeniería Práctica.**

En base a esta clasificación y a los resultados obtenidos de los ensayos, es que se deduce la siguiente tabla:



DESCRIPCIÓN	MUESTRA FORMA	$IS_{(50)}$ $\frac{kg}{cm^2}$	$\Sigma C$ $\frac{kg}{cm^2}$	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN SIMPLE $\frac{kg}{cm^2}$	TIPO DE RESISTENCIA
<b>DIORITA ALTERADA</b>	Cilíndrica	30.5	731	560-1120	Resistencia media
<b>LUTITA METAMORFIZADA</b>	Cilíndrica	13.6	327.7	280-560	Resistencia baja
<b>ROCA ESQUISTOSA</b>	Irregular	8.8	211	<280	Resistencia muy baja

**Tabla N° 63 Resultados de los ensayos de carga puntual clasificados según su resistencia a la compresión simple. Fuente: Elaboración propia.**

Del análisis final de los resultados, se obtuvo que la Diorita alterada tiene una resistencia a la compresión simple de  $731 \text{ kg/cm}^2$ , al cual le corresponde el rango de entre 560 a  $1120 \text{ kg/cm}^2$ , por ende se trata de una roca de resistencia media, de la cual se puede interpretar que la roca posee un nivel para modificar su resistencia por cambio en la humedad de media, a su vez posee una compactibilidad regular y el riesgo deslizamiento de taludes es de bajo a media, dependiendo de factores externos como el agua. Para la lutita metamorfizada se obtuvo un valor de  $327.7 \text{ kg/cm}^2$ , lo cual la ubica entre el rango de 280-560, por lo cual su resistencia es baja, por lo cual la modificación de resistencia por cambio en la humedad es de media a alta, su compactibilidad es mala y el riesgo de deslizamientos de taludes es de media a alta, para la roca esquistosa se obtuvo una resistencia de  $211 \text{ kg/cm}^2$ , para la cual le corresponde un rango de <280, la cual posee una resistencia muy baja, en donde la modificación de resistencia por cambio en la humedad es alta, su compactibilidad es de mala a muy mala y el riesgo de deslizamientos es alto.

**Promedio entre la resistencia a la compresión uniaxial por esclerómetro y carga puntual**

A partir de los valores obtenidos con el esclerómetro y los de carga puntual se procedió a promediar estos valores, para obtener un valor único con respecto a la resistencia, el cual nos servirá para determinar el GSI, así como los criterios de rotura de Hoek y Brown y Mohr-Coulomb, en el software Rocdata, parámetros que nos servirán posteriormente para el software Swedge y Rocplane.

TIPO DE ROCA	RESISTENCIA POR ESCLERÓMETRO (MPA)	RESISTENCIA POR CARGA PUNTUAL (MPA)	PROMEDIO (MPA)
DIORITA ALTERADA	70.8	71.68569628927298	71.24284814
LUTITA METAMORFIZADA	36.7	32.142116688	34.42105834
ROCA ESQUISTOSA	27	20.71642589206343	23

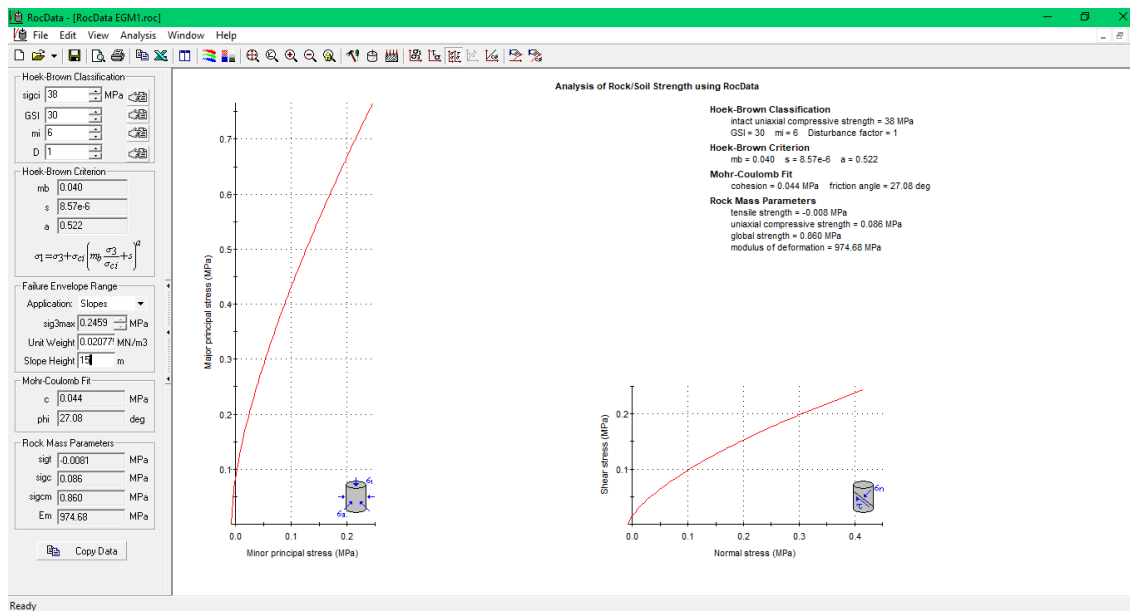
**3.4.4. Criterios de Hoek-Brown y Mohr – Coulomb**

Estos criterios de rotura del macizo rocoso se calcularon en el software RocData, para lo cual fue necesario introducir los datos correspondientes a la compresión uniaxial y GSI (estos ya obtenidos en la fase anterior), así como también el parámetro “mi”, el cual es un factor dependiendo del tipo de roca, en este caso tenemos 3 tipo de roca con su respectivo “mi” como se señala en la siguiente tabla:

TIPO DE ROCA	MI
LUTITA	10
DIORITA	32

**Tabla N° 64 Factor "mi" en relacion al tipo de roca. fuente: software RocData**

A su vez, también es necesario introducir un factor de disturbancia, el cual de acuerdo a lo visto en campo se considera que es una voladura pobre y a este le corresponde un valor 1.0, este será el mismo parámetro para todas las estaciones, así como también es necesario ingresar el rango de falla envolvente en el cual la aplicación será para todas las estaciones: slopes y la densidad que variará según el tipo de roca, al ingreso todos estos parámetros obtendremos el criterio de Hoek y Brown y el de Mohr – Coulomb, resultados de los cuales se esquematizan a continuación:



**Figura N° 12 Vista previa del software RocData. Fuente: Software RocData.**

TIPO DE ROCA/ZONA	MB	S	A
LUTITA METEORIZADA-ZONA 1	0.040	8.57e-6	0.522
DIORITA ALTERADA-ZONA 2	2.120	0.0018	0.502

ROCA ESQUISTOSA- ZONA 3	0.083	1.41e-5	0.518
-------------------------------	-------	---------	-------

**Tabla N° 65 Resultados obtenidos con respecto al criterio Hoek-Brown. Fuente: Software RocData.**

TIPO DE ROCA/ZONA	COHESIÓN (MPA)	COHESIÓN (T/M2)	ANGULO DE FRICCIÓN	MÓDULO DE DEFORMACIÓN (MPA)
LUTITA METEORIZADA- ZONA 1	0.041	4.18	26.33	921.95
DIORITA ALTERADA- ZONA 2	0.340	34.6	63.3	8418.02
ROCA ESQUISTOSA- ZONA 3	0.047	4.7	29.74	901.23

**Tabla N° 66 Resultados obtenidos con respecto al criterio Mohr-Coulomb. Fuente: Software RocData.**

### **3.4.5. Otros factores a tener en cuenta para el comportamiento del macizo rocoso en el diseño de taludes**

#### **Efectos de sismo en el macizo rocoso**

Para simular el efecto del sismo se utilizó el método pseudo-estático, el cual consiste en aplicar, en el centro de gravedad del bloque o talud en estudio, una fuerza horizontal igual a la masa del bloque la cual es multiplicada por el factor sísmico de la zona. El sismo es otro de los efectos que tienen incidencia en la estabilidad de taludes, debido a que en esto, se puede dar hasta el triple de aumento en el esfuerzo cortante, lo cual conlleva a una disminución de la resistencia por el aumento de la presión de poros y su deformación, lo cual genera una falla progresiva o instantánea en el talud.

### Determinación del coeficiente sísmico

La región Lambayeque se caracteriza por ser una zona de media y alta sismicidad lo que repercute en el aumento de peligros geológicos tanto en sus provincias como en sus distritos. El distrito de Olmos se encuentra en la zona 4, para la cual le corresponde un factor sísmico de 0.45

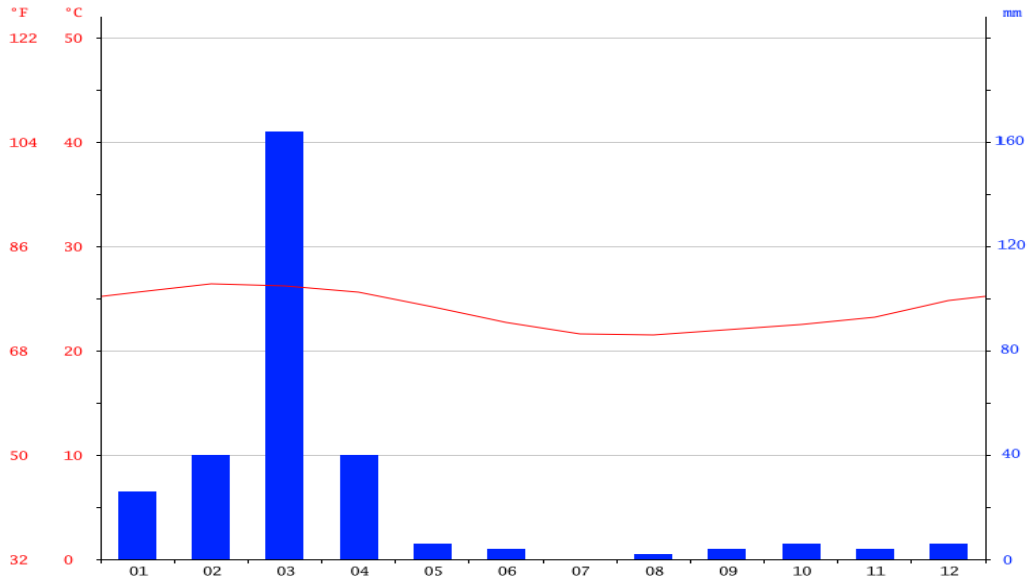


*Figura N° 13 Zonificación y coeficiente sísmico. Fuente: Norma E.030*

### Clima

La región Lambayeque posee 3 tipos de climas, nos fijaremos en el clima de la zona de estudio el cual es una zona de precipitación semiseca y con humedad en el rango de 53% a 93%, lo cual nos indica que es una zona húmeda., las temperaturas sobrepasan los 20° C y

la precipitación anual se encuentra en promedio entre los 300 mm, con un periodo de lluvia mensual de 2 semanas y medias distribuidas en el mes.



**Figura N° 14** Precipitaciones y temperaturas mínimas y máximas en olmos. Fuente: *ClimaData*.

### Efectos del agua en macizos rocosos

El flujo del agua es sin dudas el elemento o factor que más incidencia tiene en la estabilidad de taludes tanto naturales como artificiales, en este caso el proceso de flujo se genera por una infiltración de las aguas de lluvia en el macizo rocoso. Teniendo en cuenta el clima, el promedio de precipitaciones anuales y la humedad, se determinó que la presión del agua corresponde a 0.8 t/m<sup>3</sup>.

### 3.5. Análisis de la estabilidad de los taludes

En este apartado se analizaron los taludes, teniendo en cuenta su zonificación según el tipo de roca, para lo cual fue necesario los valores ya conocidos de la densidad, cohesión y el ángulo de fricción, así mismo teniendo en cuenta lo establecido por norma C.E 0.20, en la cual nos indica el factor de seguridad mínimo en que los taludes se consideran estables, con respecto al factor sísmico se consideró el 50% de 0.45, obteniendo 0.225, resultado el cual será aplicado para analizar la estabilidad del talud.

NORMATIVA	FACTOR DE SEGURIDAD	
	ESTÁTICO	DINÁMICO
C.E 0.20	1.5	1.25

**Tabla N° 67 Factores de seguridad en los que se considera la estabilidad del talud según la norma C.E 020 "Suelos y taludes". Fuente: Elaboración propia.**

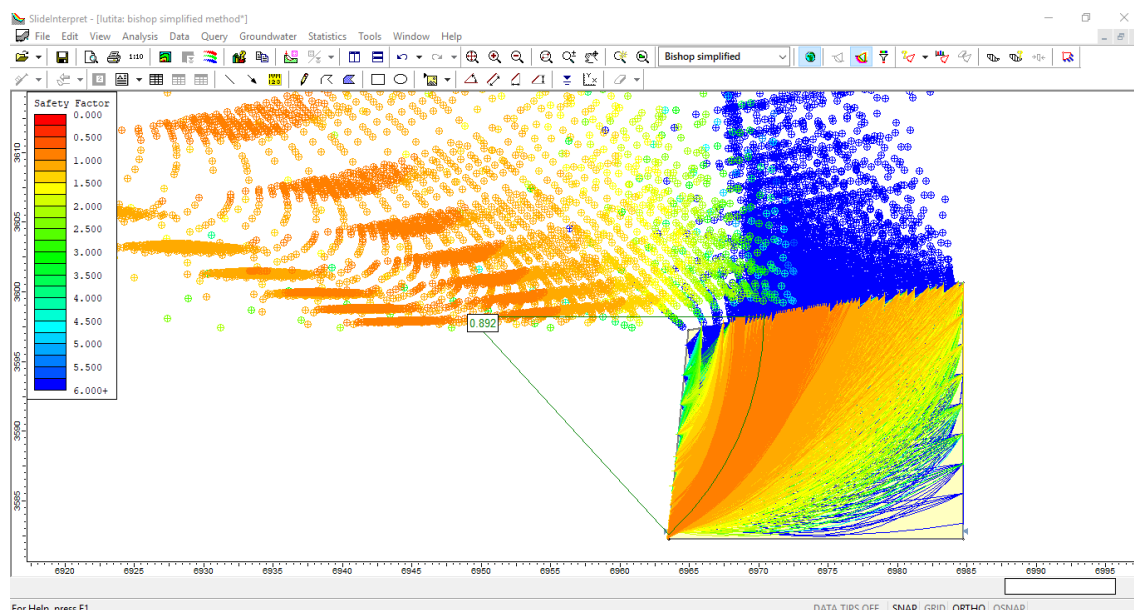
La estabilidad de taludes fue analizada en el software Slide 6.0, para lo cual se tuvo en cuenta el método de Bishop simplificado (Bs), Janbu simplificado (Js), Janbu corregido (Jc) y el método de Spenser (S), los factores de seguridad obtenidos a través de estos 4 métodos, se promediaron para obtener un factor de seguridad unitario, que nos indique la estabilidad o inestabilidad del talud.

**Zona 1: Lutita metamorfozizada**

ZONA 1  (ÁNGULO DE 85°)	FACTOR DE SEGURIDAD				FACTOR DE SEGURIDAD (PROMEDIO)	
	ESTÁTICO		DINÁMICO		ESTÁTICO	DINÁMICO
	Bs	0.892	Bs	0.741	0.9605	0.7445
	Js	0.985	Js	0.743		
	Jb	0.998	Jb	0.756		
	S	0.967	S	0.738		

**Tabla N° 68 Análisis de la estabilidad del talud para la zona 1. Fuente: Elaboración propia.**

A partir de los factores de seguridad presentados en la siguiente tabla, se nota que estos no llegan a 1, ni mucho menos a lo establecido por norma, por lo cual los taludes para la zona 1 se consideran como inestables y requieren de un diseño.



**Figura N° 15** Análisis de la estabilidad del talud según el método de Bishop simplificado.  
**Fuente:** Software Slide.

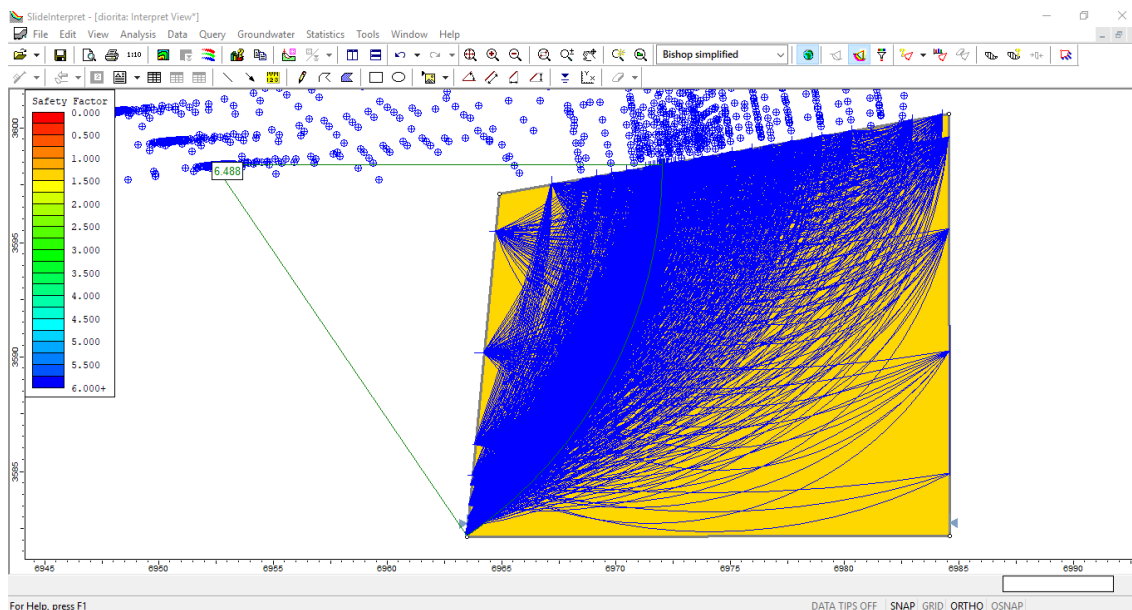
**Zona 2: Diorita alterada**

ZONA 2	FACTOR DE SEGURIDAD				FACTOR DE SEGURIDAD (PROMEDIO)	
	ESTÁTICO		DINÁMICO		ESTÁTICO	DINÁMICO
(ÁNGULO DE 85°)	Bs	6.488	Bs	5.257	7.2165	5.31975
	Js	7.446	Js	5.188		
	Jb	7.550	Jb	5.254		
	S	7.382	S	5.580		

**Tabla N° 69** Análisis de la estabilidad del talud para la zona 2. **Fuente:** Elaboración propia.

A partir de los factores de seguridad presentados en la siguiente tabla, se nota que estos sobrepasan lo establecido por la norma, por lo cual los taludes para la zona 2 se consideran como estables y no requieren de un diseño.





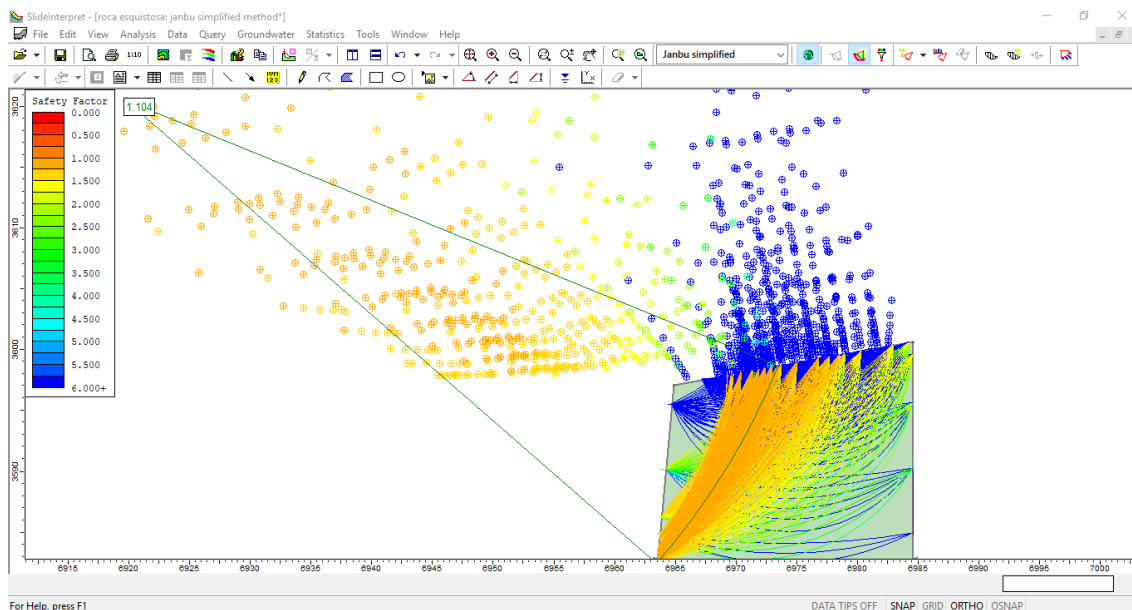
**Figura N° 16** Análisis de la estabilidad del talud según el método de Bishop simplificado.  
**Fuente:** Software Slide.

**Zona 3: Roca esquistosa**

ZONA 3 (ÁNGULO DE 85°)	FACTOR DE SEGURIDAD				FACTOR DE SEGURIDAD (PROMEDIO)	
	ESTÁTICO		DINÁMICO		ESTÁTICO	DINÁMICO
	Bs	0.996	Bs	0.824	1.0775	0.8285
	Js	1.104	Js	0.826		
	Jb	1.120	Jb	0.841		
	S	1.090	S	0.823		

**Tabla N° 70** Análisis de la estabilidad del talud para la zona 3. **Fuente:** Elaboración propia.

A partir de los factores de seguridad presentados en la siguiente tabla, se nota que estos están por debajo de acuerdo a lo establecido por norma, por lo cual los taludes para la zona 3 se consideran como inestables y requieren de un diseño.



**Figura N° 17** Análisis de la estabilidad del talud según el método de Janbu simplificado.  
**Fuente:** Software Slide.

### 3.6. Diseño de taludes

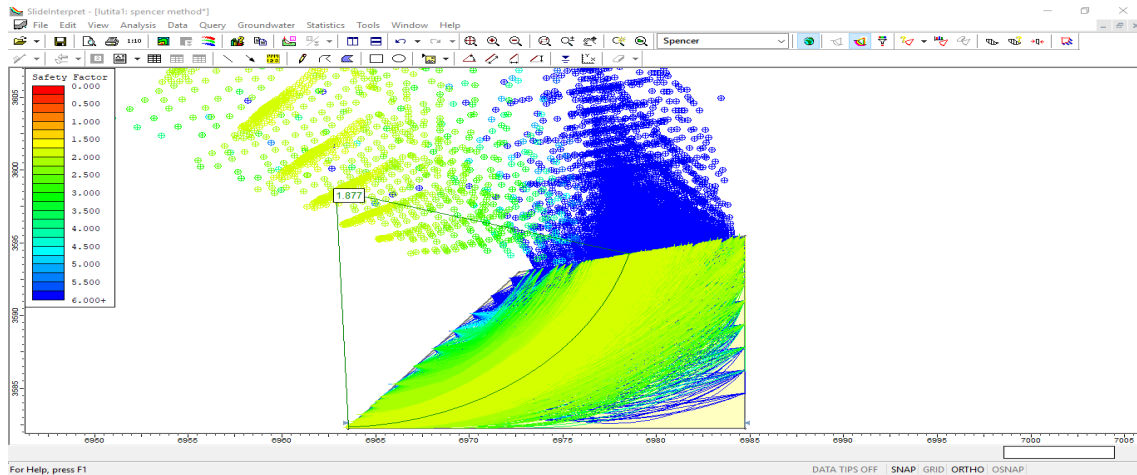
A partir del análisis de los factores de seguridad de los taludes de acuerdo a cada zona, se identificó que la zona 1 y 3 son inestables, por lo cual se procedió a cambiar su ángulo, con la ayuda del software Slide 6.0 hasta que este sea estable y cumpla con las condiciones de acuerdo a norma, es así como se tiene:

#### Zona 1: Lutita Metamorfizada

ZONA 1 (ÁNGULO DE 26°)	FACTOR DE SEGURIDAD				FACTOR DE SEGURIDAD (PROMEDIO)	
	ESTÁTICO		DINÁMICO		ESTÁTICO	DINÁMICO
	Bs	1.874	Bs	1.332	1.8905	1.2985
	Js	1.960	Js	1.237		
	Jb	1.851	Jb	1.296		
	S	1.877	S	1.329		

**Tabla N° 71** Análisis de la estabilidad del talud, modificando su ángulo, para la zona 1.  
**Fuente:** Elaboración propia.

Diseñando el talud, modificando su ángulo de 85° a 26°, se obtienen factores de seguridad 1.8 y 1.29, los cuales superan a los factores de seguridad establecidos por la norma c.e 020, por ende, se puede considerar que aplicando este diseño el talud será estable.



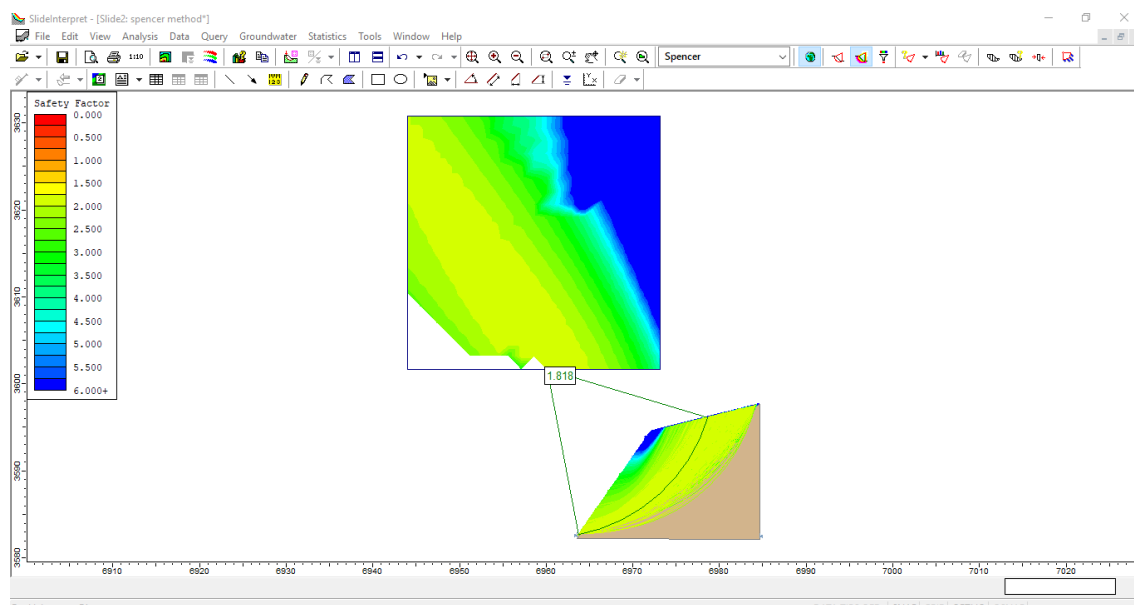
**Figura N° 18** Análisis de la estabilidad para el talud modificado según el método de Spencer. Fuente: Software Slide.

**Zona 3: Roca esquistosa**

ZONA 3	FACTOR DE SEGURIDAD				FACTOR DE SEGURIDAD (PROMEDIO)	
	ESTÁTICO		DINÁMICO		ESTÁTICO	DINÁMICO
(ÁNGULO DE 28°)	Bs	1.817	Bs	1.367	1.8435	1.477
	Js	1.820	Js	1.295		
	Jb	1.919	Jb	1.367		
	S	1.818	S	1.879		

**Tabla N° 72** Análisis de la estabilidad del talud, modificando su ángulo, para la zona 3. Fuente: Elaboración propia.

Diseñando el talud, modificando su ángulo de 85° a 28°, se obtienen factores de seguridad 1.8 y 1.4, los cuales superan a los factores de seguridad establecidos por la norma c.e 020, por ende, se puede considerar que aplicando este diseño el talud será estable.



**Tabla N° 73 Análisis de la estabilidad para el talud modificado según el método de Spencer. Fuente: Software Slide.**

### 3.7. alternativas de solución a las fallas de los taludes

Para analizar los taludes se han considerado 4 modelos de análisis: Estático/sin presión, estático/con presión, dinámico/con presión y dinámico/sin presión a fin de incluir el factor sísmico y la presión hidrostática, así también, las fallas por cuñas, serán analizadas mediante el software Swedge, las fallas por volteo, mediante una hoja de cálculo en Excel y las fallas planares en el software Rocplane, de acuerdo a la norma C.E 0.20 el factor de seguridad en taludes debe ser de al menos 1.5, bajo condiciones estáticas y para el modelo dinámico un factor de seguridad de 1.2

NORMATIVA	FACTOR DE SEGURIDAD	
	ESTÁTICO	DINÁMICO
C.E 0.20	1.5	1.25

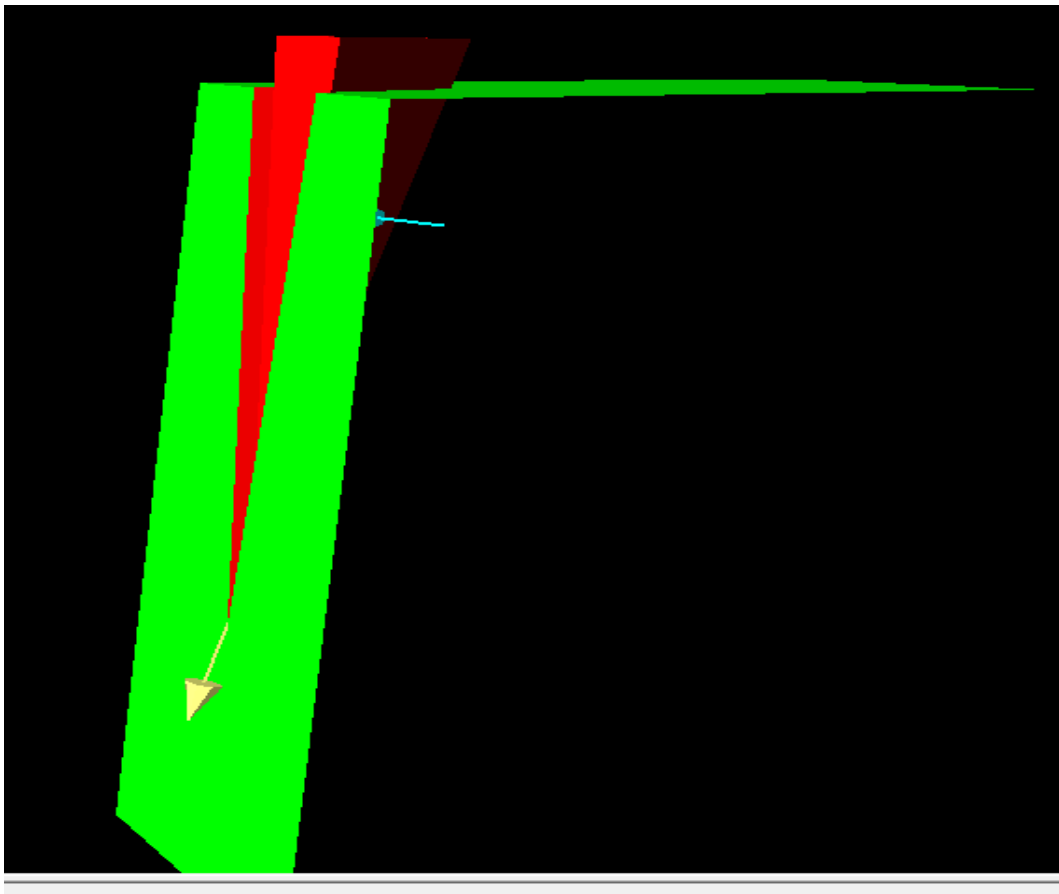
**Tabla N° 74 Factores de seguridad en los que se considera la estabilidad del talud según la norma C.E 020 "Suelos y taludes". Fuente: Elaboración propia.**

#### 3.7.1. Análisis de las fallas en cuña en el software Swedge

ESTACIÓN GEOMECÁNICA	TALUD	FALLA	MODELO	F. S	VOLUMEN (m <sup>3</sup> )

EGM2	Km10+200- 10+400	Cuña	Estático/sin presión	4.261	44.5563
			Estático/con presión	0	
			Dinámico/sin presión	2.867	
			Dinámico/con presión	0	

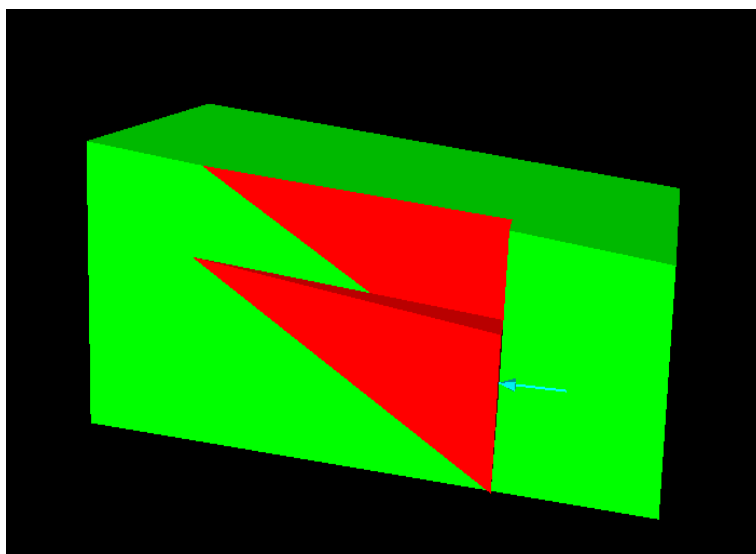
*Tabla N° 75 Análisis de cuña del talud del km 10+200-10+400. Fuente: Software Swedge.*



*Figura N° 19 Modelo de falla por cuña en el talud Km 10+200-10+400. Fuente: Software Swedge*

ESTACIÓN GEOMECÁNICA	TALUD	FALLA	MODELO	F. S	VOLUMEN (m <sup>3</sup> )
EGM3	Km10+400-10+600	Cuña	Estático/sin presión	2.969	134.157
			Estático/con presión	0	
			Dinámico/sin presión	2.019	
			Dinámico/con presión	0	

*Tabla N° 76 Análisis de cuña del talud del km 10+400-10+600. Fuente: Software Swedge.*

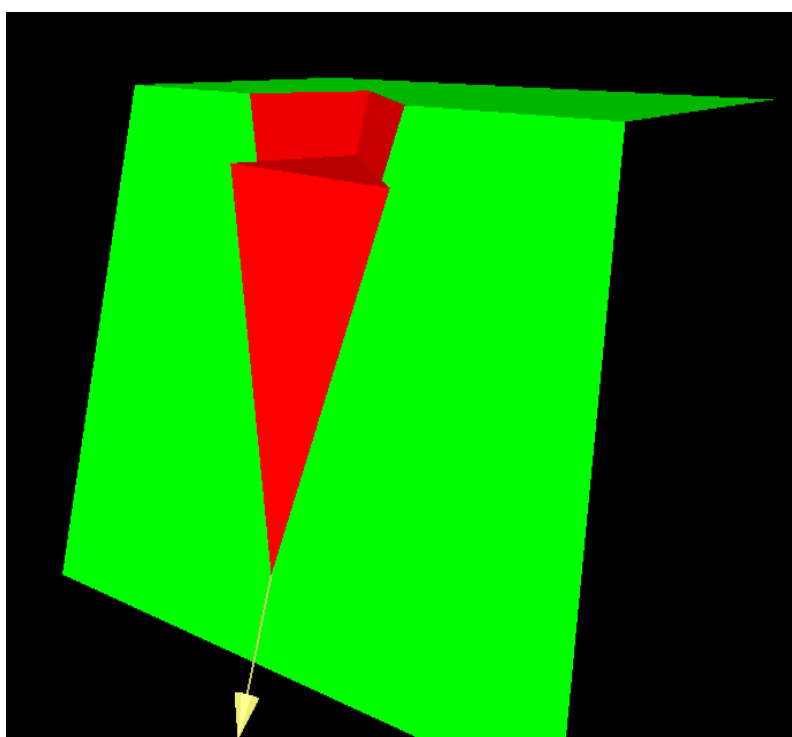


*Figura N° 20 Modelo de falla por cuña en el talud Km 10+400-10+600. Fuente: Software Swedge*

ESTACIÓN GEOMECÁNICA	TALUD	FALLA	MODELO	F. S	VOLUMEN (m <sup>3</sup> )
EGM4	Km10+600-10+800	Cuña	Estático/sin presión	3.874	

			Estático/con presión	0	32.759
			Dinámico/sin presión	2.644	
			Dinámico/con presión	0	

**Tabla N° 77 Análisis de cuña en el talud del km 10+600-10+800. Fuente: Software Swedge.**

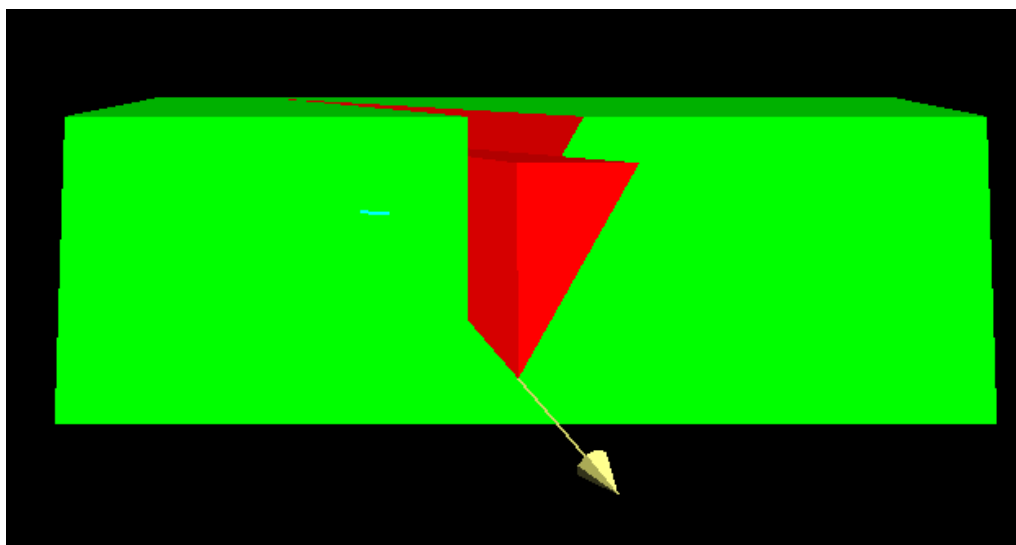


**Figura N° 21 Modelo de falla por cuña en el talud Km 10+600-10+800. Fuente: Software Swedge**

ESTACIÓN GEOMECÁNICA	TALUD	FALLA	MODELO	F. S	VOLUMEN (m <sup>3</sup> )
EGM5	Km10+800-11+00	Cuña	Estático/sin presión	8.077	695.687
			Estático/con presión	6.667	

			Dinámico/sin presión	4.153	
			Dinámico/con presión	3.427	

**Tabla N° 78** Análisis de cuña en el talud del km 10+800-10+00. Fuente: Software Swedge.

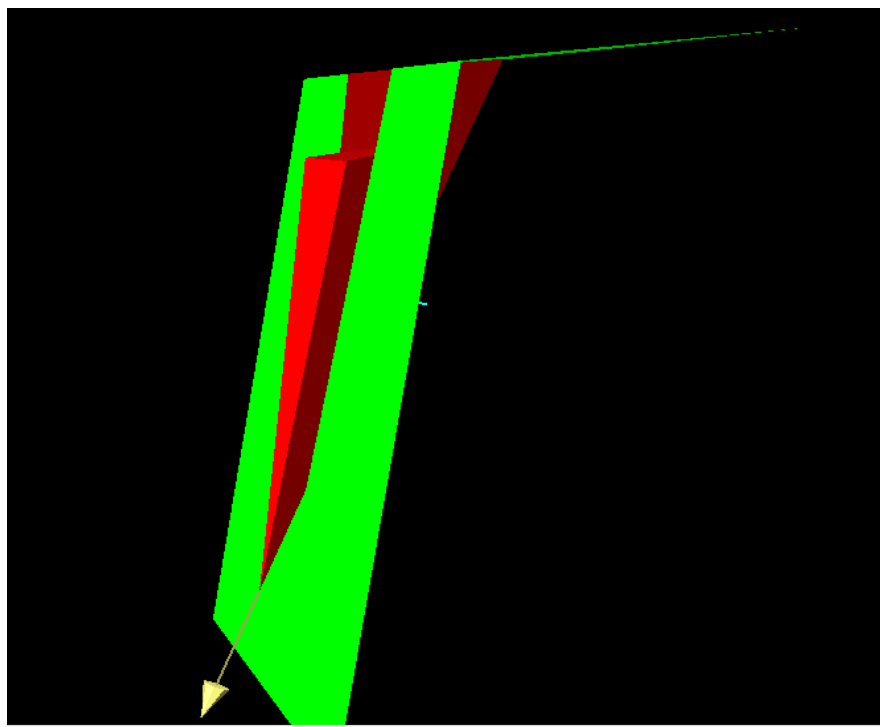


**Figura N° 22** Modelo de falla por cuña en el talud del km 10+800-11+00. Fuente: Software Swedge.

ESTACIÓN GEOMECÁNICA	TALUD	FALLA	MODELO	F. S	VOLUMEN (m <sup>3</sup> )
<b>EGM6</b>	Km11+00-10+200	Cuña	Estático/sin presión	11.28	6.57286
			Estático/con presión	0	
			Dinámico/sin presión	7.644	
			Dinámico/con presión	0	

**Tabla N° 79** Análisis de cuña en el talud del km 11+00-11+200. Fuente: Software Swedge.

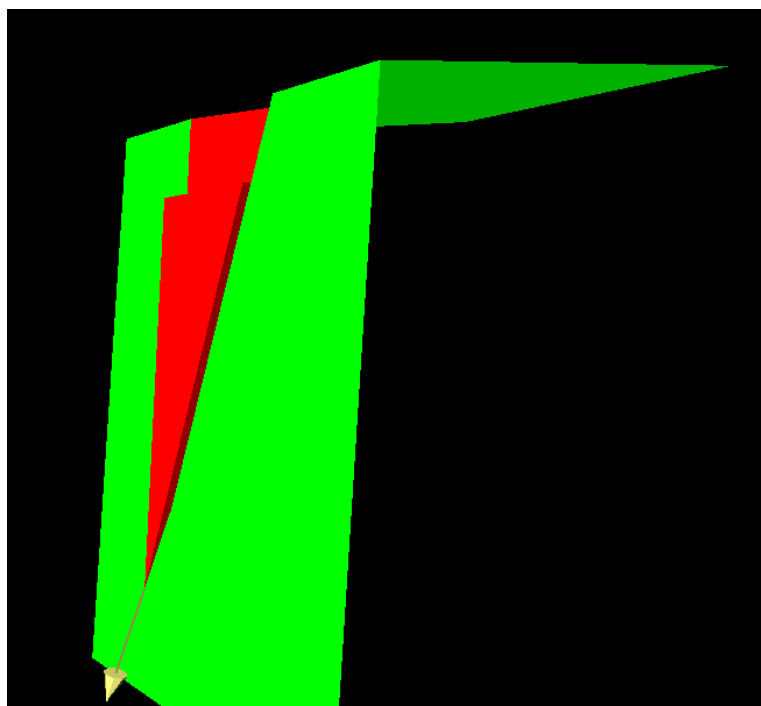




*Figura N° 23 Modelo de falla por cuña en el talud del km 11+00-11+200. Fuente: Software Swedge.*

ESTACIÓN GEOMECÁNICA	TALUD	FALLA	MODELO	F. S	VOLUMEN (m <sup>3</sup> )
EGM7	Km11+200- 11+400	Cuña	Estática/sin presión	3.396	42.8145
			Estática/con presión	0	
			Dinámico/sin presión	2.301	
			Dinámico/con presión	0	

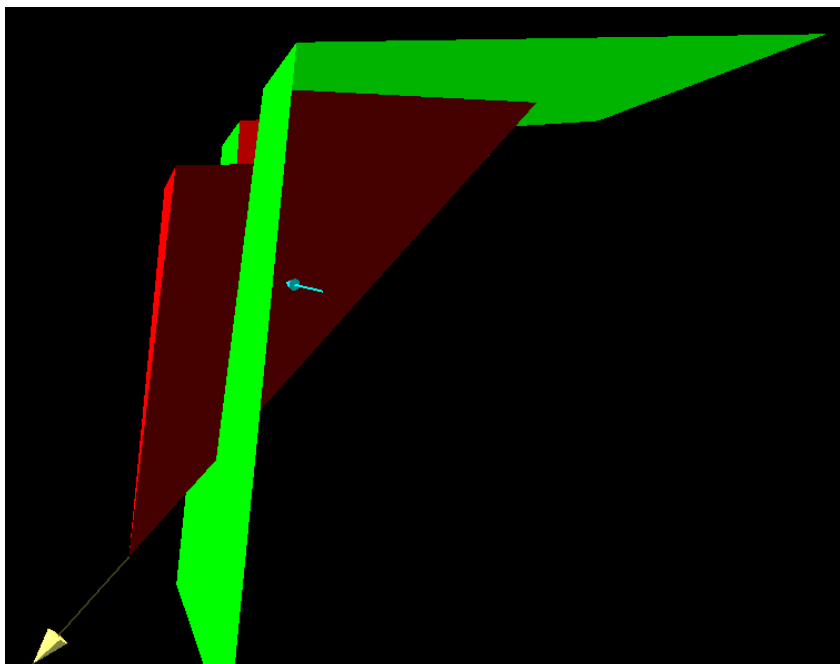
*Tabla N° 80 Análisis de cuña en el talud del km 11+ 200-11+ 400. Fuente: Software Swedge.*



*Figura N° 24 Modelo de falla por cuña en el talud del km 11+200-11+400. Fuente: Software Swedge.*

ESTACIÓN GEOMECÁNICA	TALUD	FALLA	MODELO	F. S	VOLUMEN (m <sup>3</sup> )
<b>EGM8</b>	Km11+400- 11+600	Cuña	Estática/sin presión	23.59	65.1324
			Estática/con presión	0	
			Dinámico/sin presión	16.04	
			Dinámico/con presión	0	

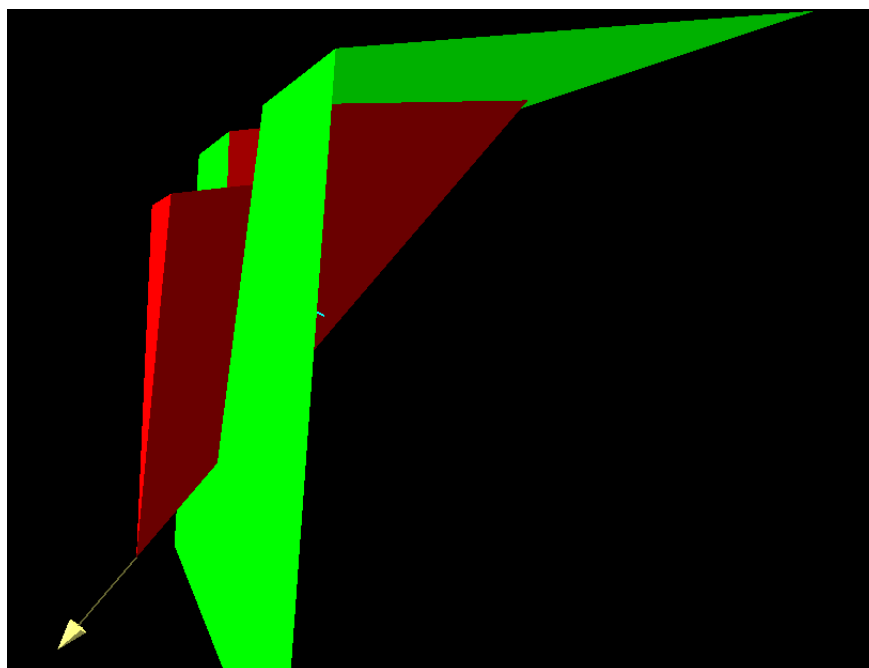
*Tabla N° 81 Análisis de cuña en el talud del km 11+ 400-11+600. Fuente: Software Swedge.*



*Figura N° 25 Modelo de falla por cuña en el talud del km 11+400-11+600. Fuente: Software Swedge.*

ESTACIÓN GEOMECÁNICA	TALUD	FALLA	MODELO	F. S	VOLUMEN (m <sup>3</sup> )
EGM9	Km11+600-11+800	Cuña	Estático/sin presión	20.61	139.708
			Estático/con presión	0	
			Dinámico/sin presión	13.73	
			Dinámico/con presión	0	

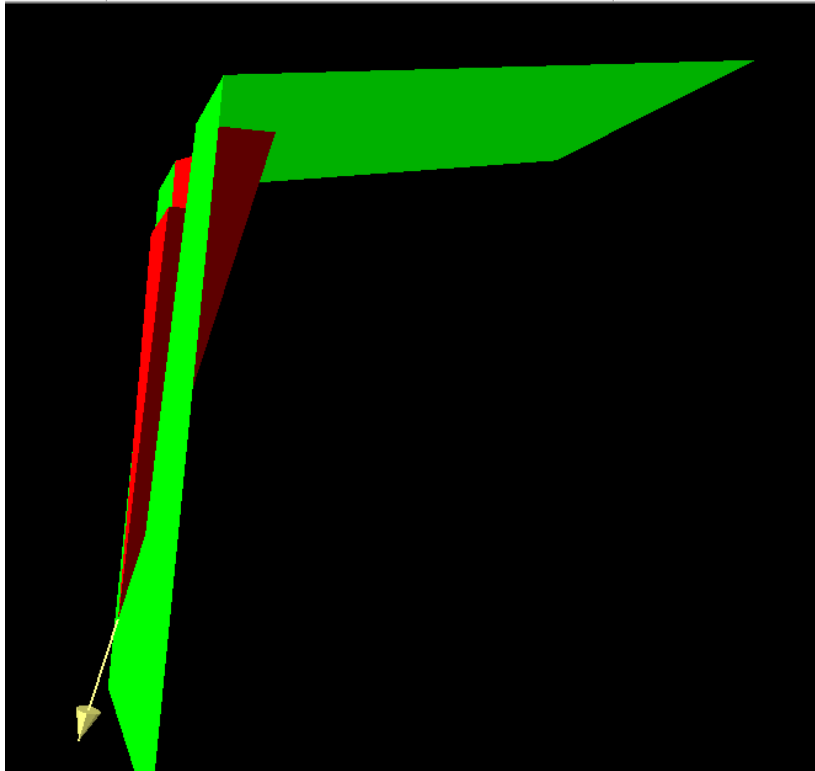
*Tabla N° 82 Análisis de cuña en el talud del km 11+ 600-11+800. Fuente: Software Swedge.*



*Figura N° 26 Modelo de falla por cuña en el talud del km 11+600-11+800. Fuente: Software Swedge.*

ESTACIÓN GEOMECÁNICA	TALUD	FALLA	MODELO	F. S	VOLUMEN (m <sup>3</sup> )
<b>EGM10</b>	Km11+800- 11+1000	Cuña	Estática/sin presión	32.36	41.7772
			Estática/con presión	0	
			Dinámico/sin presión	22.01	
			Dinámico/con presión	0	

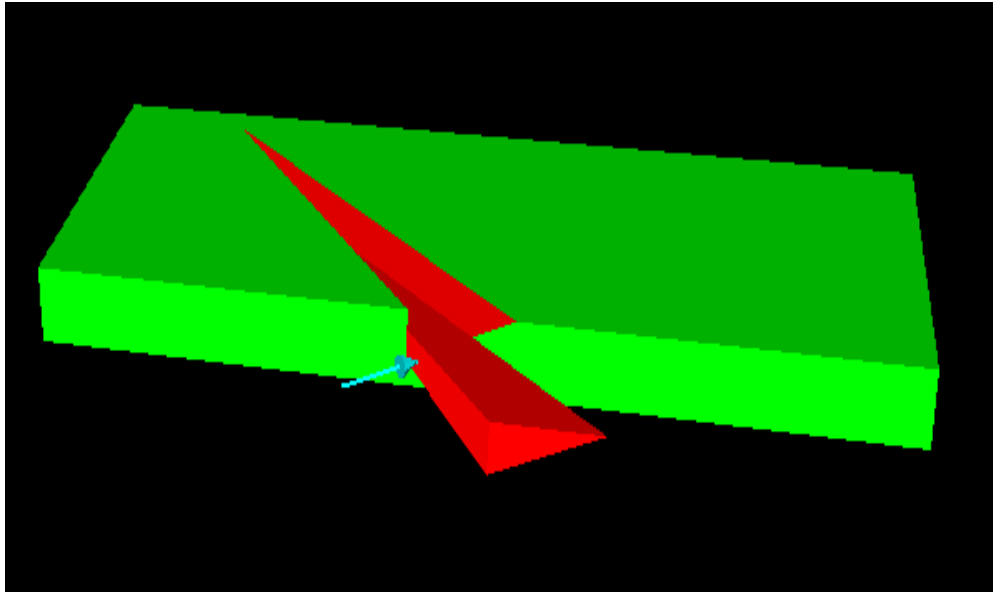
*Tabla N° 83 Análisis de cuña en el talud del km 11+ 800-11+1000. Fuente: Software Swedge.*



*Figura N° 27 Modelo de falla por cuña en el talud del km 11+800-11+1000. Fuente: Software Swedge.*

ESTACIÓN GEOMECÁNICA	TALUD	FALLA	MODELO	F. S	VOLUMEN (m <sup>3</sup> )
EGM12	Km12+200-12+400	Cuña	Estática/sin presión	50.79	8773.25
			Estática/con presión	43.27	
			Dinámico/sin presión	17.06	
			Dinámico/con presión	14.53	

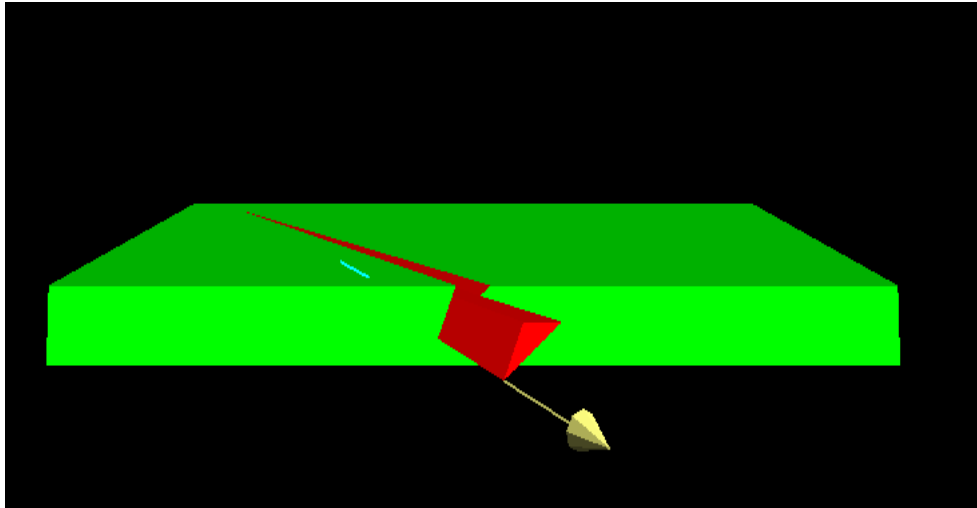
*Tabla N° 84 Análisis de cuña en el talud del km 12+200-12+400. Fuente: Software Swedge.*



*Figura N° 28 Modelo de falla por cuña en el talud del km 12+200-12+400. Fuente: Software Swedge.*

ESTACIÓN GEOMECÁNICA	TALUD	FALLA	MODELO	F. S	VOLUMEN (m <sup>3</sup> )
EGM15	Km12+800- 13+00	Cuña	Estática/sin presión	19.17	5072.9
			Estática/con presión	13.26	
			Dinámico/sin presión	6.198	
			Dinámico/con presión	4.288	

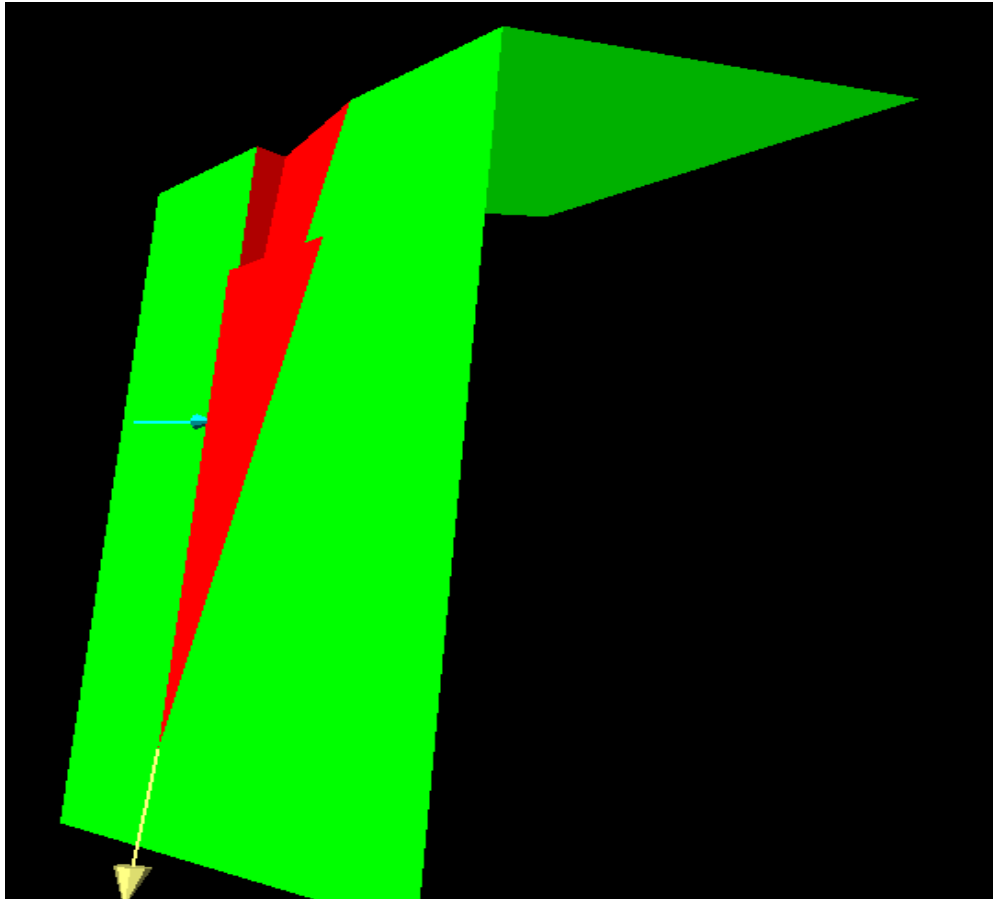
*Tabla N° 85 Análisis de cuña en el talud del km 12+800-13+00. Fuente: Software Swedge.*



*Figura N° 29 Modelo de falla por cuña en el talud del km 12+800-13+00. Fuente: Software Swedge.*

ESTACIÓN GEOMECÁNICA	TALUD	FALLA	MODELO	F. S	VOLUMEN (m <sup>3</sup> )
EGM17	Km13+200- 13+400	Cuña	Estática/sin presión	8.163	14.3608
			Estática/con presión	0	
			Dinámico/sin presión	5.602	
			Dinámico/con presión	0	

*Tabla N° 86 Análisis de cuña en el talud del km 13+200-13+400. Fuente: Software Swedge.*

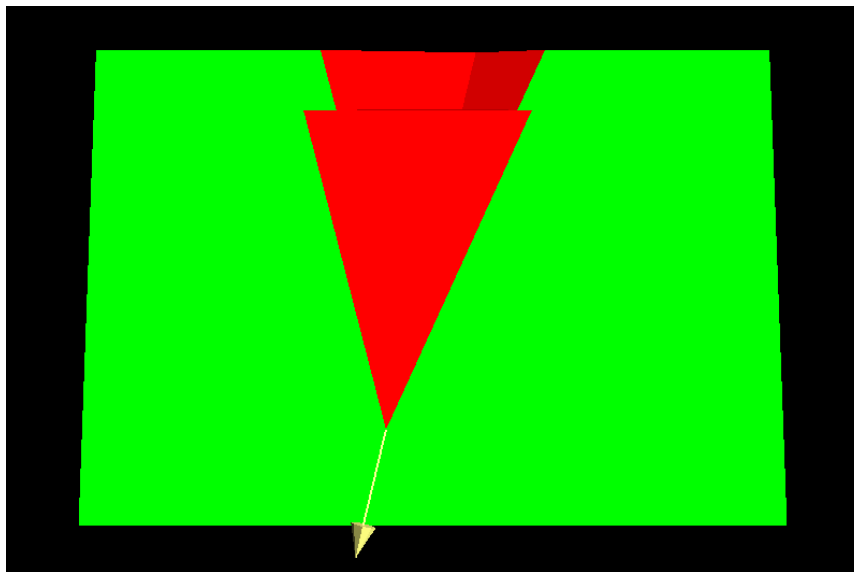


*Figura N° 30 Modelo de falla por cuña en el talud del km 13+200-13+400. Fuente: Software Swedge.*

ESTACIÓN GEOMECÁNICA	TALUD	FALLA	MODELO	F. S	VOLUMEN (m <sup>3</sup> )
EGM19	Km13+600-13+800	Cuña	Estática/sin presión	17.24	61.4493
			Estática/con presión	2.324	
			Dinámico/sin presión	5.877	
			Dinámico/con presión	1.295	

*Tabla N° 87 Análisis de cuña en el talud del km 13+600-13+800. Fuente: Software Swedge*

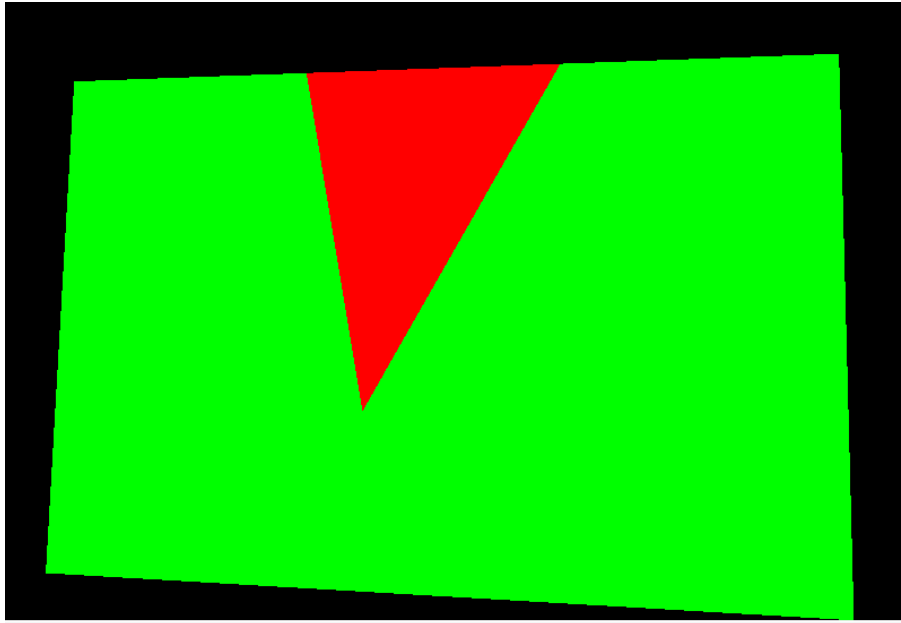




*Figura N° 31 Modelo de falla por cuña en el talud del km 13+600-13+800. Fuente: Software Swedge.*

ESTACIÓN GEOMECÁNICA	TALUD	FALLA	MODELO	F. S	VOLUMEN (m <sup>3</sup> )
EGM21	Km14+00- 14+200	Cuña	Estática/sin presión	3.434	549.495
			Estática/con presión	2.817	
			Dinámico/sin presión	2.046	
			Dinámico/con presión	1.679	

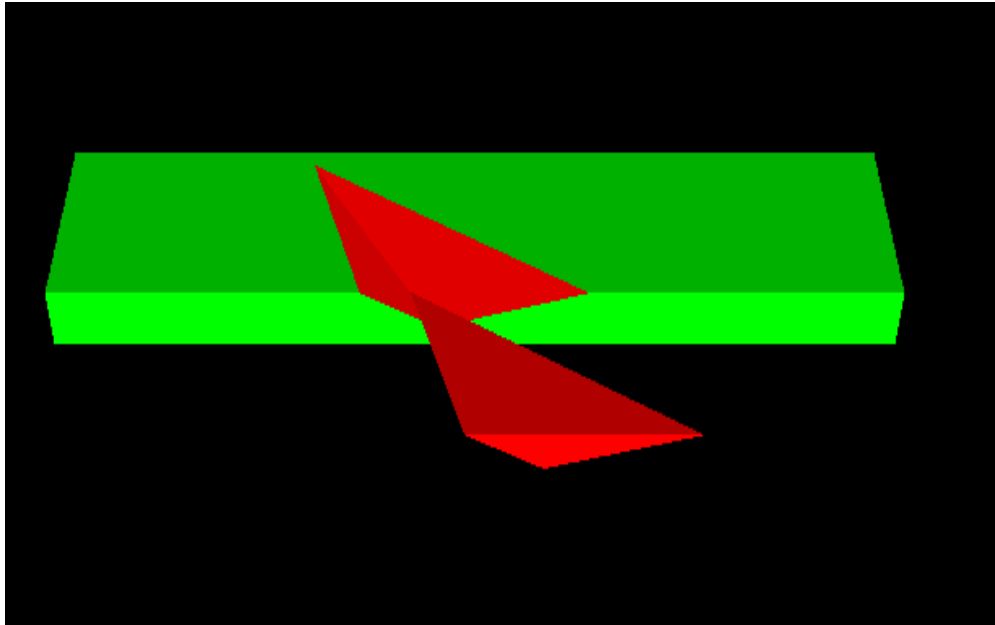
*Tabla N° 88 Análisis de cuña en el talud del km 14+00-14+200. Fuente: Software Swedge*



*Figura N° 32 Modelo de falla por cuña en el talud del km 14+00-14+200. Fuente: Software Swedge.*

ESTACIÓN GEOMECÁNICA	TALUD	FALLA	MODELO	F. S	VOLUMEN (m <sup>3</sup> )
EGM23	Km14+800-15+00	Cuña	Estática/sin presión	3.99	8950.12
			Estática/con presión	3.201	
			Dinámico/sin presión	1.54	
			Dinámico/con presión	1.25	

*Tabla N° 89 Análisis de cuña en el talud del km 14+800-15+00. Fuente: Software Swedge*



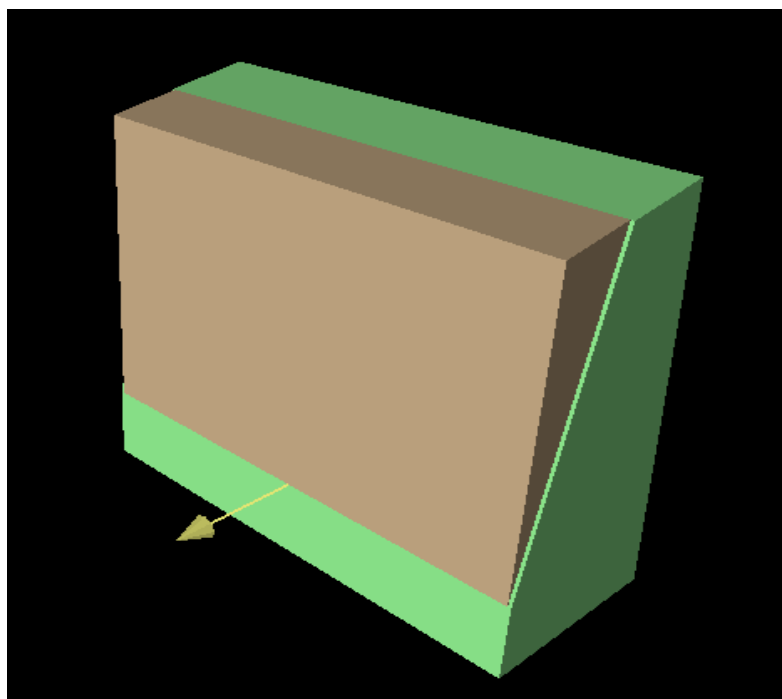
*Figura N° 33 Modelo de falla por cuña en el talud del km 14+800-15+00. Fuente: Software Swedge.*

### 3.7.2. Análisis de las fallas planares en el software RocPlane

Para el análisis de las fallas planares en el software RocPlane, se necesitó los parámetros del criterio de Hoek y Brown, ya obtenidos con anterioridad, así mismo, para el análisis de la presión hidrostática se siguió considerando  $0.8 \text{ ton/m}^3$  y su distribución de está, será en la mitad del talud.

ESTACIÓN GEOMECÁNICA	TALUD	FALLA	MODELO	F. S	VOLUMEN ( $\text{m}^3/\text{M}$ )
EGM11	Km12+00-12+200	planar	Estática/sin presión	3.99	23.2459
			Estática/con presión	0	
			Dinámico/sin presión	0	
			Dinámico/con presión	0	

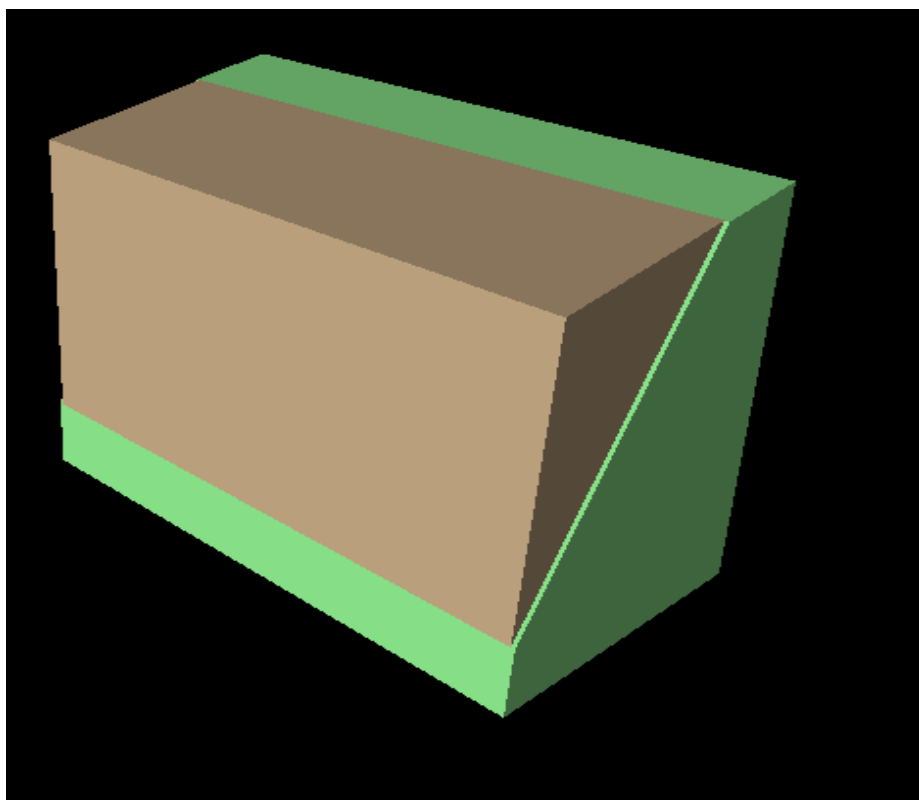
*Tabla N° 90 Análisis de falla planar en el talud del km 12+00-12+200. Fuente: Software RocPlane*



*Figura N° 34 Modelo de falla planar en el talud del km 12+00-12+200. Fuente: Software Swedge.*

ESTACIÓN GEOMECÁNICA	TALUD	FALLA	MODELO	F. S	VOLUMEN (m <sup>3</sup> /M)
<b>EGM18</b>	Km13+400-13+600	planar	Estático/sin presión	1.152	57.3084
			Estático/con presión	1.071	
			Dinámico/sin presión	0.7165	
			Dinámico/con presión	0	

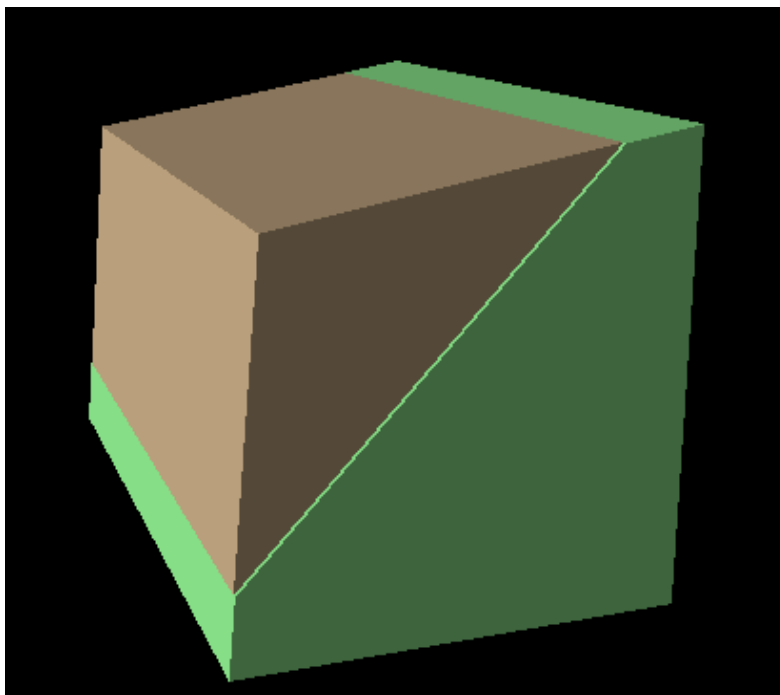
*Tabla N° 91 Análisis de falla planar en el talud del km 13+400-13+600. Fuente: Software RocPlane*



*Figura N° 35 Modelo de falla planar en el talud del km 13+400-13+600. Fuente: Software Swedge.*

<b>ESTACIÓN GEOMECÁNICA</b>	<b>TALUD</b>	<b>FALLA</b>	<b>MODELO</b>	<b>F. S</b>	<b>VOLUMEN (m<sup>3</sup>/M)</b>
<b>EGM20</b>	Km13+800- 14+00	planar	Estático/sin presión	1.208	117.236
			estático/con presión	1.145	
			Dinámico/sin presión	0.6631	
			Dinámico/con presión	0.6186	

*Tabla N° 92 Análisis de falla planar en el talud del km 13+800-14+00. Fuente: Software RocPlane*



*Figura N° 36 Modelo de falla planar en el talud del km 13+800-14+00. Fuente: Software Swedge.*

### **3.7.3. alternativas de solución a fallas de los taludes**

A partir del cálculo de los factores de seguridad de las fallas por cuña correspondientes a los taludes de las estaciones geomecánicas 2,3,4,5,6,7,8,9,10,12,15,17,19,21 y 23, se analizó, que estos son estables en condiciones estáticas y dinámicas sin presión, siendo el principal detonante para generar la inestabilidad el agua, es por esto que se debe proponer medidas de solución que ayuden a la estabilización, se puede cubrir los taludes con una capa de vegetación que ayuden a que el agua de lluvia no se infiltre directamente en la roca, generando así que estas no se saturen y se dé la inestabilidad, es así que de acuerdo a la norma C.E 020, Se propone el tipo de vegetación de forma general, el cual debe ser complementado con un estudio posterior, en el cual se debe tener en cuenta el macizo rocoso a fin de que la cubierta vegetal sea plantada en su totalidad, otras formas de estabilizar el talud son las siguientes: Para impedir que el agua se introduzca en el relleno, en la etapa de proyecto y/o construcción, debe realizarse lo siguiente: localizar los lugares de donde proviene el agua, con la finalidad de tomar las medidas pertinentes para evitar que el material se sature, desviar el agua alejándola del relleno, en lo posible con zanjas de coronación, que evacuen el agua hacia los lados del talud sin causar erosión, colocar drenes

interceptores de posibles filtraciones subterráneas, que no aumenten los empujes no previstos en la etapa de diseño.

<b>Tipo</b>	<b>Ventajas</b>	<b>Desventajas</b>
Pastos	Versátiles y baratos; variedades para escoger con diferentes tolerancias; fácil de establecer; buena densidad de cobertura.	Raíces poco profundas y se requiere mantenimiento permanente.
Juncos	Creced rápidamente y son fáciles de establecer.	Difíciles de obtener y el sistema de plantación no es sencillo.
Hierbas	Raíz relativamente profunda.	Algunas veces son difíciles de establecer y no se consiguen raíces.
Arbustos	Variedades para escoger. Existen especies que se reproducen por estaca. Raíz profunda buena cobertura, bajo mantenimiento.	Algunas veces son difíciles de establecer.
Árboles	Raíces profundas, no requieren mantenimiento,	Es demorado su establecimiento y generalmente son más costosos.
Gel germinador de plantas	Fácil aplicación. Forestación iniciada con semillas según tipo a emplear.	Costo inicial elevado. Requiere de mantenimiento periódico.

**Tabla N° 93** *Tabla de vegetación para estabilización de taludes. Fuente: Norma C.E 020 "Suelos y taludes".*

Para los taludes correspondientes a las estaciones geomecánicas 11,18 y 22 en donde hay fallas planares, se puede apreciar que para los 4 modelos de análisis los factores de seguridad están por debajo del estándar ya establecido, por lo que el método de estabilización escogido será el de pernos de anclaje.

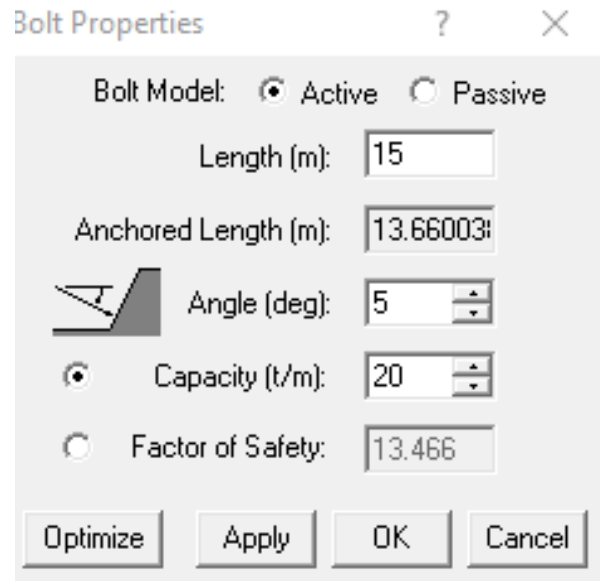
**EGM 11: 12+00-12+200**

Para esta estación se empleó un perno de anclaje de las siguientes características:

Fuerza resultante activa= 20 t/m

Ángulo de colocación = 5 °

longitud= 15 m



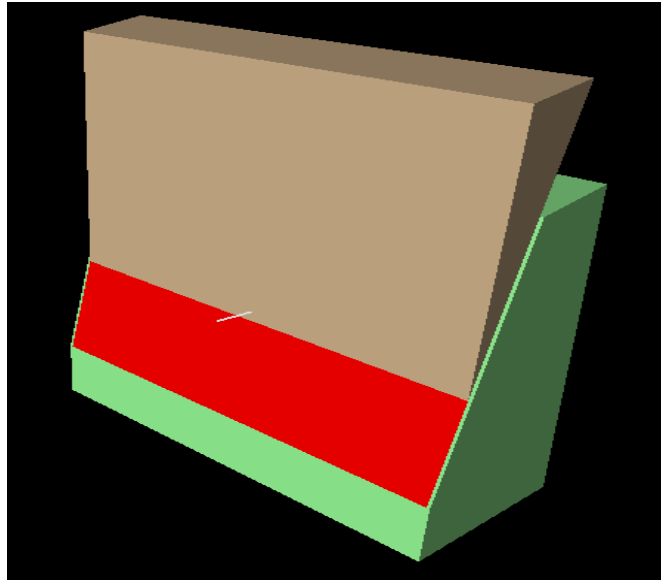
**Figura N° 37 Especificaciones del perno de anclaje. Fuente: Software RocPlane.**

Al aplicar este perno de anclaje, se obtiene factores de seguridad por encima de lo establecido, considerándose así estable.

ESTACIÓN GEOMECÁNICA	TALUD	FALLA	MODELO	F. S	MODEL O	F.S (CORREGIDO)	VOLUME N (m <sup>3</sup> /M)
EGM11	Km12+00 -12+200	plana r	Estática/sin presión	3.9 9	E/S	17.08	23.2459
			Estática/con presión	0	E/C	16.37	
			Dinámico/sin presión	0	D/S	14.09	
			Dinámico/co n presión	0	D/C	13.47	

**Tabla N° 94 Factores de seguridad corregidos. Fuente: Elaboración propia.**





*Figura N° 38 Vista de la aplicación del perno de anclaje. Fuente: Software RocPlane.*

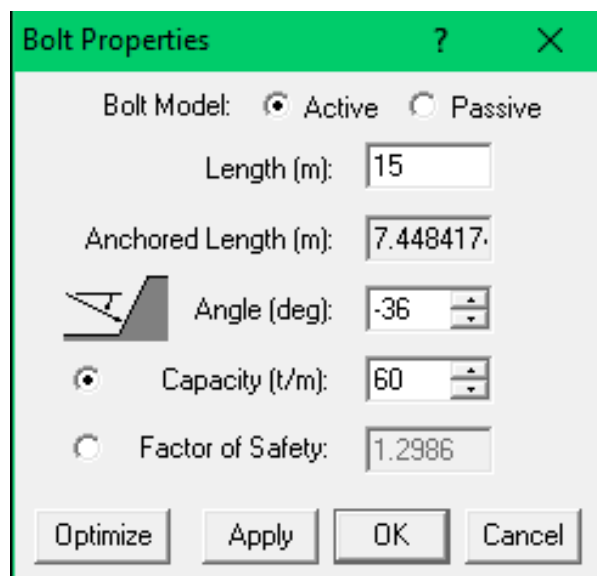
**EGM 18: KM13+400-13+600**

Para esta estación se empleó un perno de anclaje de las siguientes características:

Fuerza resultante activa= 60 t/m

Ángulo de colocación =  $-36^\circ$

longitud= 15 m



*Figura N° 39 Especificaciones del perno de anclaje. Fuente: Software RocPlane.*

ESTACIÓN GEOMECÁNICA A	TALUD	FALLA	MODELO	F. S	MODEL O	F.S (CORREGIDO )	VOLUMEN (m <sup>3</sup> /M)
EGM18	Km12+00 -12+200	plana r	Estática/sin presión	1.152	E/S	2.669	57.308 4
			Estática/con presión	1.071	E/C	2.5001	
			Dinámico/sin presión	0.716 5	D/S	1.409	
			Dinámico/co n presión	0	D/C	1.299	

**Tabla N° 95 Factores de seguridad corregidos. Fuente: Elaboración propia.**

Al aplicar este perno de anclaje, se obtiene factores de seguridad por encima de lo establecido, considerándose así estable.



**Figura N° 40 Vista de la aplicación del perno de anclaje. Fuente: Software RocPlane.**

**EGM 22: KM 14+600-14+800**

Para esta estación se empleó dos pernos de anclaje de las siguientes características:

Fuerza resultante activa= 80 t/m

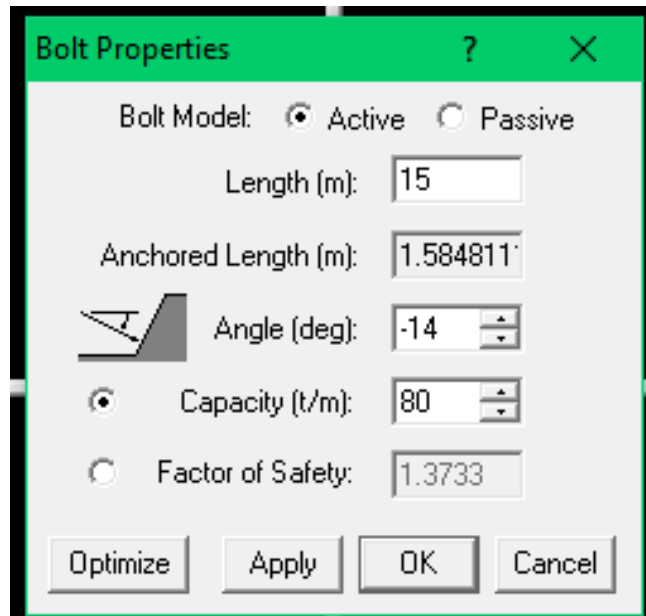
Fuerza resultante activa= 50 t/m

Ángulo de colocación = -14 °

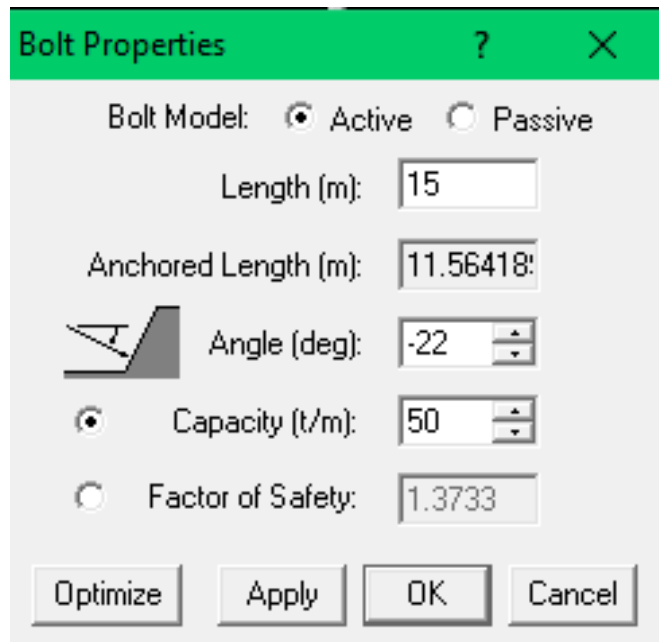
Ángulo de colocación = -22 °

longitud= 15 m

longitud= 15 m



*Figura N° 41 Vista de la aplicación del perno de anclaje. Fuente: Software RocPlane.*

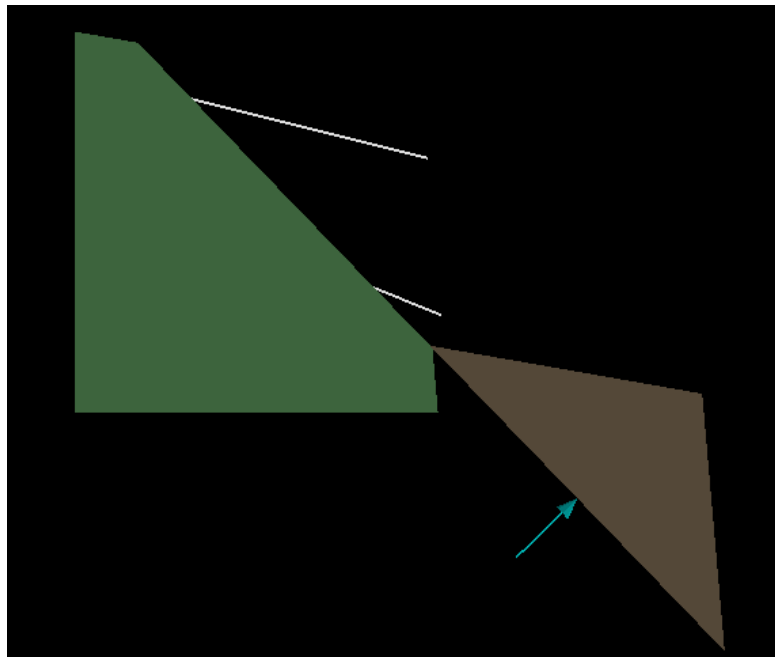


*Figura N° 42 Vista de la aplicación del perno de anclaje. Fuente: Software RocPlane.*

ESTACIÓN GEOMECÁNICA A	TALUD	FALLA	MODELO	F. S	MODEL O	F.S (CORREGIDO )	VOLUMEN (m <sup>3</sup> /M)
EGM20	Km12+00 -12+200	plana r	Estática/sin presión	1.208	E/S	3.93	117.23 6
			Estática/con presión	1.145	E/C	3.752	
			Dinámico/sin presión	0.663 1	D/S	1.454	
			Dinámico/co n presión	0.618 6	D/C	1.373	

**Tabla N° 96 Factores de seguridad corregidos. Fuente: Elaboración propia.**

Al aplicar este perno de anclaje, se obtiene factores de seguridad por encima de lo establecido, considerándose así estable.



**Tabla N° 97 Vista de la aplicación del perno de anclaje. Fuente: Software RocPlane.**

<b>Código</b>	<b>Unidad</b>	<b>Descripción</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio unitario</b>	<b>Precio parcial</b>
<b>1</b>		<b>MATERIALES</b>			
Pernos de anclaje y accesorios	1	.	4	4500	18000
			<b>Subtotal materiales de</b>		<b>18000</b>
<b>2</b>		<b>MANO DE OBRA</b>			
Ingeniero	1	8 horas/día	60	480 diarios	9600 mensual
Operario de construcción.	3	8 horas/día	30	150 diarios	3000 mensual
Peón de construcción.	8	8 horas/día	15	75 diarios	1500 mensual
			<b>Subtotal mano de obra:</b>		<b>14100</b>
<b>3</b>		<b>HERRAMIENTAS</b>			
	%	Herramientas	<b>7000</b>		
<b>Costos directos (1+2+3+4):</b>					<b>39100</b>

# **IV. DISCUSIONES**

#### **4.1 Toma de datos con respecto al acimut y buzamiento de las discontinuidades**

Con respecto a la toma de datos de orientaciones de discontinuidades, los taludes buzan en dirección N W (norte oeste), estos datos fueron útiles para determinar qué tipos de fallas hay presentes en estos taludes, encontrándose, 3 fallas planares, 17 fallas por cuña y 5 zonas en donde no hay fallamiento, considerándose estables. Esta metodología es ampliamente utilizada para este tipo de estudios, como resultado de esto, se encontró diversos estudios técnicos y tesis que emplean este estudio geomecánico, tales como la tesis presentada por el Ingeniero especialista en ingeniería geológica Suyón Suclupe Serguis Alexander, titulada “estudio geomecánico con fines de estabilidad de taludes, CA. Los Navíos – Complejo Náutico “Poseidón”, Pucusana – Lima, en la cual partiendo de su resumen nos menciona la metodología que va a emplear, partiendo desde la toma de datos estructurales en campo realizadas por estación geomecánica, en la cual se establecieron mediciones con brújula, sobre la dirección de buzamiento, para su posterior análisis, también se encontró la tesis de maestría presentada por el Ing. Dante Ulises Morales Cabrera, titulada “Análisis y diseño de taludes mediante métodos computacionales”, en la cual también se apreció que la metodología empleada es la misma de la cual se viene haciendo mención.

Hay un punto importante el cual debe ser resaltado, si bien se está discutiendo la metodología empleada, la cual como se aprecia es ampliamente usada, sin embargo, los datos que se obtienen en cada investigación o estudio técnico, son distintos dependiendo del macizo rocoso.

#### **4.2 Clasificación geomecánica del macizo rocoso.**

Con respecto al segundo objetivo, el cual consiste en clasificar por medio de la geomecánica el macizo rocoso, se empleó la clasificación geomecánica del RMR, la cual fue propuesta por el ingeniero Richard Bieniawski Von Preinl en 1973 y fue modificada sucesivamente en 1976, 1979, 1984 y 1989, siendo esta la versión definitiva y con la cual se trabaja actualmente, como ya es de entendimiento esta teoría es aceptada a nivel mundial, consiste en la evaluación de parámetros como: el RCU, RQD (%), espaciamiento entre discontinuidades, persistencia, abertura, rugosidad, relleno, descomposición, presencia de agua y una corrección por orientación de discontinuidades, al resultado de cada uno de

estos parámetros se le asigna un valor el cual ya está establecido teniendo en cuenta las tablas del RMR, luego se realiza la sumatoria de estos valores y se obtiene el índice numérico del RMR, el cual según el valor obtenido puede ser clasificada de 5 formas, de: 100-81, es roca de clase 1 y de calidad “muy buena”, de 80-61, es roca de clase 2 y de calidad “buena”, de 60-41, es roca de clase 3 y de calidad “regular”, de 40-21, es roca de clase 4 y de calidad pobre y de  $\leq 20$  es considerada roca de clase 5 y de calidad muy pobre, al analizar los taludes por medio de esta clasificación, se realizó mediante 23 estaciones geomecánicas, zonificadas según el tipo de roca, Zona 1: Lutita metamorfizada, estaciones de la 1 a la 7, Zona: Diorita alterada, estaciones de la 8 a la 13 y la Zona 3: Lutita metamorfizada, estaciones de la 14 a la 23, encontrándose en la Zona 1, un valor promedio de RMR de 35, lo cual nos indica que en esta zona la calidad del macizo rocoso es pobre y es propensa a deslizamientos o caída de roca, en la Zona 2, se obtuvo un valor promedio de RMR de 67, el cual nos indica que la calidad de la roca es buena y en la Zona 3, se obtuvo un RMR de 38, a lo cual le corresponde una calidad pobre.

Si bien es cierto, cada clasificación geomecánica nos va a arrojar distintos resultados, dependiendo de las características presentes en el macizo rocoso, y como se puede apreciar, los resultados pueden ir desde roca muy pobre a regular o muy buena, la metodología ya se encuentra establecida desde 1989 y es muy empleada para este tipo de estudio, como se nota en el informe técnico N° A6456, presentado por los especialistas Sandra Villacorta, Manuel Vilchez, Segundo Nuñez y Lionel Fidel en mayo del 2011 al INGEMMET (instituto, geológico minero y metalúrgico) , titulado “Estudio Geológico – Geotécnico y de susceptibilidad a los movimientos en masa en el sector Virgen de Fátima, San Juan de Lurigancho – Lima”, en el cual aplicaron el RMR para realizar una clasificación y zonificación geomecánica de las zonas de estudio, obteniéndose resultados de roca muy pobre (R5), roca pobre (R4), roca regular (R3) y roca buena (R4).

#### **4.3 Comportamiento del tipo de roca que hay en los taludes.**

Los métodos y los pasos a seguir ya se encuentran establecidos a nivel mundial por la American Society of Testing Materials (ASTM), en este caso se desarrollaron ensayos de carga puntual, el cual se encuentra en la norma ASTM 2938, en esta norma se encuentran los procedimientos de acuerdo a la forma de la muestra, en este caso se emplearon muestras cilíndricas de roca, ya que la precisión en los ensayos será mayor, adicional a esto se desarrollaron ensayos de propiedades físicas de las rocas, según la norma ASTM 2166,



el cual sirvió para obtener resultados con respecto al peso natural de la muestra, volumen de la muestra, densidad total de la muestra, datos que son de vital importancia para conocer el comportamiento de la roca y posteriormente realizar el diseño de los taludes, teniendo en cuenta estos valores, así mismo por medio del software Rocdata, se procedió a calcular los criterios de rotura de Hoek y Brown y de Mohr -Coulomb, arrojándonos resultados, los cuales se encuentran respaldados en teorías ya previamente establecidas por estos autores. se encontró tesis que emplean estos ensayos, según la normativa ASTM, como la del ingeniero de minas Fredy Alonso Valeriano Nina, titulada “Caracterización geotécnica y modos de falla estructural en el talud en roca del Cerro Espinal Juliaca”, en la cual emplearon ensayos de propiedades físicas, ensayo de carga puntual y ensayo de compresión triaxial.

#### **4.4 Alternativas de solución a las fallas de los taludes**

Se analizó las distintas fallas de los taludes encontrados en el software Dips, empleando el software Swedge para analizar las fallas por cuña y software RocPlane para analizar las fallas planares, con el fin de obtener su factor de seguridad, se debe resaltar que para esto se tuvo en cuenta la norma C.E. 0.20, la cual nos indica que para un talud en condiciones sísmicas el factor de seguridad debe ser 1.25, analizando las fallas mediante dos modelos Dinámico/sin presión, teniendo en cuenta el factor sísmico, para esto se estableció un factor de seguridad mínimo de 1.5 y para modelo de dinámico/con presión, un factor de seguridad 1.25, obteniéndose que en las zonas con RMR pobre y cohesión baja, al igual que su ángulo de cohesión, los taludes presentan tendencia a la inestabilidad con la presencia de agua, posteriormente con estos taludes inestables, se procedió en base a su ángulo de fricción a modificar su geometría, hasta un ángulo en el que sea estable y si esto no es así se procede a tomar medidas de solución, como lo son los pernos de anclaje, los cuales fueron aplicados teniendo en cuenta el factor de seguridad y las características de este. El trabajo de investigación “Análisis y determinación de la amenaza de la inestabilidad de los taludes, generado por su saturación y desembalse, en el proyecto de regulación del Rio Tona- Embalse de Bucaramanga”, presentado por los autores Oscar Leonel Prada Chávez y Efraín Andrés Serrano Plata, en los cuales analizan los taludes, teniendo en cuenta la presión hidrostática y el factor sísmico, analizándolos por medio del software Swedge y Rocplane.



**V.**

# **CONCLUSIONES**

- A partir de la ubicación de la zona de estudio, se concluyó que es una zona con abundante presencia de lluvias y altas temperaturas, lo que ocasiona que las rocas se meteoricen y por ende genere inestabilidad en los taludes.
- Se concluye que, a través de la toma de datos y análisis de las discontinuidades, se llegaron a encontrar tres tipos de fallas o roturas presentes a lo largo de 5 km, se encontró: 2 fallas planares, 17 fallas por cuña y 4 estaciones geomecánicas en donde no hay fallamiento o expresando en porcentajes los resultados se dan de la siguiente manera: falla planar en un 8.6%, por cuñas en un 74.4% y sin fallamiento un 17.34%.
- A partir de la investigación se concluyó que la zona objeto de estudio posee una abundante presencia de discontinuidades en sus caras libres, esto tiene su origen en la construcción de la carretera, en donde se hizo perforación y voladura y se dejaron los taludes o sus caras libres expuestas, sin ningún tratamiento o diseño de estos taludes a posteriori, la cual es una de las causas de los deslizamientos y caídas de rocas en la zona,
- Con respecto al RMR se concluyó que los tipos de roca presentes en los taludes tienden de roca buena y pobre, la roca buena se encuentra en su totalidad en la Zona 2, en donde se obtuvo un valor de RMR de 67 y el tipo de roca es una Diorita alterada, y la roca pobre se encuentra presente en las Zona 1 con un valor de RMR de 35 y en la Zona 3, con un valor de RMR de 38, correspondiente a Lutita metamorfizada y Roca esquistosa.
- Del análisis de la estabilidad de taludes se concluyó que los taludes correspondientes a la zona 1 y 3 son inestables teniendo factores de seguridad por debajo del estándar, mientras que los taludes de la zona 2 conformados por granito son estables.
- Del diseño de taludes se concluyó, que, si se tiene en cuenta los ángulos de fricción y la cohesión para la zona 1 y 2, estos van a ser fundamentales en el diseño de taludes, ya que te marcan el punto máximo de inclinación del talud, obteniendo así taludes modificados con ángulos de 26 y 28 grados, respectivamente, considerados estables.
- A partir de los ensayos realizados en laboratorio, se concluyó, que la roca posee valores bajos en lo que respecta a la resistencia a la compresión simple, obteniendo valores de  $731 \text{ kg/cm}^2$  en lo que respecta a la Diorita alterada,  $327$  y  $221 \text{ kg/cm}^2$ ,

para el Esquisto metamorfizado y para la Lutita metamorfizada respectivamente, por lo que riesgo de deslizamiento de taludes es de medio a alto.

- Del análisis de cuñas y fallas planares se concluyó que el agua es un factor determinante en su estabilidad, en condiciones dinámicas y sin presión del agua, los taludes poseen un buen factor de seguridad, en condiciones dinámicas y con presión del agua, los taludes poseen factores de seguridad muy bajos, inclusive llegando a 0

# **VI.**

# **RECOMENDACIONES**

- Se realizó un estudio geomecánico para un tramo de la carretera, el cual nos indicó que los taludes eran inestables, por lo cual se recomienda realizar un reconocimiento geológico y geomecánica a los km restantes de la carretera, el cual ayude a la prevención de estos fenómenos.
- Para minimizar la caída de rocas, deslizamientos, corrimientos, se recomienda tener en cuenta factores ambientales como el agua y la temperatura en relación con el tipo de roca presente en la zona y el factor sísmico.
- Es preponderante conocer la opinión de los moradores que habitan cerca de los taludes analizados, ya que estos pueden aportar comentarios y observaciones importantes que el diseñador, por lo general no tiene en cuenta por múltiples motivos.
- Se recomienda cubrir de una cobertura vegetal los taludes, teniendo en cuenta las condiciones físicas y mecánicas del terreno para que estas no se vean afectadas, y brinde a la población un ambiente de calidad y la confiabilidad, la cual es esencial para la habitabilidad del lugar. Es de vital importancia señalar que esto debe ejecutarse por personas expertas en la materia, con el fin de evitar que los pobladores lo hagan por sus propios medios y se ponga en peligro la estabilidad de los taludes. Asimismo, se recomienda una supervisión continua de esta cubierta vegetal.

# **VII.**

# **REFERENCIAS**



ALVARADO SALAZAR, ALAN Y CORNEJO GUARDIA, ALFONSO. 2014. Estabilización de taludes en La Costa Verde – Callao tramo. av. Santa Rosa – Jr. Virú. (1.3 km). Perú. Universidad de San Martín de Porres, 2014.

url: <http://www.repositorioacademico.usmp.edu.pe/handle/usmp/1047>

ANGAMARCA ANGAMARCA, FREDDY. 2010. Modelación numérica de estabilidad de taludes controlados por la presencia de niveles de despegue de alta plasticidad y permeabilidad. Ecuador Universidad técnica particular de Loja, 2010.

url: <http://dspace.utpl.edu.ec/handle/123456789/2235>

BHAGABAN MARNDI. 2011. Stability of slopes in iron ore mines. Rourkela. National Institute Of Technology, 2011.

url: <http://ethesis.nitrkl.ac.in/2608/1/107MN018.pdf>

BLANCO FERNÁNDEZ, ELENA. 2001. Sistemas flexibles de alta resistencia para la estabilización de taludes. revisión de los métodos de diseño existentes y propuesta de una nueva metodología de dimensionamiento. España. Universidad de Cantabria, 2001.

url: <http://www.tdx.cat/handle/10803/78046?show=full&locale-attribute=es>

BORIS BENKO. 1997. Numerical modelling of complex slope deformations. Canadá. University of Saskatchewan, 1997.

Url: <http://www.collectionscanada.gc.ca/obj/s4/f2/dsk3/ftp04/nq24004.pdf>

COLIENTE TLAXCALTECA ALFREDO. 2010. Inestabilidad en laderas y taludes. México. Universidad Nacional Autónoma de México, 2010.

url: <https://www.google.com.pe/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&cad=rja&uact=8&ved=0ahUKEwi9nNTlssbXAhWDOSYKHZ1rDMsQFgglMAA&url=http%3A%2F%2Fwww.ptolomeo.unam.mx%3A8080%2Fxmlui%2Fbitstream%2Fhandle%2F132.248.52.100%2F3903%2Fcolientetlaxcalteca.pdf%3Fsequence%3D1&usg=AOvVaw1aK9rkzxcjmjWCQ4qDOoW>

COPELLO MUÑANTE, VICTOR. 2015. Propuesta de remediación del talud de la Costa Verde, (tramo Barranco) mediante la técnica de hidrosiembra. Perú. Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, 2015.

url: <http://repositorioacademico.upc.edu.pe/upc/handle/10757/550177>

DÍAZ VENERO, JAVIER. 2008. Estabilización del talud de la costa verde en la zona del distrito de magdalena. Lima. Pontificia Universidad Católica del Perú, 2008.

url: <http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/123456789/7119>

GARZÓN IRAL, JUAN; VALENCIA PALACIO, ESTEFAN Y MUÑOZ COSSIO, JESUS. 2012. Evaluación de la vulnerabilidad y consecuencias por deslizamiento en la conexión vial Aburrá - Río Cauca entre las abscisas KM 04+000 Y KM 39+000". Medellín. Universidad de Medellín, 2012.

url: <http://repository.udem.edu.co/handle/11407/254>

GONZÁLES DE VALLEJO, LUIS. 2002. Ingeniería Geológica. Madrid. Pearson Educación, 2002.

GONZÁLES DE VALLEJO, LUIS. 2004. Ingeniería Geológica. España. Ministerio de energía, 2004.

url: [http://info.igme.es/SidPDF%5C067000%5C080%5C67080\\_0001.pdf](http://info.igme.es/SidPDF%5C067000%5C080%5C67080_0001.pdf)

GUILLÉN MARTINEZ, CARLOS. 2004. En su tesis: Estabilidad DE Taludes en los Departamentos De Guatemala y Alta Verapaz, Casos Reales. Guatemala. Universidad De San Carlos De Guatemala, 2004.

url: [http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08\\_2408\\_C.pdf](http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_2408_C.pdf)

IBÉRICO RODRÍGUEZ, RODOLFO. 2015. En su tesis Estabilización y recuperación de taludes en carreteras, caso "iirsa norte tramo n.º 1 km 45+690 – km 45+830. Perú. Universidad Ricardo Palma, 2015.

url: [http://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/URPU\\_337c823230ec1e937dbe8ed89518f61f](http://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/URPU_337c823230ec1e937dbe8ed89518f61f)

JIMÉNEZ PERALVAREZ, JORGE. 2012. En su tesis “Movimientos de ladera en la vertiente meridional de Sierra Nevada (Granada, España): identificación, análisis y cartografía de susceptibilidad y peligrosidad mediante sig” España. Universidad de Granada, 2012.

url: <http://digibug.ugr.es/handle/10481/23770#.WdFnKmiCzIU>

LI AN – JUI. 2009. Two and three dimensional stability analyses for soil and rock slopes. Australia. The University of Western Australia, 2009.

MORALES CABRERA, DANTE. 2000. Análisis y Diseño de Taludes Mediante Métodos Computacionales. Lima. Universidad Nacional de Ingeniería, 2000.

Url: <http://cybertesis.uni.edu.pe/handle/uni/1595>

MEDINA RENGIFO, JUVENAL. 2002. Fenómenos Geodinámicos. Estudio y Medidas de Tratamiento. Lima. Tecnología intermedia ITDG, 2002.

MEDINA POMAREDA, MARÍN. 2014. Estudio geomecánico de estabilidad de taludes del tajo chapi sulfuros”. Arequipa. Universidad Nacional de San Agustín, 2014.

url:<http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/UNSA/40>

MOHAMED MOHIELDIN, FADLELMULA. 2007. Probabilistic modeling of failure in rock slopes. Middle east Technical University, 2007.

url:<http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.633.1450&rep=rep1&type=pdf>

MONTOYA TOROVERERO, FRANKLIN. 2014. Evaluación geotécnica de los taludes de la carretera Cruz Blanca- El Gavilán. Perú. Universidad Nacional de Cajamarca, 2004.

Url: <http://repositorio.unc.edu.pe/handle/UNC/118>

NERMEEN ALBATAINEH. 2006. Slope stability analysis using 2d and 3d methods. United states. The University of Akron, 2006.

url: [https://etd.ohiolink.edu/rws\\_etd/document/get/akron1153719372/inline](https://etd.ohiolink.edu/rws_etd/document/get/akron1153719372/inline)

PACHECO ZAPATA, ARTURO. 2006. Estabilización del talud de la costa verde en la zona del distrito de san isidro. Lima. Pontificia Universidad Católica del Perú, 2006.

url: <http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/123456789/969>

POVEDA ORDUÑA, JHON Y VARGAS ALDAÑA, GUILLERMO. 2006. En su tesis Estabilización del talud en el pr 55 + 950 de la vía Manizales – Mariquita. Bogotá. Universidad de la Salle, 2006.

url:<http://repository.lasalle.edu.co/bitstream/handle/10185/15339/T40.08%20P869e.pdf?sequence=1>

RAMÍREZ OYANGUREN, PEDRO & ALEJANO MONGE. 2007. *Mecánica de rocas: fundamentos e ingeniería de taludes*. Madrid. Red DESIR, 2007.

url: <http://oa.upm.es/14183/>

REVELO BURGOS, VICENTE. 2008. En su tesis Modelo para la estabilización de taludes en las carreteras del subtrópico del noroccidente del Ecuador a fin de evitar accidentes de tránsito y disminuir los costos de operación vehicular. Ecuador. Universidad Técnica de Ambato, 2008.

url: <http://repositorio.uta.edu.ec/handle/123456789/2714>

ROMERO CHOJOLAN, MARCO. 2011. En su tesis Propuesta Metodológica para la Evaluación de Estabilización de Taludes y Terraplenes en Proyectos de Carreteras. Guatemala. Universidad de San Carlos de Guatemala, 2011.

url: <http://www.repositorio.usac.edu.gt/5020/>

SACKSCHEWSKI CHAPMAN, CARLOS. 2017. En su tesis Soluciones para la estabilidad de taludes de la carretera Canta –Huayllay entre las progresivas del km 102 al km 110. Lima. Universidad Nacional Mayor de san Marcos, 2017.

url: <http://cybertesis.unmsm.edu.pe/handle/cybertesis/5743>

SVETLANA MELENTIJEVIC. 2005. Estabilidad de taludes en macizos rocosos con criterios de rotura no lineales y leyes de fluencia no asociada. España. Universidad Politécnica de Madrid, 2005.

url: <http://oa.upm.es/722/>

TORO IRURETA, JAWER. 2014. En su tesis Evaluación de la inestabilidad de taludes en la carretera Las Pirias - cruce Lambayeque, San Ignacio. Perú. Universidad Nacional de Cajamarca, 2014.

url: <http://repositorio.unc.edu.pe/handle/UNC/476>

VALERIANO NINA, FREDY. 2016. Métodos para el análisis de estabilidad de taludes en roca y su interacción en el Cerro Espinal Juliaca. Puno. Universidad Nacional del Altiplano, 2016.

url: <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/2968>

# **VIII. ANEXOS**

**ANEXO N°1**  
**RECOPIACION**  
**DE DATOS DE**  
**ACIMUT Y**  
**BUZAMIENTO**

**EGM1: KM 10+00 - 10+200**

*Anexo 1 Tabla de las orientaciones de las discontinuidades correspondientes al talud del km 10 + 00 - 10 + 200. Fuente: Elaboración propia*

D	Direc. Buzamiento	Buzamiento	D	Direc. Buzamiento	Buzamiento
J	250	14	J	318	24
J	248	40	J	350	25
J	248	35	J	290	47
J	170	72	J	355	84
J	264	48	J	355	84
J	16	45	J	353	84
J	70	67	J	5	90
J	320	78	J	170	89
J	18	82	J	170	89
J	340	70	J	126	89
J	230	89	J	250	79



J	50	90	J	266	90
J	53	89	J	253	76
J	45	90	J	88	90
J	245	82	J	180	90
J	50	82	J	262	90
J	53	89	J	358	60
J	45	90	J	260	84
J	245	82	J	40	57
J	50	82	J	25	80
J	330	72	J	95	75
J	320	60	J	205	7
J	30	90	J	180	86
J	10	74	J	300	70
J	165	35	J	90	80
J	140	90	J	170	74
J	345	72	J	204	20
J	20	45	J	110	86
J	294	68	J	125	81
J	56	54	J	125	81

J	320	78	J	20	63
J	15	32	J	15	50
J	25	56	J	190	70
J	276	85	J	204	70
J	5	87	J	355	55
J	5	87	J	25	80
J	80	90	J	30	84
J	10	89	J	350	80
J	180	80	J	344	56
J	210	90	J	340	60
J	245	60	J	350	64
J	235	56	J	345	62
J	60	90	J	50	90
J	205	74	J	125	78
J	55	50	J	225	82
J	235	25	J	336	78
J	220	81	J	302	66
J	188	69	J	150	78
J	240	90	J	190	80

J	278	86	J	248	82
J	256	88	J	310	89
J	346	56	J	315	88

**EGM2: KM 10+200 – 10+400**

*Anexo 2 Tabla de las orientaciones de las discontinuidades correspondientes al talud del km 10+200 - 10 + 400. Fuente: Elaboración propia*

D	Direc. Buzamiento	Buzamiento	D	Direc. Buzamiento	Buzamiento
J	240	88	J	220	76
J	158	76	J	302	88
J	222	68	J	278	79
J	189	78	J	57	90
J	154	82	J	315	67
J	227	67	J	320	88
J	260	75	J	346	83
J	290	87	J	305	84
J	178	67	J	193	87
J	185	90	J	235	90

J	355	85	J	278	76
J	127	56	J	178	68
J	220	67	J	276	88
J	329	77	J	267	80
J	167	70	J	186	82
J	275	76	J	328	45
J	346	79	J	267	81
J	257	83	J	270	79
J	240	85	J	323	84
J	346	58	J	129	37
J	167	67	J	217	47
J	217	67	J	128	67
J	323	78	J	218	56
J	312	78	J	123	65
J	321	87	J	192	78
J	273	76	J	278	89
J	128	56	J	298	90
J	287	87	J	265	85
J	187	85	J	165	89

J	268	82	J	345	55
J	354	68	J	287	69
J	266	89	J	245	86
J	298	90	J	187	78
J	378	77	J	267	79
J	278	88	J	327	87
J	218	78	J	172	80
J	238	81	J	334	82
J	218	67	J	217	89
J	332	78	J	239	87
J	128	56	J	287	67
J	324	67	J	283	79
J	237	87	J	238	74
J	293	82	J	287	78
J	323	83	J	182	78
J	218	87	J	328	90
J	322	67	J	323	87
J	217	78	J	127	87
J	327	56	J	267	59

J	273	67	J	327	87
J	269	70	J	178	87
J	324	76	J	355	79
J	239	83	J	265	80

**EGM3: KM 10 + 400 - 10 + 600**

*Anexo 3 Tabla de las orientaciones de las discontinuidades correspondientes al talud del km 10+400 - 10 + 600. Fuente: Elaboración propia*

D	Direc. Buzamiento	Buzamiento	D	Direc. Buzamiento	Buzamiento
J	323	89	J	262	76
J	212	78	J	221	89
J	288	67	J	167	78
J	127	87	J	323	87
J	345	69	J	328	90
J	176	76	J	168	87
J	167	79	J	234	85
J	278	87	J	328	78
J	167	66	J	217	58

J	187	67	J	267	77
J	276	76	J	355	55
J	189	86	J	256	76
J	326	76	J	78	89
J	218	87	J	128	82
J	249	76	J	239	56
J	256	89	J	182	76
J	328	90	J	239	85
J	289	69	J	267	78
J	328	87	J	217	89
J	221	82	J	328	88
J	279	75	J	269	87
J	145	86	J	166	76
J	127	78	J	278	78
J	217	78	J	231	87
J	327	69	J	217	89
J	238	87	J	267	78
J	237	66	J	328	54
J	189	87	J	278	86

J	238	77	J	186	45
J	178	78	J	273	89
J	237	87	J	256	70
J	349	90	J	238	76
J	238	54	J	234	66
J	219	79	J	337	76
J	278	90	J	256	87
J	139	68	J	263	76
J	236	73	J	267	76
J	327	69	J	127	73
J	265	79	J	187	77
J	322	54	J	235	76
J	287	76	J	237	67
J	276	82	J	265	83
J	230	76	J	239	79
J	249	70	J	182	85
J	219	72	J	178	83
J	232	87	J	296	75
J	321	90	J	278	83



J	201	78	J	288	77
J	267	65	J	245	86
J	136	76	J	165	58
J	337	67	J	176	83
J	235	68	J	276	83

**EGM4: KM 10+600 - 10+800**

*Anexo 4 Tabla de las orientaciones de las discontinuidades correspondientes al talud del km 10+600 - 10 + 800. Fuente: Elaboración propia*

D	Direc. Buzamiento	Buzamiento	D	Direc. Buzamiento	Buzamiento
J	217	78	J	276	72
J	265	68	J	216	87
J	335	69	J	298	90
J	276	78	J	128	87
J	167	76	J	187	76
J	228	77	J	219	90
J	187	67	J	298	65
J	326	87	J	267	83

J	278	83	J	236	77
J	267	76	J	298	62
J	237	65	J	354	77
J	265	86	J	295	69
J	276	76	J	232	67
J	236	82	J	287	69
J	276	88	J	239	78
J	287	67	J	296	86
J	167	76	J	187	78
J	327	76	J	176	86
J	276	67	J	278	68
J	256	77	J	285	79
J	276	76	J	172	87
J	190	76	J	149	81
J	158	78	J	176	73
J	178	90	J	169	87
J	147	78	J	239	89
J	354	67	J	209	78
J	239	78	J	256	90

J	187	76	J	235	85
J	167	83	J	219	78
J	167	82	J	302	59
J	230	78	J	287	87
J	304	84	J	249	83
J	258	79	J	205	75
J	345	87	J	267	90
J	187	65	J	298	58
J	124	87	J	147	64
J	219	69	J	106	77
J	236	79	J	287	90
J	272	82	J	103	73
J	215	76	J	294	69
J	238	73	J	343	78
J	267	87	J	335	63
J	109	90	J	128	67
J	212	65	J	167	90
J	237	87	J	287	53
J	298	60	J	267	64

J	300	78	J	129	80
J	205	71	J	101	81
J	248	76	J	332	62
J	290	77	J	178	69
J	156	78	J	265	83
J	149	80	J	284	78
J	250	84	J	278	85

**EGM5: KM 10+800 - 10+1000**

*Anexo 5 Tabla de las orientaciones de las discontinuidades correspondientes al talud del km 10+800 - 10 + 1000. Fuente: Elaboración propia*

D	Direc. Buzamiento	Buzamiento	D	Direc. Buzamiento	Buzamiento
J	230	54	J	187	76
J	287	86	J	226	82
J	128	65	J	106	78
J	298	72	J	167	67
J	267	75	J	257	83
J	194	87	J	287	86
J	321	62	J	234	64

J	316	67	J	215	69
J	206	65	J	104	90
J	239	78	J	187	67
J	345	89	J	276	65
J	298	76	J	236	83
J	325	75	J	352	77
J	287	56	J	108	76
J	343	78	J	163	78
J	176	87	J	232	87
J	237	87	J	223	76
J	238	76	J	287	87
J	128	90	J	329	89
J	219	76	J	322	87
J	284	90	J	349	68
J	129	86	J	295	65
J	324	43	J	346	57
J	321	46	J	234	56
J	246	87	J	239	90
J	265	61	J	327	66

J	104	57	J	276	75
J	325	58	J	128	89
J	283	86	J	254	85
J	348	85	J	156	67
J	231	81	J	281	72
J	273	87	J	263	70
J	238	90	J	127	87
J	278	86	J	79	72
J	250	70	J	297	79
J	193	76	J	206	63
J	267	67	J	218	63
J	232	62	J	178	87
J	267	64	J	276	65
J	239	90	J	176	76
J	186	87	J	126	67
J	156	76	J	176	63
J	197	67	J	213	69
J	107	57	J	276	66
J	173	72	J	276	76

J	128	73	J	187	56
J	237	78	J	183	76
J	197	87	J	157	54
J	213	76	J	345	67
J	163	74	J	327	87
J	238	87	J	228	73
J	352	68	J	262	67

**EGM6: KM 11+00 - 11+200****Anexo 6 Tabla de las orientaciones de las discontinuidades correspondientes al talud del km 11+00 - 11 + 200. Fuente: Elaboración propia**

D	Direc. Buzamiento	Buzamiento	D	Direc. Buzamiento	Buzamiento
J	217	87	J	238	72
J	187	83	J	233	78
J	329	90	J	328	87
J	278	87	J	273	84
J	245	46	J	323	78
J	276	86	J	231	78
J	108	86	J	168	67
J	287	76	J	197	85
J	208	85	J	106	87
J	165	86	J	187	76
J	331	76	J	146	78
J	287	67	J	239	90
J	165	87	J	145	75
J	219	76	J	187	53
J	197	76	J	187	56
J	167	87	J	276	87



J	207	76	J	148	67
J	176	78	J	143	75
J	238	89	J	127	87
J	108	78	J	197	83
J	182	89	J	138	68
J	282	87	J	187	87
J	218	82	J	167	67
J	323	76	J	127	85
J	281	74	J	334	54
J	297	87	J	165	64
J	258	74	J	273	76
J	228	87	J	284	63
J	237	76	J	276	78
J	248	73	J	238	78
J	108	76	J	137	75
J	208	82	J	163	74
J	334	76	J	231	67
J	276	68	J	128	87
J	238	87	J	242	53

J	265	83	J	297	76
J	327	87	J	128	82
J	135	68	J	238	87
J	105	84	J	278	65
J	258	89	J	245	87
J	197	87	J	172	90
J	178	83	J	147	56
J	265	67	J	149	84
J	187	79	J	228	58
J	286	87	J	256	77
J	347	76	J	238	67
J	269	85	J	196	76
J	128	84	J	154	79
J	313	65	J	249	89
J	176	67	J	186	54
J	249	82	J	128	84
J	294	68	J	265	79

**EGM7: KM 11+200 - 11+400**

*Anexo 7 Tabla de las orientaciones de las discontinuidades correspondientes al talud del km 11+200 - 11 + 400. Fuente: Elaboración propia*

D	Direc. Buzamiento	Buzamiento	D	Direc. Buzamiento	Buzamiento
J	237	78	J	187	76
J	276	75	J	239	84
J	285	62	J	223	53
J	184	61	J	196	85
J	236	79	J	265	90
J	217	57	J	328	67
J	264	75	J	187	83
J	251	90	J	326	73
J	287	89	J	139	84
J	128	67	J	176	89
J	287	63	J	312	79
J	238	87	J	321	67
J	156	82	J	276	71
J	278	73	J	237	78
J	244	62	J	265	65

J	187	86	J	143	69
J	248	76	J	289	58
J	298	76	J	157	87
J	218	73	J	175	65
J	223	58	J	344	86
J	145	87	J	126	56
J	276	56	J	178	87
J	185	76	J	267	46
J	265	45	J	123	72
J	176	23	J	154	34
J	186	34	J	343	45
J	238	76	J	235	87
J	175	56	J	192	75
J	250	78	J	149	65
J	148	67	J	286	54
J	246	78	J	276	69
J	247	75	J	268	76
J	173	75	J	236	76
J	265	86	J	148	65

J	126	65	J	178	86
J	175	75	J	153	79
J	254	65	J	146	34
J	254	65	J	178	47
J	157	35	J	274	75
J	264	65	J	232	54
J	176	56	J	175	57
J	263	89	J	267	64
J	266	69	J	237	72
J	164	32	J	154	34
J	128	12	J	138	36
J	243	86	J	263	84
J	176	83	J	328	76
J	139	62	J	176	87
J	297	86	J	176	86
J	182	82	J	176	87
J	341	65	J	128	76
J	193	67	J	238	87

**EGM8: KM 11+400 -11+600**

*Anexo 8 Tabla de las orientaciones de las discontinuidades correspondientes al talud del km 11+400 - 11 + 600. Fuente: Elaboración propia*

D	Direc. Buzamiento	Buzamiento	D	Direc. Buzamiento	Buzamiento
J	273	79	J	237	87
J	237	86	J	128	87
J	218	82	J	187	78
J	294	72	J	187	75
J	127	76	J	143	23
J	32	58	J	217	45
J	327	73	J	187	76
J	273	76	J	176	87
J	121	78	J	136	72
J	187	76	J	163	76
J	176	65	J	153	87
J	176	65	J	142	43
J	122	26	J	156	16
J	256	65	J	124	14
J	156	90	J	142	52

J	125	76	J	125	75
J	182	73	J	143	63
J	276	76	J	182	87
J	283	71	J	281	24
J	187	73	J	124	32
J	183	25	J	196	76
J	297	76	J	276	72
J	329	48	J	281	43
J	213	73	J	172	87
J	182	24	J	123	17
J	123	14	J	237	43
J	265	56	J	325	54
J	324	46	J	284	73
J	248	47	J	72	67
J	281	84	J	143	48
J	237	23	J	281	84
J	173	74	J	173	76
J	193	74	J	123	25
J	127	45	J	184	35

J	323	42	J	214	23
J	237	45	J	274	35
J	126	73	J	227	87
J	276	67	J	211	127
J	127	78	J	278	87
J	237	72	J	172	183
J	218	87	J	161	84
J	287	74	J	187	19
J	278	87	J	282	82
J	183	73	J	183	75
J	291	83	J	187	81
J	183	81	J	194	24
J	294	24	J	183	81
J	187	85	J	284	37
J	259	74	J	182	27
J	348	84	J	273	66
J	274	85	J	274	23
J	238	38	J	315	87



**EGM9: KM 11+600 - 11+800**

*Anexo 9 Tabla de las orientaciones de las discontinuidades correspondientes al talud del km 11+600 - 11 + 800. Fuente: Elaboración propia*

D	Direc. Buzamiento	Buzamiento	D	Direc. Buzamiento	Buzamiento
J	166	65	J	216	73
J	123	76	J	276	27
J	328	76	J	187	62
J	161	73	J	291	73
J	274	87	J	172	82
J	261	73	J	128	78
J	173	38	J	238	83
J	273	74	J	273	21
J	181	73	J	238	83
J	327	82	J	183	82
J	217	82	J	231	82
J	238	84	J	128	32
J	238	32	J	123	83
J	328	30	J	183	47
J	272	38	J	123	23

J	248	83	J	271	74
J	273	72	J	183	84
J	34	74	J	238	83
J	283	73	J	128	37
J	272	83	J	128	83
J	218	28	J	321	32
J	238	84	J	284	48
J	238	84	J	292	83
J	272	74	J	189	42
J	238	38	J	128	56
J	283	74	J	284	75
J	293	73	J	183	32
J	291	74	J	129	90
J	238	84	J	194	72
J	283	10	J	183	39
J	195	38	J	294	85
J	284	68	J	173	38
J	274	85	J	184	85
J	321	74	J	136	36

J	147	74	J	238	74
J	274	27	J	173	84
J	274	34	J	187	62
J	261	74	J	237	83
J	226	73	J	172	73
J	323	83	J	183	72
J	118	83	J	173	71
J	157	73	J	159	63
J	331	83	J	284	64
J	274	71	J	127	73
J	136	73	J	223	22
J	173	74	J	247	84
J	237	71	J	173	80
J	43	84	J	173	78
J	356	74	J	168	73
J	273	71	J	296	63
J	281	72	J	172	18
J	173	73	J	128	84

EGM10: KM 11+800 - 11+1000

*Anexo 10 Tabla de las orientaciones de las discontinuidades correspondientes al talud del km 11+800 - 11 + 1000. Fuente: Elaboración propia*

D	Direc. Buzamiento	Buzamiento	D	Direc. Buzamiento	Buzamiento
J	327	76	J	326	75
J	227	12	J	273	73
J	73	32	J	138	82
J	234	84	J	218	73
J	259	85	J	184	75
J	283	27	J	194	90
J	284	24	J	139	78
J	323	32	J	238	69
J	260	84	J	238	82
J	287	84	J	173	82
J	274	27	J	173	83
J	154	75	J	287	84
J	295	38	J	183	83
J	173	74	J	173	79
J	218	84	J	238	90

J	184	85	J	238	89
J	274	74	J	183	84
J	346	74	J	237	74
J	321	45	J	234	43
J	342	65	J	135	74
J	124	86	J	235	45
J	184	85	J	284	74
J	318	64	J	174	72
J	164	82	J	237	78
J	274	38	J	328	83
J	238	73	J	293	82
J	284	78	J	173	73
J	274	24	J	238	74
J	47	89	J	85	65
J	274	79	J	184	90
J	134	84	J	173	73
J	274	82	J	328	84
J	128	24	J	183	38
J	329	29	J	183	39

J	284	83	J	173	83
J	82	82	J	185	85
J	237	78	J	127	23
J	238	83	J	281	87
J	293	84	J	128	73
J	73	23	J	238	82
J	219	83	J	173	87
J	238	83	J	284	72
J	283	72	J	284	273
J	183	37	J	159	23
J	284	73	J	283	75
J	293	83	J	183	84
J	223	28	J	138	32
J	284	87	J	277	73
J	284	84	J	184	90
J	128	89	J	183	74
J	38	49	J	183	76
J	284	83	J	193	84

**EGM11: KM 12+00 - 12+200**

*Anexo 11 Tabla de las orientaciones de las discontinuidades correspondientes al talud del km 12+00 - 12 + 200. Fuente: Elaboración propia*

D	Direc. Buzamiento	Buzamiento	D	Direc. Buzamiento	Buzamiento
J	328	73	J	237	22
J	217	87	J	287	76
J	265	25	J	127	65
J	125	64	J	332	76
J	281	43	J	341	57
J	342	45	J	182	67
J	241	64	J	197	56
J	290	73	J	150	63
J	162	87	J	183	69
J	163	86	J	253	89
J	132	68	J	192	78
J	209	67	J	204	66
J	220	68	J	210	56
J	259	54	J	276	54
J	142	53	J	286	76

J	243	65	J	354	78
J	287	63	J	274	89
J	264	65	J	230	76
J	265	67	J	298	64
J	238	45	J	290	73
J	226	34	J	306	84
J	104	65	J	249	78
J	230	76	J	256	83
J	293	73	J	205	23
J	267	86	J	296	68
J	341	41	J	231	57
J	355	55	J	281	73
J	172	74	J	237	87
J	264	23	J	236	71
J	241	61	J	145	68
J	284	75	J	295	57
J	239	37	J	276	61
J	278	34	J	129	76
J	127	73	J	237	27



J	297	78	J	267	67
J	271	65	J	74	89
J	127	67	J	287	54
J	236	75	J	247	67
J	246	66	J	342	75
J	176	34	J	145	46
J	187	24	J	163	21
J	286	76	J	187	77
J	274	87	J	178	35
J	254	76	J	238	89
J	236	61	J	334	75
J	210	56	J	143	88
J	257	77	J	289	90
J	308	65	J	284	87
J	233	76	J	276	47
J	297	72	J	296	74
J	308	71	J	206	43
J	207	45	J	245	83

**EGM12: KM 12+200 - 12+400**

*Anexo 12 Tabla de las orientaciones de las discontinuidades correspondientes al talud del km 12+200 - 12 + 400. Fuente: Elaboración propia*

D	Direc. Buzamiento	Buzamiento	D	Direc. Buzamiento	Buzamiento
J	330	63	J	289	65
J	354	56	J	128	43
J	278	36	J	256	45
J	276	38	J	238	67
J	198	87	J	197	88
J	274	65	J	276	47
J	309	46	J	198	87
J	160	63	J	148	63
J	193	72	J	196	77
J	295	26	J	132	83
J	243	58	J	287	76
J	265	64	J	276	47
J	360	43	J	244	83
J	153	54	J	273	35
J	261	35	J	282	46

J	274	37	J	228	73
J	284	90	J	174	46
J	267	26	J	274	86
J	285	37	J	274	88
J	194	66	J	264	37
J	228	89	J	245	69
J	264	35	J	194	74
J	198	54	J	184	39
J	184	77	J	293	83
J	184	76	J	218	66
J	195	85	J	206	76
J	297	83	J	184	56
J	99	58	J	183	52
J	120	69	J	139	61
J	195	56	J	246	56
J	236	77	J	284	81
J	246	64	J	295	11
J	285	38	J	328	89
J	274	35	J	173	87

J	334	57	J	239	79
J	183	55	J	302	65
J	256	61	J	210	68
J	274	31	J	291	71
J	187	57	J	239	76
J	289	89	J	286	88
J	235	78	J	284	85
J	298	50	J	276	78
J	294	57	J	227	87
J	184	47	J	302	74
J	286	56	J	347	71
J	129	85	J	237	28
J	284	84	J	257	38
J	284	48	J	290	85
J	305	53	J	284	50
J	268	39	J	355	89
J	287	65	J	294	83
J	294	78	J	329	76

**EGM13: KM 12 +400 al 12 + 600***Anexo 13 Tabla de las orientaciones de las discontinuidades correspondientes al talud del km 12+400 - 12 + 600. Fuente: Elaboración propia*

D	Direc. Buzamiento	Buzamiento	D	Direc. Buzamiento	Buzamiento
J	108	76	J	173	48
J	284	47	J	271	85
J	237	84	J	274	67
J	323	45	J	284	70
J	283	69	J	245	71
J	294	83	J	287	89
J	284	86	J	284	85
J	258	67	J	227	89
J	274	64	J	193	50
J	242	39	J	329	84
J	323	37	J	128	64
J	217	27	J	284	68
J	298	34	J	284	69
J	238	56	J	259	79
J	284	42	J	129	84

J	236	67	J	267	58
J	247	89	J	174	78
J	281	76	J	138	56
J	129	87	J	298	34
J	273	25	J	360	67
J	284	56	J	281	37
J	257	71	J	201	19
J	183	39	J	173	78
J	174	77	J	258	89
J	174	75	J	120	34
J	146	67	J	283	89
J	284	59	J	279	46
J	194	57	J	203	52
J	284	89	J	239	69
J	234	76	J	285	76
J	284	77	J	293	86
J	192	46	J	74	80
J	283	71	J	204	56
J	294	76	J	293	79

J	284	78	J	229	89
J	228	88	J	294	77
J	273	36	J	193	56
J	129	40	J	183	67
J	284	87	J	132	76
J	274	67	J	129	45
J	275	66	J	120	44
J	302	89	J	206	60
J	204	65	J	329	88
J	82	56	J	183	67
J	284	46	J	274	66
J	194	29	J	193	38
J	284	50	J	327	77
J	294	49	J	193	90
J	345	74	J	294	52
J	277	67	J	203	89
J	239	60	J	128	45
J	284	87	J	201	68

**EGM14: KM 12+600 - 12+800**

*Anexo 14 Tabla de las orientaciones de las discontinuidades correspondientes al talud del km 12+600 - 12 + 800. Fuente: Elaboración propia*

D	Direc. Buzamiento	Buzamiento	D	Direc. Buzamiento	Buzamiento
J	283	78	J	232	77
J	120	45	J	283	80
J	293	81	J	163	67
J	294	84	J	239	74
J	103	78	J	183	25
J	205	58	J	284	80
J	148	68	J	258	37
J	348	54	J	293	33
J	293	35	J	128	45
J	354	76	J	274	64
J	201	38	J	194	66
J	276	37	J	193	67
J	293	56	J	238	77
J	248	75	J	256	79
J	360	89	J	274	66



J	235	69	J	230	78
J	204	76	J	245	84
J	302	56	J	275	69
J	256	79	J	294	84
J	294	85	J	256	80
J	249	34	J	193	45
J	258	85	J	295	88
J	229	47	J	293	46
J	198	56	J	138	67
J	157	87	J	184	88
J	183	85	J	238	67
J	104	90	J	100	88
J	193	60	J	281	71
J	193	61	J	147	59
J	284	78	J	184	83
J	320	23	J	283	67
J	284	80	J	129	56
J	128	88	J	293	77
J	193	64	J	259	78

J	274	79	J	274	80
J	194	56	J	284	84
J	174	29	J	150	83
J	230	87	J	183	74
J	183	77	J	174	30
J	193	37	J	173	33
J	200	56	J	184	77
J	275	77	J	103	23
J	295	88	J	238	82
J	183	56	J	183	60
J	128	49	J	320	67
J	294	85	J	103	85
J	284	65	J	237	80
J	184	57	J	329	39
J	193	38	J	294	39
J	238	58	J	293	89
J	302	87	J	238	60
J	249	80	J	174	48

**EGM15: KM 12+800 - 12+1000**

*Anexo 15 Tabla de las orientaciones de las discontinuidades correspondientes al talud del km 12+800 - 12 + 1000. Fuente: Elaboración propia*

D	Direc. Buzamiento	Buzamiento	D	Direc. Buzamiento	Buzamiento
J	274	46	J	238	87
J	284	90	J	274	50
J	274	47	J	291	48
J	193	78	J	127	38
J	183	26	J	136	88
J	193	79	J	174	80
J	274	49	J	123	76
J	184	30	J	237	89
J	304	65	J	284	66
J	284	68	J	330	70
J	230	90	J	302	77
J	294	78	J	237	80
J	284	67	J	184	45
J	184	23	J	173	34
J	349	54	J	318	78

J	284	83	J	294	56
J	194	56	J	264	65
J	274	37	J	284	49
J	274	40	J	247	86
J	174	47	J	274	39
J	216	84	J	146	75
J	147	77	J	264	56
J	200	59	J	203	67
J	284	50	J	193	87
J	238	79	J	184	67
J	290	77	J	259	84
J	210	51	J	127	48
J	234	56	J	203	47
J	193	37	J	143	81
J	201	68	J	211	67
J	101	47	J	183	60
J	272	69	J	187	83
J	284	68	J	174	90
J	239	89	J	158	23

J	120	84	J	149	57
J	239	71	J	104	69
J	203	68	J	104	78
J	294	85	J	294	88
J	228	80	J	237	79
J	204	70	J	267	77
J	283	73	J	290	71
J	284	76	J	294	90
J	167	87	J	167	88
J	174	85	J	264	56
J	274	81	J	274	83
J	284	89	J	256	84
J	259	67	J	260	70
J	335	71	J	174	83
J	287	47	J	281	50
J	247	56	J	284	67
J	184	46	J	294	37
J	329	47	J	274	47

**EGM16: KM 13+00 - 13+200**

*Anexo 16 Tabla de las orientaciones de las discontinuidades correspondientes al talud del km 13+00 - 13 + 200. Fuente: Elaboración propia*

D	Direc. Buzamiento	Buzamiento	D	Direc. Buzamiento	Buzamiento
J	293	78	J	238	84
J	274	56	J	238	85
J	302	71	J	290	85
J	103	67	J	150	73
J	105	70	J	238	84
J	120	21	J	162	34
J	238	83	J	156	47
J	275	67	J	341	65
J	293	81	J	237	83
J	273	70	J	284	65
J	102	43	J	193	67
J	127	89	J	284	67
J	301	62	J	218	78
J	355	69	J	293	85
J	284	60	J	256	78

J	294	23	J	194	45
J	193	48	J	123	60
J	184	70	J	139	89
J	148	57	J	294	47
J	137	31	J	294	50
J	240	50	J	268	71
J	184	71	J	294	50
J	283	77	J	302	23
J	204	48	J	259	78
J	238	81	J	183	49
J	284	48	J	102	67
J	284	50	J	230	89
J	294	89	J	183	89
J	128	87	J	283	47
J	284	50	J	328	77
J	274	76	J	219	79
J	283	38	J	204	90
J	274	56	J	130	79
J	184	60	J	195	87

J	274	60	J	187	78
J	294	65	J	144	60
J	230	50	J	137	56
J	240	87	J	294	87
J	248	47	J	250	90
J	248	50	J	184	76
J	184	58	J	148	48
J	284	90	J	302	85
J	328	48	J	263	87
J	256	67	J	249	70
J	274	37	J	198	76
J	284	78	J	236	80
J	234	71	J	127	40
J	184	45	J	291	71
J	173	65	J	280	65
J	183	87	J	137	87
J	284	69	J	173	78
J	130	70	J	140	81



**EGM17: KM 13+200 - 13+400**

*Anexo 17 Tabla de las orientaciones de las discontinuidades correspondientes al talud del km 13+200 - 13 + 400. Fuente: Elaboración propia*

D	Direc. Buzamiento	Buzamiento	D	Direc. Buzamiento	Buzamiento
J	217	67	J	239	87
J	287	90	J	249	45
J	240	81	J	143	47
J	190	50	J	219	67
J	234	84	J	210	78
J	220	80	J	120	76
J	103	68	J	105	70
J	284	57	J	248	89
J	237	45	J	247	20
J	340	90	J	238	23
J	218	81	J	282	84
J	237	71	J	183	38
J	128	38	J	283	53
J	198	90	J	138	81
J	294	58	J	104	90

J	129	60	J	249	89
J	284	88	J	249	79
J	330	29	J	203	39
J	267	89	J	104	43
J	194	81	J	256	81
J	184	88	J	153	21
J	276	41	J	173	32
J	218	89	J	173	30
J	340	50	J	203	76
J	194	34	J	292	34
J	284	48	J	223	34
J	283	87	J	284	347
J	248	34	J	128	58
J	123	48	J	218	35
J	349	50	J	284	76
J	294	58	J	302	81
J	184	43	J	236	67
J	295	70	J	340	82
J	294	71	J	223	43

J	238	74	J	228	89
J	238	23	J	294	75
J	128	78	J	129	78
J	237	12	J	218	80
J	228	56	J	238	81
J	183	89	J	139	90
J	238	87	J	223	71
J	129	61	J	320	76
J	273	57	J	193	37
J	349	23	J	199	67
J	123	47	J	238	23
J	138	45	J	237	78
J	238	28	J	238	30
J	67	90	J	327	87
J	237	76	J	136	76
J	237	80	J	138	77
J	291	84	J	245	89
J	204	90	J	273	84

**EGM18: KM 13+400 - 13+600**

*Anexo 18 Tabla de las orientaciones de las discontinuidades correspondientes al talud del km 13+400 - 13 + 600. Fuente: Elaboración propia*

D	Direc. Buzamiento	Buzamiento	D	Direc. Buzamiento	Buzamiento
J	320	67	J	127	28
J	128	24	J	238	42
J	230	67	J	123	78
J	250	89	J	270	80
J	320	69	J	238	57
J	239	78	J	250	87
J	120	23	J	239	84
J	290	87	J	276	78
J	238	56	J	238	60
J	250	78	J	249	76
J	129	80	J	259	80
J	302	57	J	204	86
J	234	48	J	382	49
J	283	34	J	300	78
J	239	60	J	158	76

J	250	78	J	329	74
J	239	60	J	178	81
J	340	76	J	230	78
J	210	81	J	240	43
J	248	47	J	226	70
J	359	89	J	210	76
J	237	76	J	120	56
J	300	61	J	129	90
J	239	34	J	239	36
J	198	67	J	230	58
J	300	60	J	320	65
J	234	65	J	234	66
J	120	47	J	320	71
J	193	72	J	200	78
J	239	58	J	300	89
J	249	50	J	102	65
J	239	47	J	234	70
J	138	89	J	238	82
J	237	80	J	174	81

J	249	76	J	106	65
J	239	45	J	234	50
J	129	74	J	123	78
J	239	74	J	237	77
J	103	47	J	359	56
J	129	49	J	239	32
J	298	78	J	256	80
J	274	56	J	183	89
J	347	38	J	237	37
J	238	60	J	300	67
J	320	67	J	135	81
J	237	47	J	238	65
J	238	70	J	245	89
J	247	88	J	138	78
J	247	88	J	349	81
J	239	34	J	276	78
J	291	67	J	128	23
J	327	73	J	314	38

**EGM19: KM 13+600 - 13+800**

*Anexo 19 Tabla de las orientaciones de las discontinuidades correspondientes al talud del km 13+600 - 13 + 800. Fuente: Elaboración propia*

D	Direc. Buzamiento	Buzamiento	D	Direc. Buzamiento	Buzamiento
J	276	57	J	236	90
J	134	23	J	240	67
J	230	42	J	130	78
J	324	89	J	329	88
J	285	57	J	238	76
J	340	86	J	274	79
J	259	32	J	239	80
J	276	65	J	195	76
J	234	78	J	245	87
J	220	67	J	278	90
J	247	45	J	238	87
J	284	57	J	194	87
J	349	71	J	328	90
J	185	76	J	145	76
J	157	67	J	139	78

J	107	70	J	110	76
J	294	77	J	139	81
J	300	37	J	238	90
J	239	67	J	329	86
J	150	45	J	283	83
J	249	34	J	271	23
J	248	40	J	237	67
J	349	76	J	320	87
J	239	90	J	320	45
J	235	87	J	238	90
J	238	84	J	329	71
J	329	67	J	238	65
J	129	35	J	130	36
J	239	48	J	348	87
J	120	47	J	140	87
J	230	24	J	256	87
J	176	56	J	248	76
J	236	67	J	129	78
J	261	47	J	273	38



J	294	64	J	83	29
J	156	83	J	160	85
J	294	67	J	300	76
J	250	71	J	157	32
J	278	74	J	256	77
J	267	70	J	289	71
J	290	75	J	247	32
J	260	45	J	274	76
J	284	74	J	163	28
J	327	80	J	237	49
J	237	80	J	239	67
J	284	75	J	347	23
J	238	47	J	237	81
J	322	65	J	105	76
J	284	69	J	284	70
J	302	78	J	239	80
J	297	77	J	169	40
J	237	57	J	267	89

**EGM20: KM 13+800 - 13+1000**

*Anexo 20 Tabla de las orientaciones de las discontinuidades correspondientes al talud del km 13+800 - 13 + 1000. Fuente: Elaboración propia*

D	Direc. Buzamiento	Buzamiento	D	Direc. Buzamiento	Buzamiento
J	129	76	J	237	43
J	328	47	J	327	50
J	237	43	J	138	67
J	218	76	J	219	89
J	239	65	J	120	76
J	204	76	J	193	23
J	340	30	J	200	48
J	186	67	J	295	76
J	322	67	J	239	45
J	129	76	J	237	76
J	360	36	J	123	48
J	328	29	J	203	34
J	234	43	J	239	24
J	348	32	J	298	56
J	293	47	J	243	69

J	243	89	J	324	89
J	235	76	J	327	90
J	209	23	J	210	39
J	239	24	J	329	87
J	238	30	J	138	85
J	327	81	J	238	48
J	149	58	J	130	60
J	189	90	J	205	87
J	201	67	J	102	76
J	200	60	J	206	56
J	300	13	J	129	14
J	129	87	J	320	87
J	287	76	J	139	87
J	329	70	J	138	74
J	238	79	J	328	90
J	248	85	J	300	65
J	204	65	J	239	47
J	120	56	J	256	87
J	300	67	J	350	76

J	138	34	J	329	45
J	234	48	J	248	48
J	239	54	J	129	86
J	239	60	J	146	54
J	247	65	J	210	45
J	249	87	J	392	60
J	204	57	J	204	47
J	320	57	J	310	76
J	238	44	J	194	56
J	234	48	J	200	79
J	384	67	J	239	60
J	158	76	J	168	84
J	159	73	J	170	75
J	350	75	J	245	80
J	329	75	J	184	39
J	285	58	J	281	58
J	158	65	J	248	57
J	267	78	J	290	78

**EGM21: KM 14+00 - 14+200**

*Anexo 21 Tabla de las orientaciones de las discontinuidades correspondientes al talud del km 14+00 - 14 + 200. Fuente: Elaboración propia*

D	Direc. Buzamiento	Buzamiento	D	Direc. Buzamiento	Buzamiento
J	293	76	J	238	47
J	147	80	J	248	47
J	209	83	J	287	37
J	275	76	J	254	68
J	138	56	J	128	23
J	294	76	J	195	57
J	284	59	J	138	34
J	360	69	J	129	65
J	312	70	J	328	45
J	200	65	J	210	46
J	300	65	J	127	67
J	285	76	J	264	84
J	249	23	J	348	76
J	147	65	J	179	65
J	159	76	J	285	65

J	160	67	J	239	31
J	238	65	J	250	65
J	283	56	J	347	47
J	347	37	J	47	438
J	326	34	J	327	43
J	218	47	J	284	238
J	343	43	J	247	74
J	285	47	J	104	90
J	347	67	J	173	23
J	237	47	J	236	67
J	182	47	J	238	90
J	195	23	J	185	23
J	174	65	J	184	70
J	274	63	J	209	46
J	294	60	J	184	58
J	105	59	J	109	59
J	294	57	J	324	90
J	129	90	J	184	89
J	285	76	J	128	23

J	249	58	J	139	78
J	249	58	J	205	87
J	274	37	J	284	49
J	274	40	J	247	86
J	174	47	J	274	39
J	216	84	J	146	75
J	147	77	J	264	56
J	200	59	J	203	67
J	284	50	J	193	87
J	238	79	J	184	67
J	290	77	J	259	84
J	210	51	J	127	48
J	234	56	J	203	47
J	193	37	J	143	81
J	201	68	J	211	67
J	101	47	J	183	60
J	272	69	J	187	83
J	284	68	J	174	90

**EGM22: KM 14 – del 14 +600 al 14 + 800**

*Anexo 22 Tabla de las orientaciones de las discontinuidades correspondientes al talud del km 14+600 - 14 + 800. Fuente: Elaboración propia*

D	Direc. Buzamiento	Buzamiento	D	Direc. Buzamiento	Buzamiento
J	200	48	J	150	22
J	115	45	J	220	27
J	325	70	J	145	62
J	350	33	J	250	18
J	320	39	J	160	47
J	280	29	J	170	33
J	130	15	J	140	19
J	310	78	J	180	49
J	300	79	J	290	59
J	270	33	J	310	41
J	125	15	J	160	22
J	146	44	J	247	63
J	309	55	J	257	31
J	298	56	J	139	36
J	242	53	J	199	48



J	357	87	J	258	73
J	221	65	J	114	59
J	130	39	J	256	57
J	320	62	J	289	60
J	144	73	J	112	66
J	287	82	J	355	89
J	299	48	J	259	49
J	357	29	J	219	26
J	159	31	J	258	17
J	149	19	J	225	38
J	349	76	J	333	29
J	199	19	J	258	28
J	249	13	J	347	71
J	159	49	J	357	58
J	245	18	J	348	49
J	189	49	J	111	34
J	119	44	J	257	53
J	317	47	J	196	29
J	251	22	J	320	31

J	116	18	J	236	13
J	209	49	J	149	22
J	103	49	J	258	76
J	352	82	J	207	63
J	149	55	J	163	66
J	126	52	J	169	46
J	296	49	J	318	65
J	306	63	J	259	49
J	171	57	J	238	50
J	219	39	J	269	40
J	312	28	J	233	33
J	115	22	J	287	48
J	333	77	J	256	59
J	209	28	J	218	49
J	199	41	J	286	33
J	196	59	J	129	22
J	123	19	J	318	45
J	285	38	J	350	39

**EGM23: KM 14+800 - KM 15**

*Anexo 23 Tabla de las orientaciones de las discontinuidades correspondientes al talud del km 14+800 - km 15. Fuente: Elaboración propia*

D	Direc. Buzamiento	Buzamiento	D	Direc. Buzamiento	Buzamiento
J	250	39	J	320	28
J	123	19	J	270	14
J	259	29	J	110	62
J	178	57	J	330	76
J	289	59	J	221	19
J	189	27	J	347	26
J	299	29	J	357	55
J	298	48	J	269	84
J	148	47	J	158	19
J	113	29	J	241	39
J	269	28	J	178	23
J	145	18	J	259	47
J	315	39	J	259	36
J	109	27	J	278	23
J	354	77	J	159	49

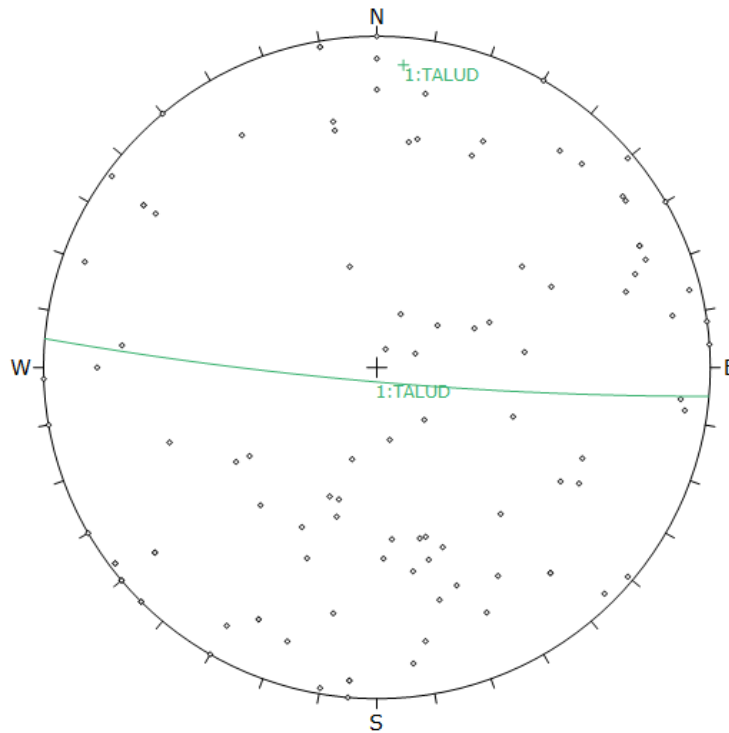
J	158	34	J	102	13
J	329	47	J	322	72
J	289	66	J	328	49
J	247	62	J	269	39
J	111	13	J	247	38
J	317	48	J	329	59
J	249	63	J	314	49
J	249	27	J	217	31
J	309	19	J	269	60
J	290	49	J	230	55
J	169	44	J	148	37
J	290	28	J	350	57
J	198	58	J	285	46
J	230	29	J	260	37
J	196	17	J	178	27
J	245	34	J	159	30
J	149	21	J	299	39
J	310	47	J	278	39
J	159	28	J	320	75

J	289	59	J	236	64
J	259	48	J	116	17
J	289	18	J	256	28
J	179	34	J	189	36
J	312	29	J	326	49
J	145	45	J	289	47
J	323	33	J	233	52
J	177	47	J	210	26
J	328	78	J	166	66
J	234	36	J	345	56
J	169	29	J	267	37
J	249	20	J	154	29
J	264	27	J	345	47
J	188	49	J	126	39
J	244	69	J	260	49
J	149	32	J	123	20
J	107	19	J	117	33
J	247	39	J	309	70

# **ANEXO N°2**

# **REPORTE DIPS**

**EGM1: KM 10+00-10+200**

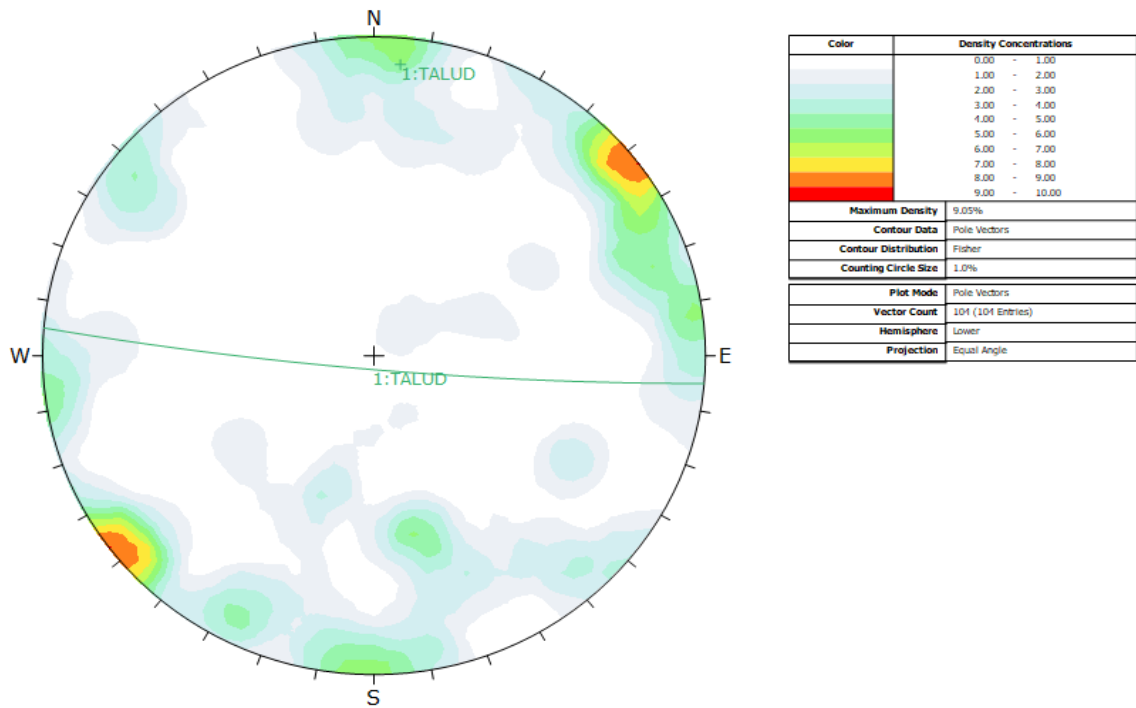


Symbol	Feature
◊	Pole Vectors

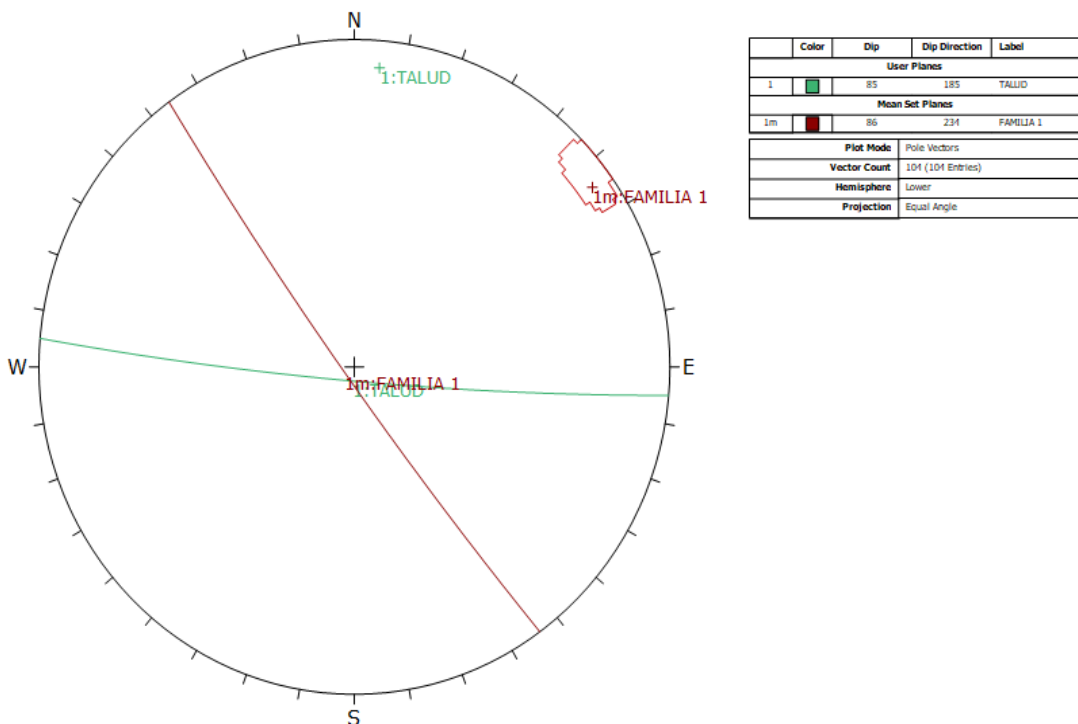
  

<b>Plot Mode</b>	Pole Vectors
<b>Vector Count</b>	104 (104 Entries)
<b>Hemisphere</b>	Lower
<b>Projection</b>	Equal Angle

*Anexo 24 Gráfico de polos de las discontinuidades en el talud del km 10+00-10+200.  
Fuente Software Dips*



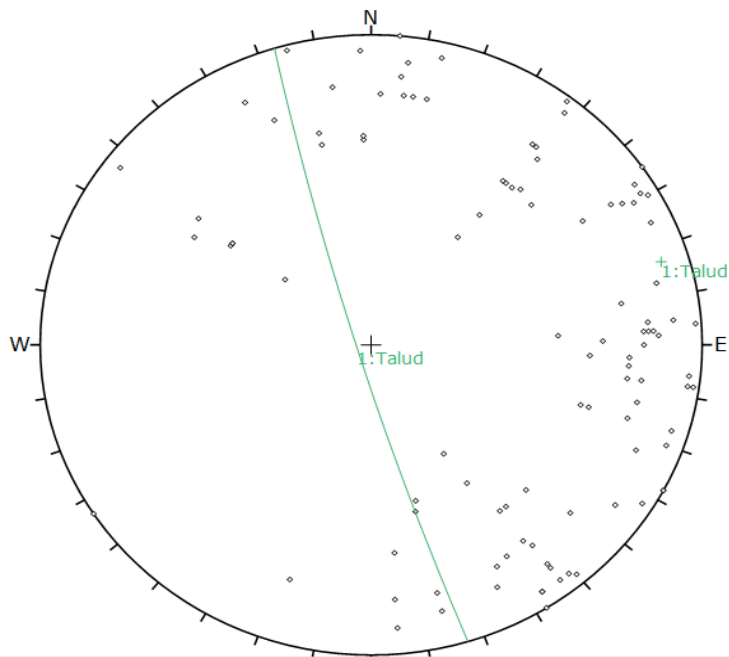
Anexo 25 Gráfico de contorno de polos o distribución polar en el talud del km 10+00-10+200. Fuente Software Dips



Anexo 26 Gráfico de sistemas principales en el talud del km 10+00-10+200. Fuente Software Dips.

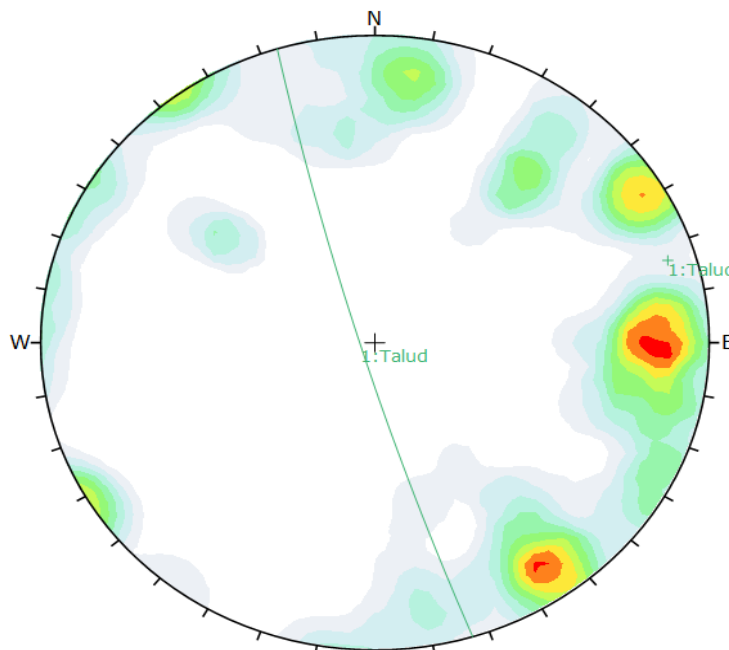
EGM2: KM 10+200-10+400





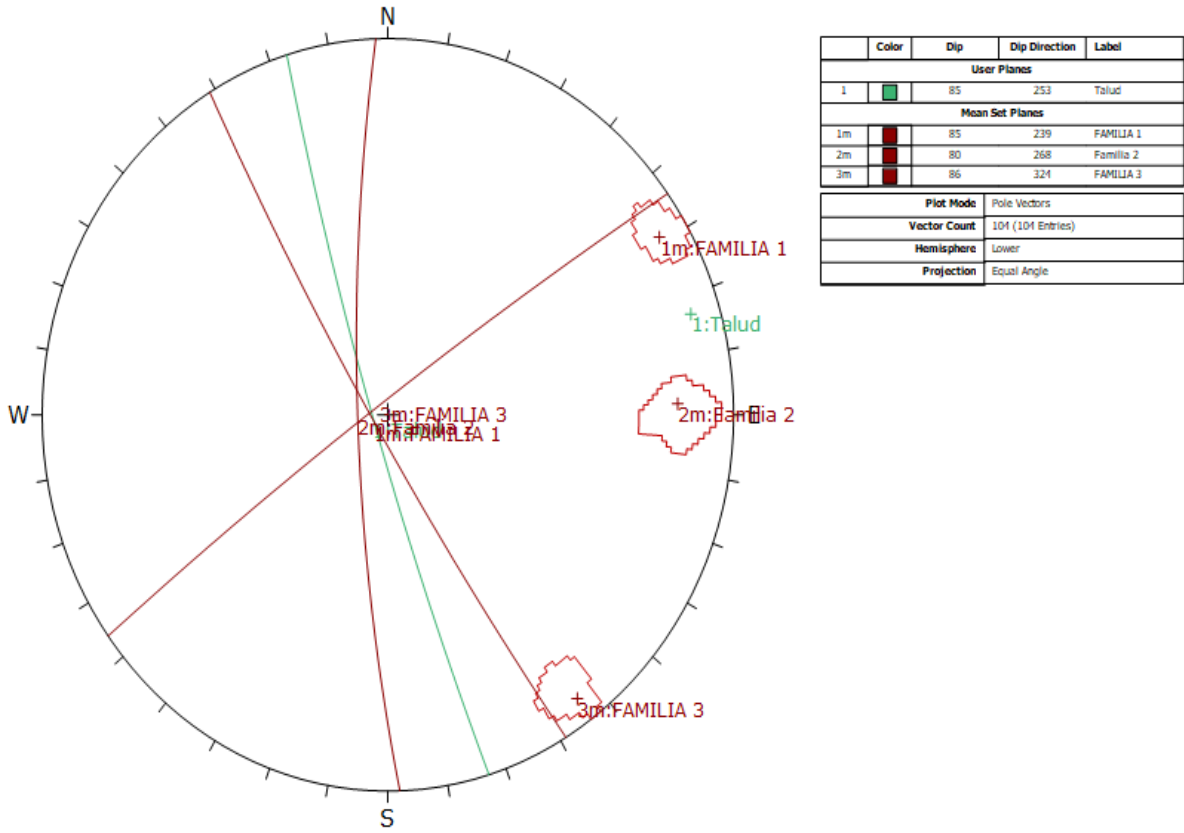
Symbol	Feature
○	Pole Vectors
<b>Plot Mode</b> Pole Vectors	
<b>Vector Count</b> 104 (104 Entries)	
<b>Hemisphere</b> Lower	
<b>Projection</b> Equal Angle	

**Anexo 27 Gráfico de polos de las discontinuidades en el talud del km 10+200-10+400.**  
**Fuente Software Dips**



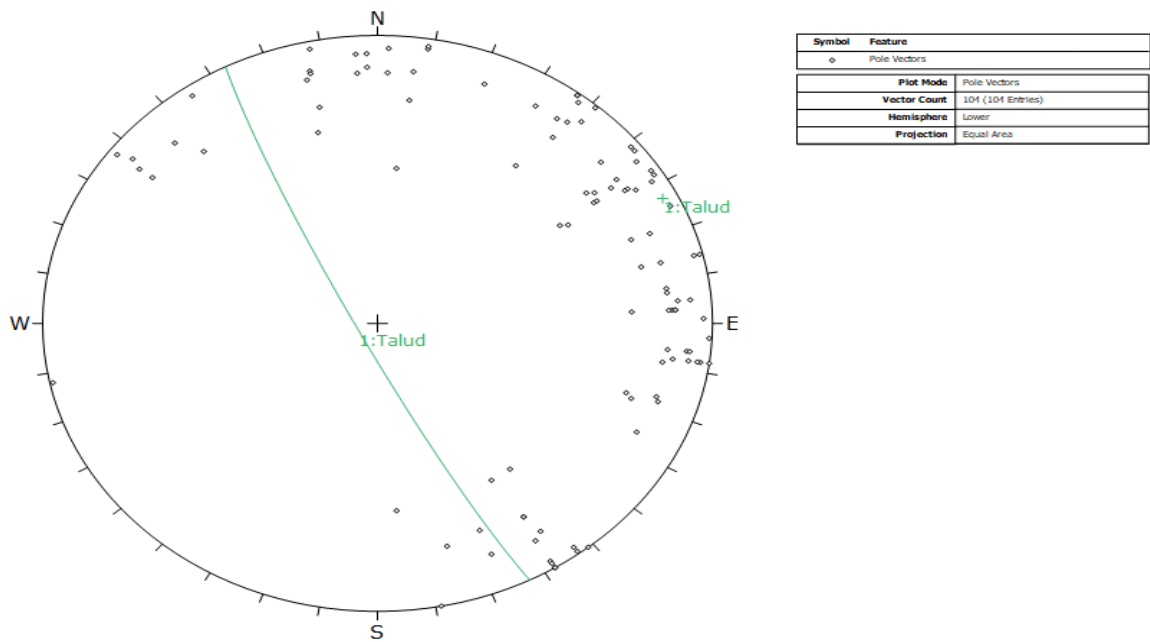
Color	Density Concentrations
	0.00 - 1.00
	1.00 - 2.00
	2.00 - 3.00
	3.00 - 4.00
	4.00 - 5.00
	5.00 - 5.00
	6.00 - 7.00
	7.00 - 8.00
	8.00 - 9.00
	9.00 - 10.00
<b>Maximum Density</b> 9.41%	
<b>Contour Data</b> Pole Vectors	
<b>Contour Distribution</b> Fisher	
<b>Counting Circle Size</b> 1.0%	
<b>Plot Mode</b> Pole Vectors	
<b>Vector Count</b> 104 (104 Entries)	
<b>Hemisphere</b> Lower	
<b>Projection</b> Equal Angle	

**Anexo 28 Gráfico de contorno de polos o distribución polar en el talud del km 10+200-10+400. Fuente Software Dips.**

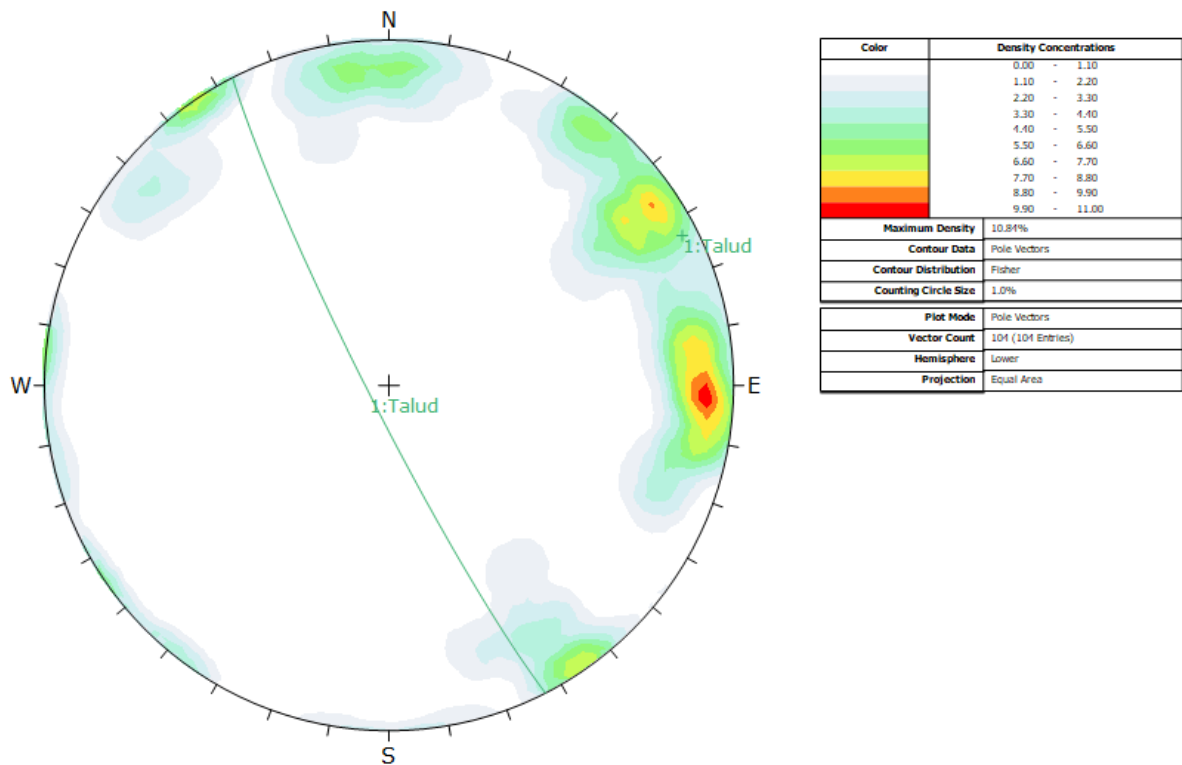


**Anexo 29 Gráfico de sistemas principales en el talud del km 10+200-10+400. Fuente Software Dips.**

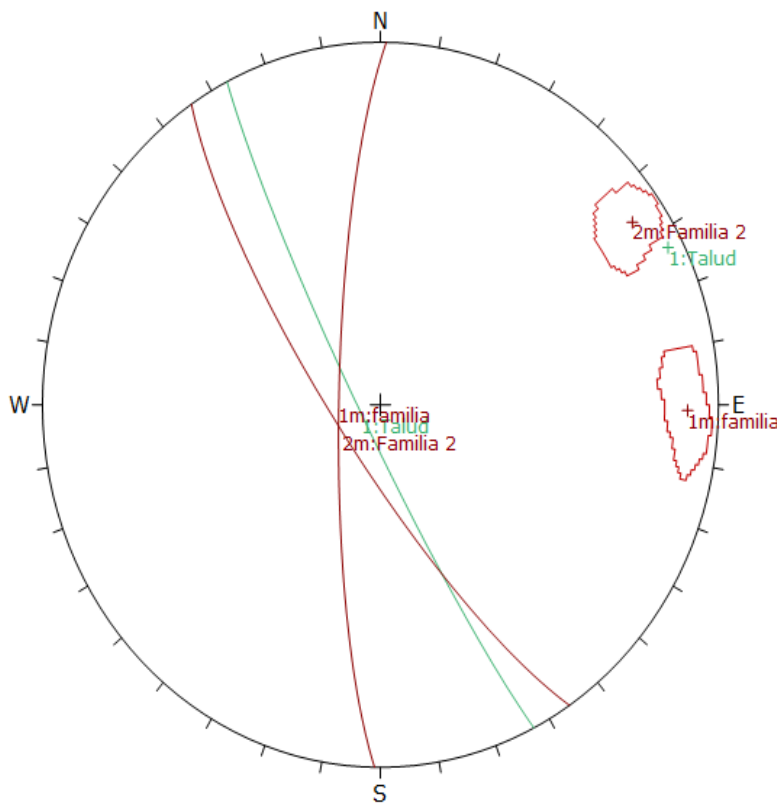
**EGM 3:KM 10+400-10+600**



**Anexo 30** Gráfico de polos de las discontinuidades en el talud del km 10+400-10+600.  
**Fuente Software Dips**



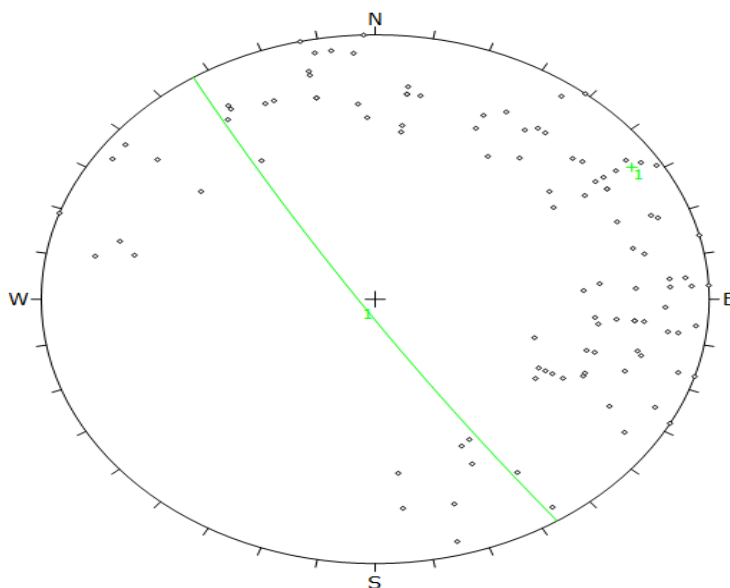
**Anexo 31** Gráfico de contorno de polos o distribución polar en el talud del km 10+400-10+600. **Fuente Software Dips**



	Color	Dip	Dip Direction	Label
<b>User Planes</b>				
1		85	243	Talud
<b>Mean Set Planes</b>				
1m		80	271	familia
2m		79	236	Familia 2
<b>Plot Mode</b>		Pole Vectors		
<b>Vector Count</b>		101 (101 Entries)		
<b>Hemisphere</b>		Lower		
<b>Projection</b>		Equal Area		

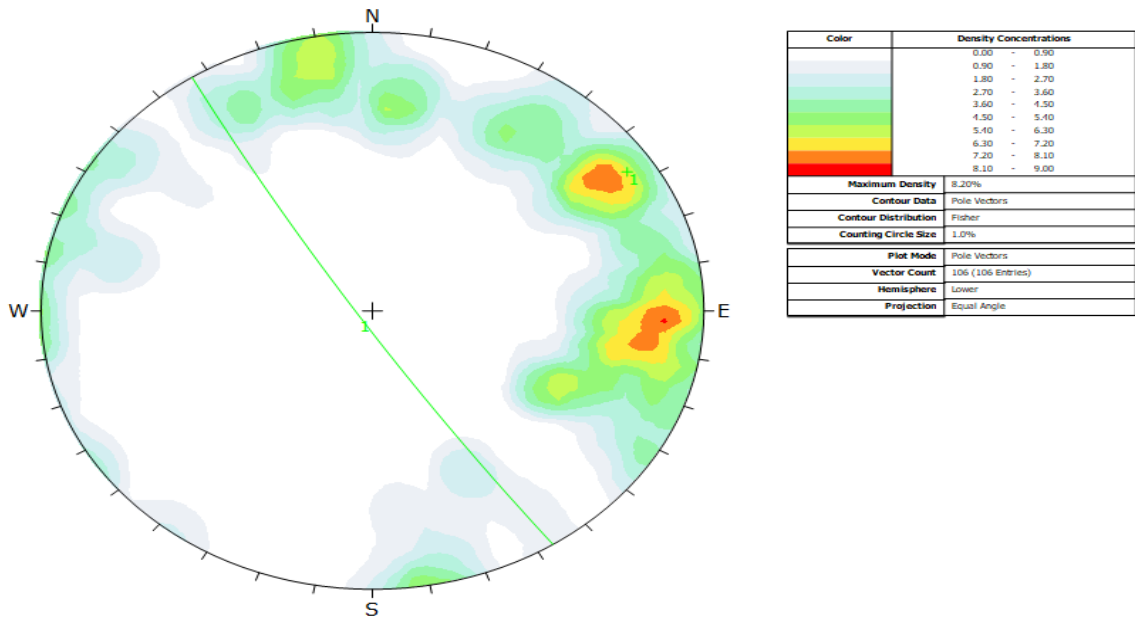
*Anexo 32 Gráfico de sistemas principales en el talud del km 10+400-10+600. Fuente Software Dips.*

**EGM 4: KM 10+600-10+800**

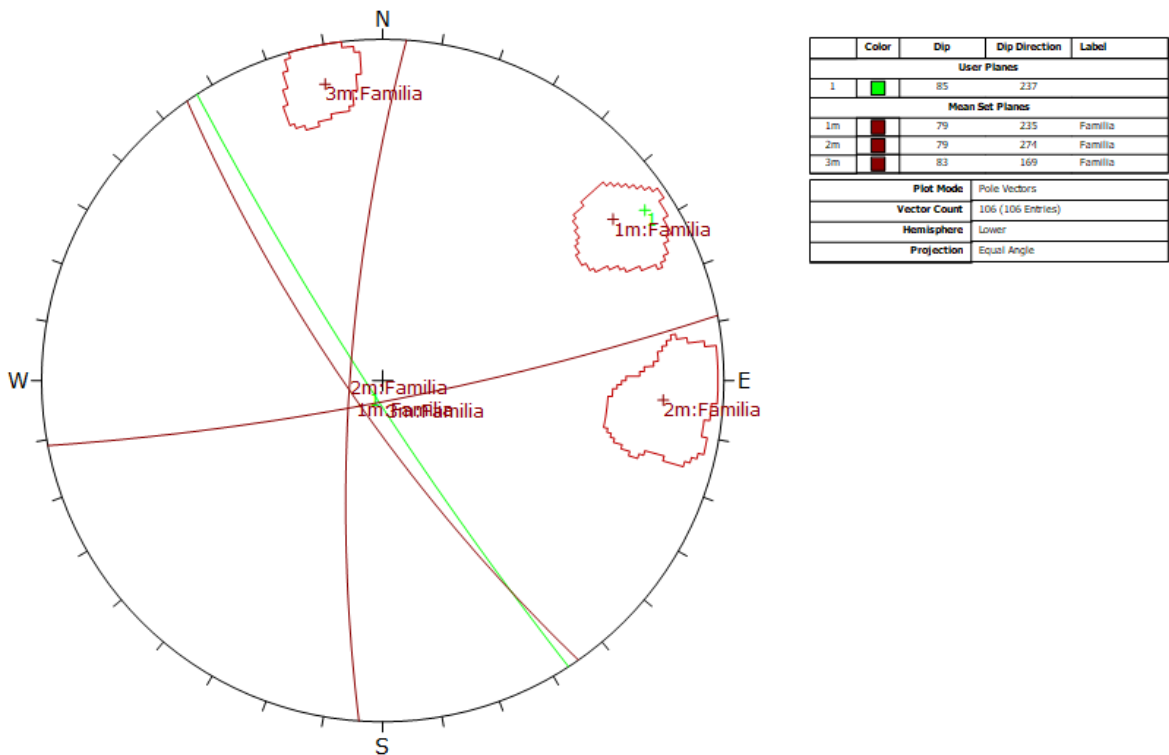


Symbol	Feature
o	Pole Vectors
<b>Plot Mode</b>	
Pole Vectors	
<b>Vector Count</b>	
106 (106 Entries)	
<b>Hemisphere</b>	
Lower	
<b>Projection</b>	
Equal Angle	

*Anexo 33 Gráfico de polos de las discontinuidades en el talud del km 10+600-10+800. Fuente Software Dips*

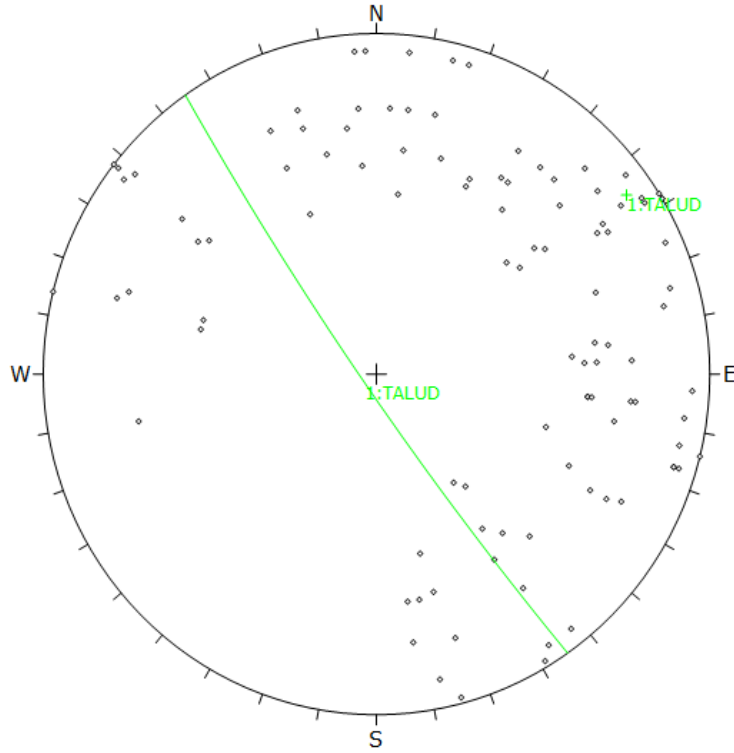


Anexo 34 Gráfico de contorno de polos o distribución polar en el talud del km 10+600-10+800. Fuente Software Dips



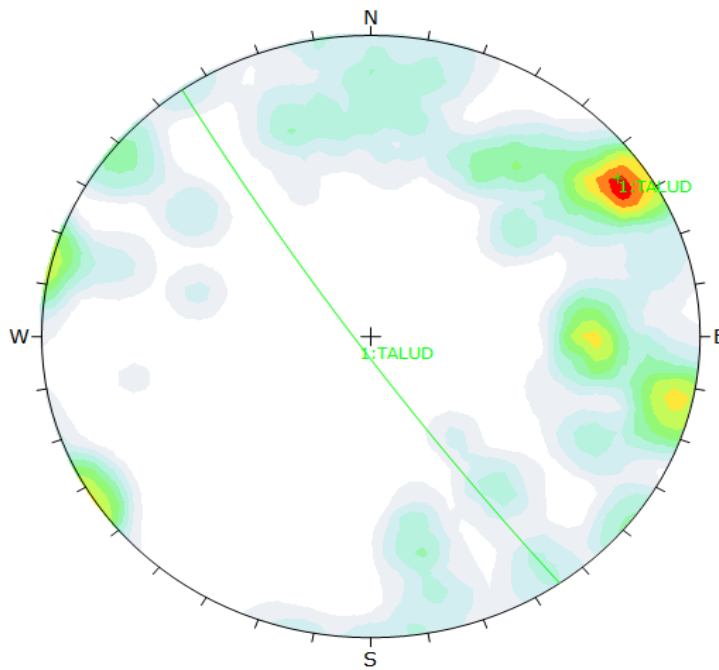
Anexo 35 Gráfico de sistemas principales en el talud del km 10+600-10+800. Fuente Software Dips.

**EGM 5: 10+800-10+1000**



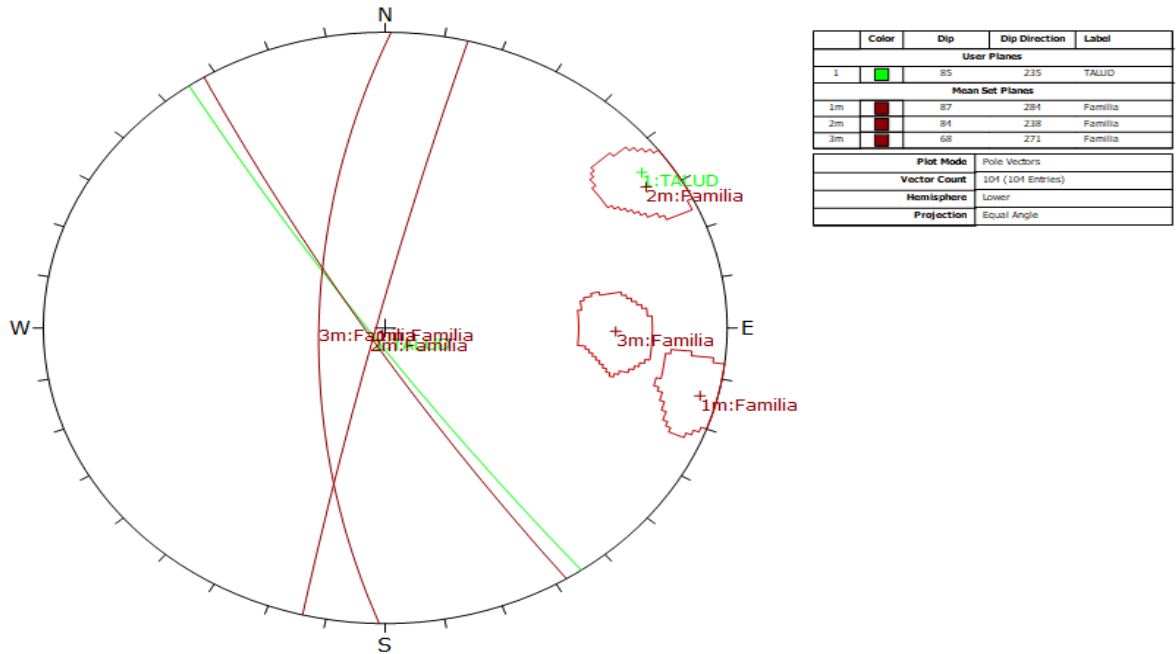
Symbol	Feature
◊	Pole Vectors
<b>Plot Mode</b> Pole Vectors	
<b>Vector Count</b> 101 (101 Entries)	
<b>Hemisphere</b> Lower	
<b>Projection</b> Equal Angle	

*Anexo 36 Gráfico de polos de las discontinuidades en el talud del km 10+800-10+1000.  
Fuente Software Dips*



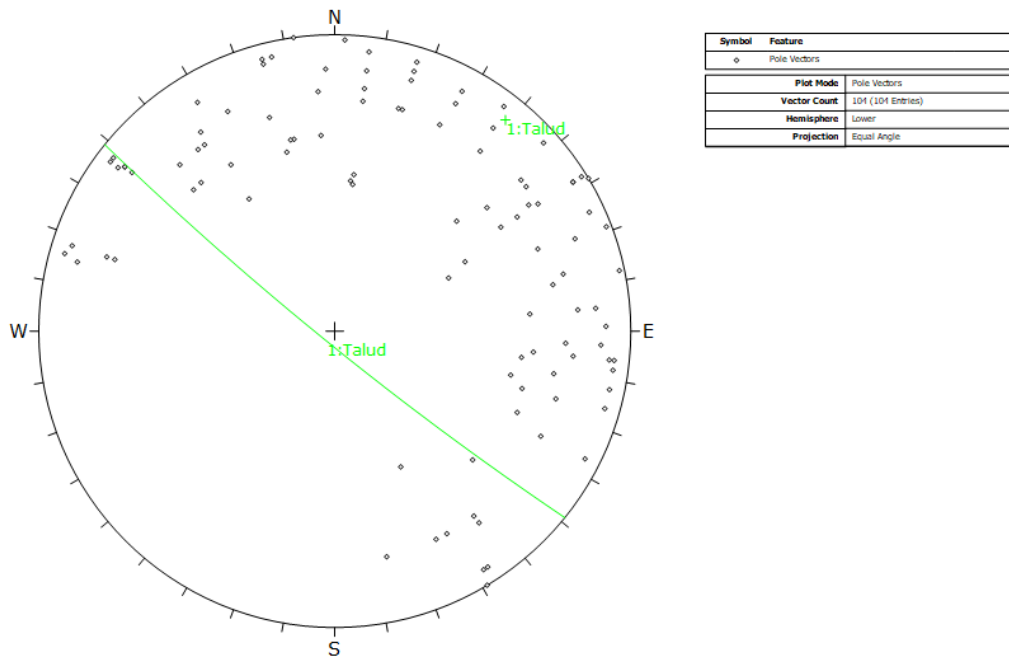
Color	Density Concentrations
	0.00 - 0.90
	0.90 - 1.80
	1.80 - 2.70
	2.70 - 3.60
	3.60 - 4.50
	4.50 - 5.40
	5.40 - 6.30
	6.30 - 7.20
	7.20 - 8.10
	8.10 - 9.00
<b>Maximum Density</b> 8.80%	
<b>Contour Data</b> Pole Vectors	
<b>Contour Distribution</b> Fisher	
<b>Counting Circle Size</b> 1.0%	
<b>Plot Mode</b> Pole Vectors	
<b>Vector Count</b> 101 (101 Entries)	
<b>Hemisphere</b> Lower	
<b>Projection</b> Equal Angle	

**Anexo 37 Gráfico de contorno de polos o distribución polar en el talud del km 10+800-10+1000. Fuente Software Dips**

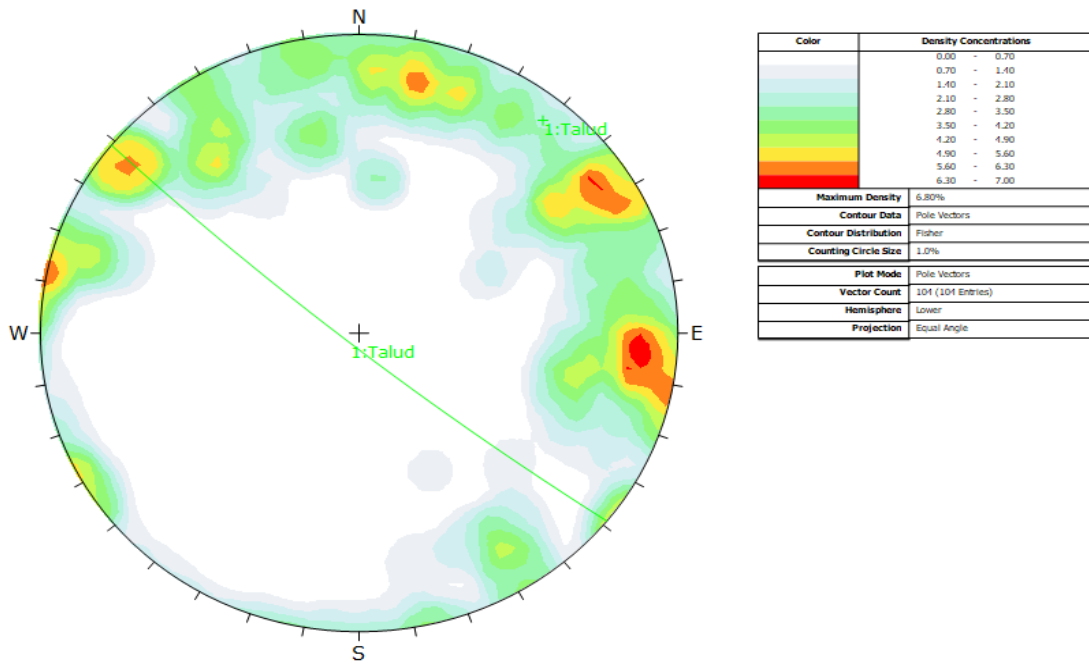


**Anexo 38 Gráfico de sistemas principales en el talud del km 10+800-10+1000. Fuente Software Dips.**

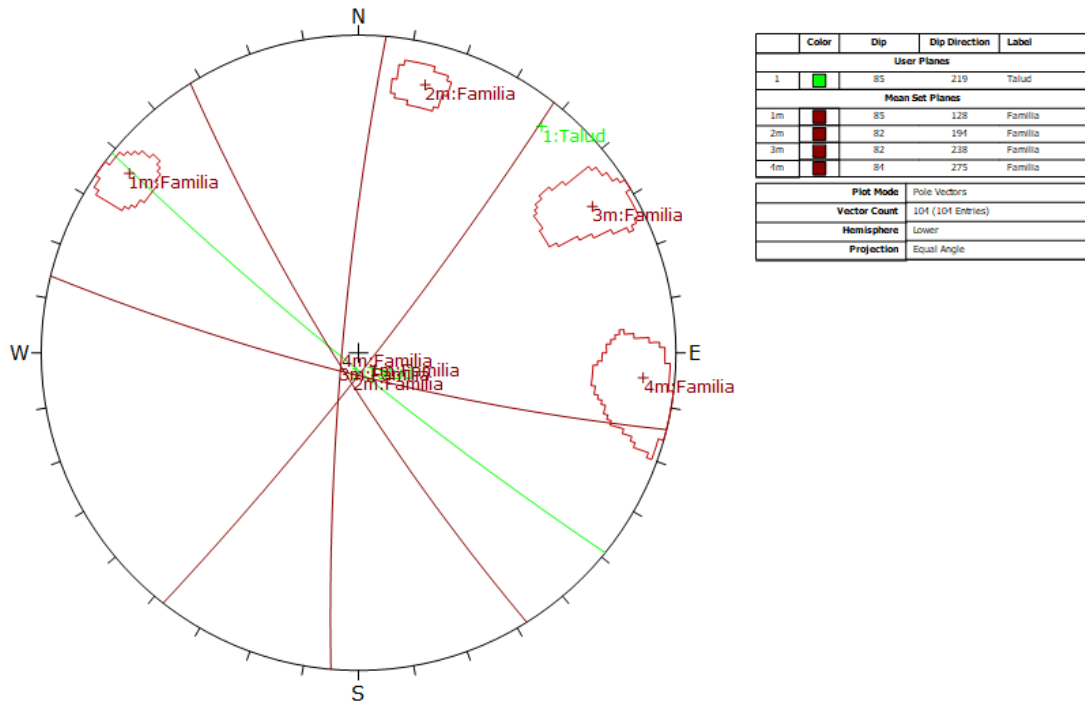
**EGM 6: KM 11+00-11+200**



**Anexo 39 Gráfico de polos de las discontinuidades en el talud del km 11+00-11+200. Fuente Software Dips**



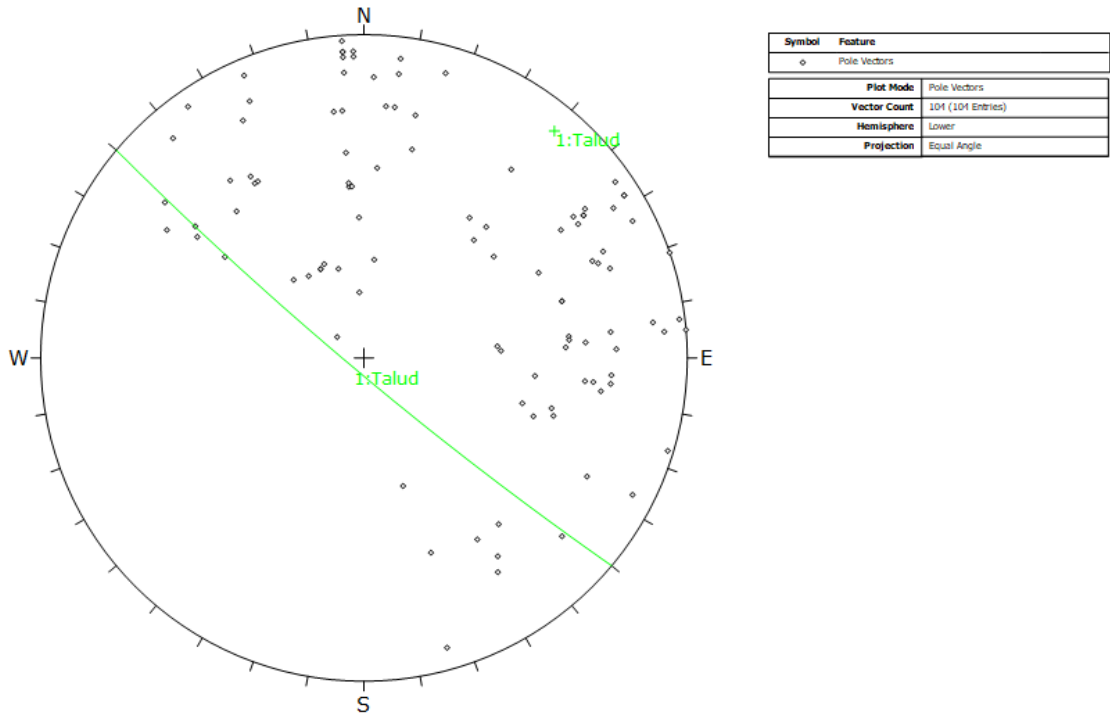
Anexo 40 Gráfico de contorno de polos o distribución polar en el talud del km 11+00-11+200. Fuente Software Dips



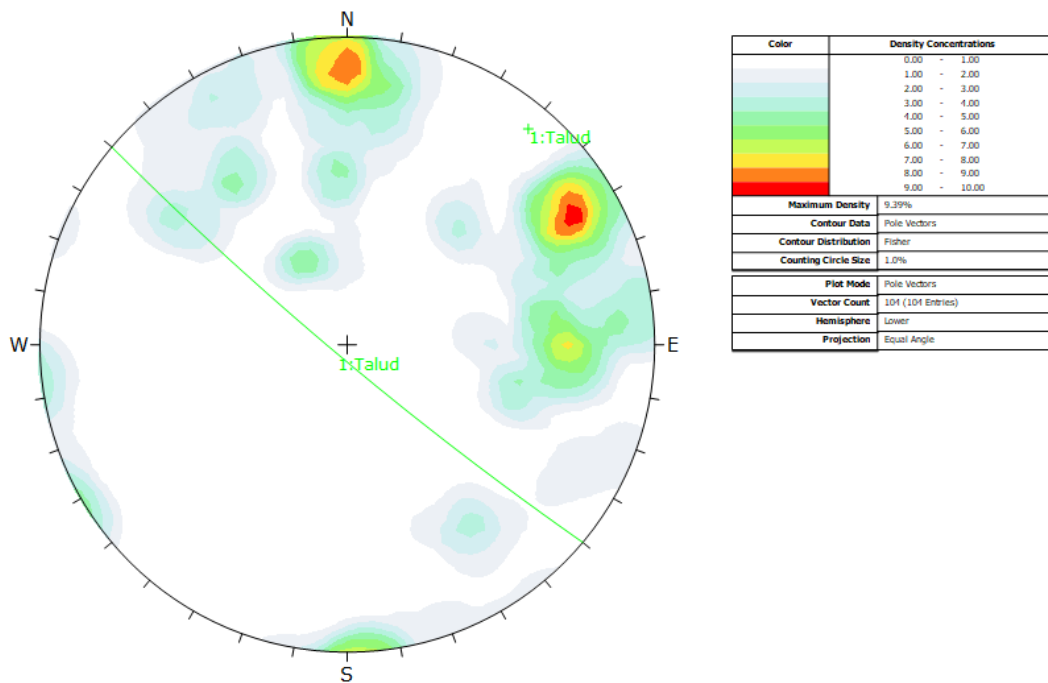
Anexo 41 Gráfico de sistemas principales en el talud del km 11+00-11+200. Fuente Software Dips.



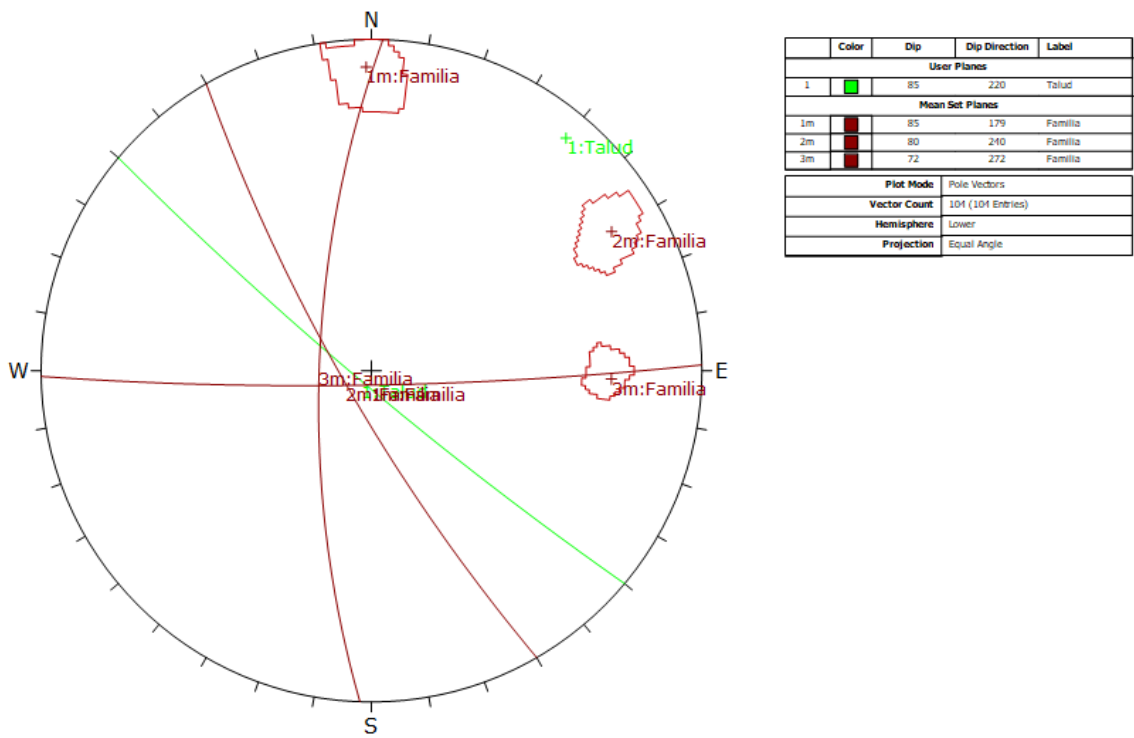
**EGM 7: KM 11+200-11+400**



*Anexo 42 Gráfico de polos de las discontinuidades en el talud del km 11+200-11+400. Fuente Software Dips*

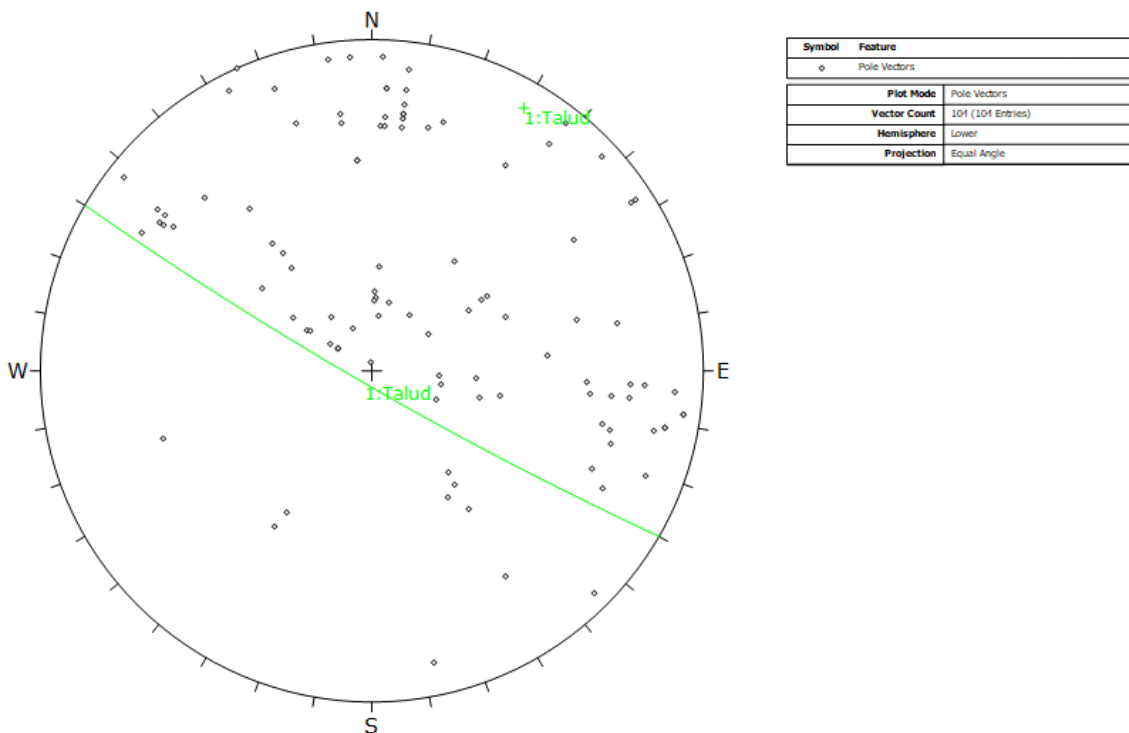


*Anexo 43 Gráfico de contorno de polos o distribución polar en el talud del km 11+200-11+400. Fuente Software Dips*

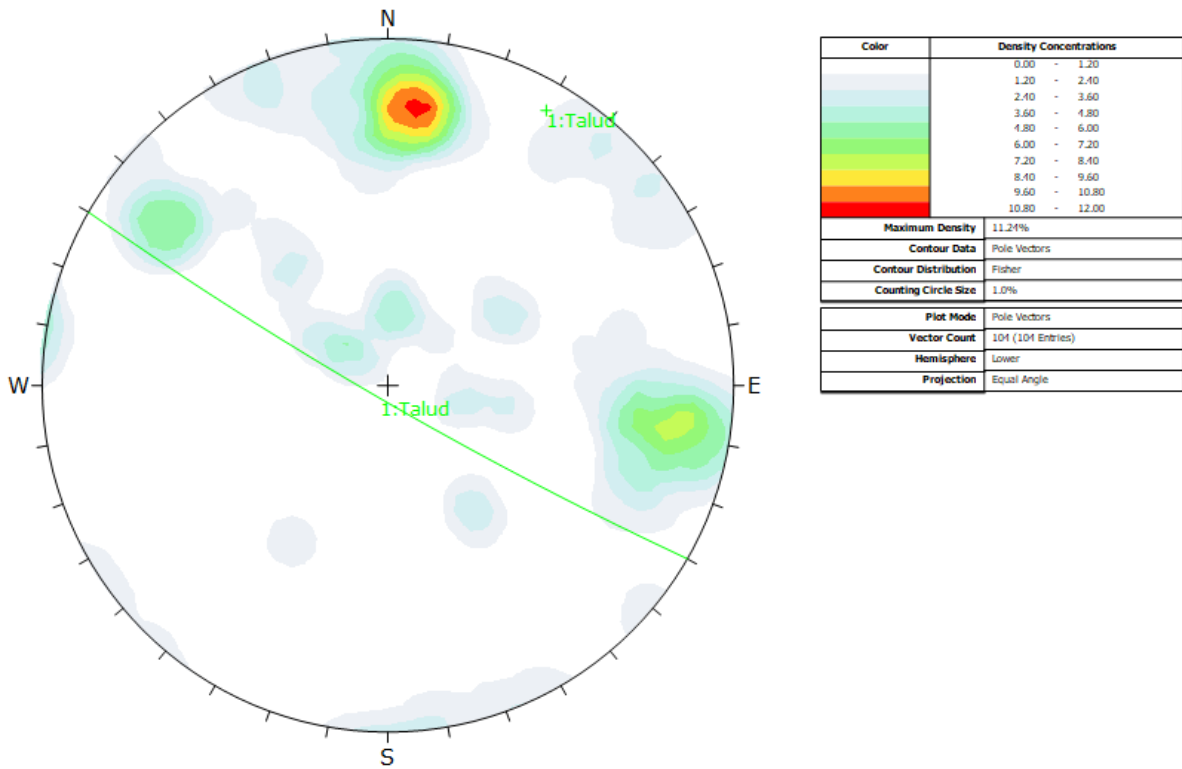


**Anexo 44** Gráfico de sistemas principales en el talud del km 11+200-11+400. Fuente Software Dips.

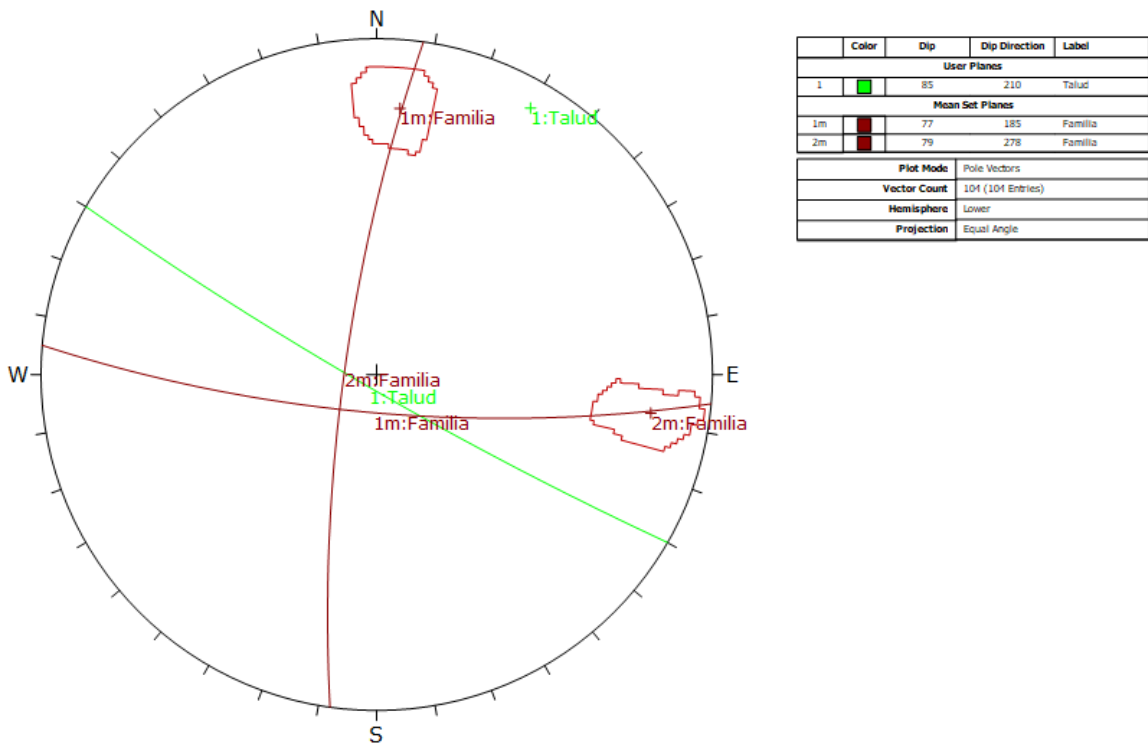
**EGM 8: KM 11+400-11+600**



**Anexo 45** Gráfico de polos de las discontinuidades en el talud del km 11+400-11+600. Fuente Software Dips

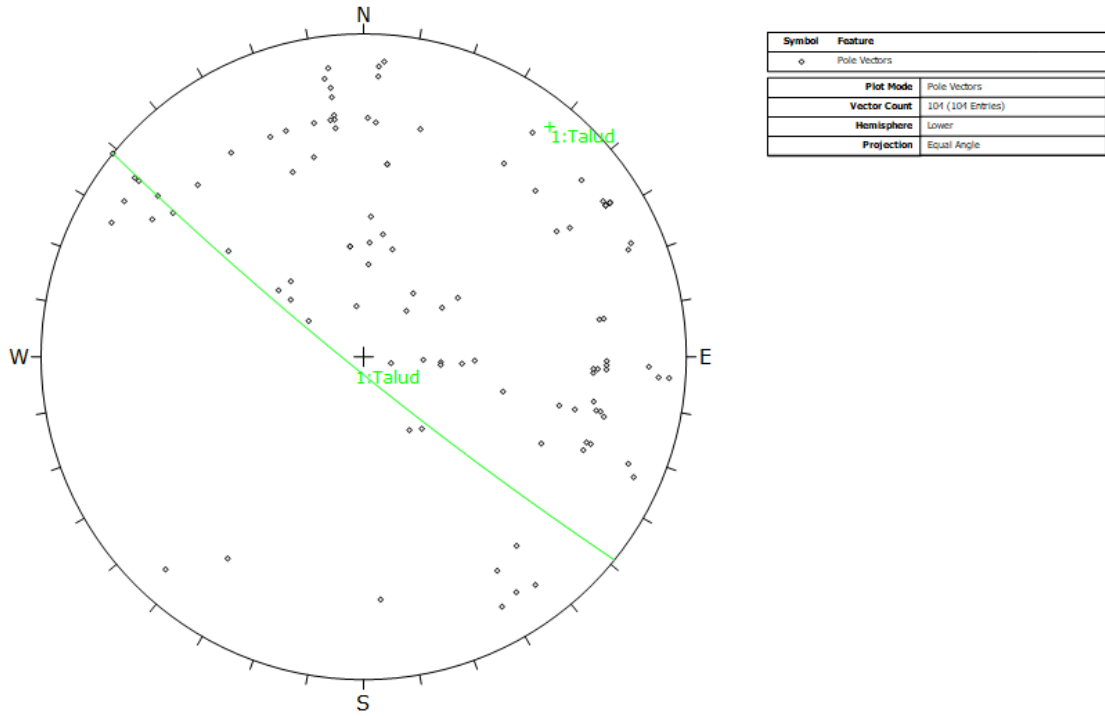


Anexo 46 Gráfico de contorno de polos o distribución polar en el talud del km 11+400-11+600. Fuente Software Dips

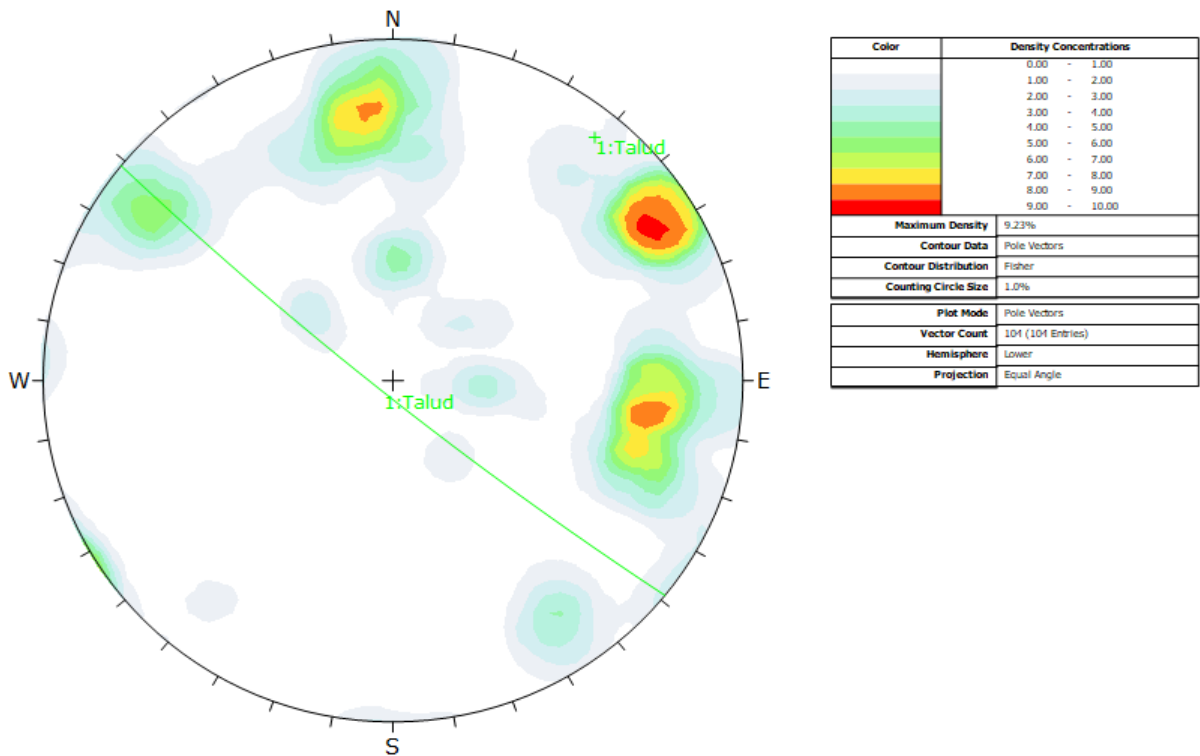


Anexo 47 Gráfico de sistemas principales en el talud del km 11+400-11+600. Fuente Software Dips.

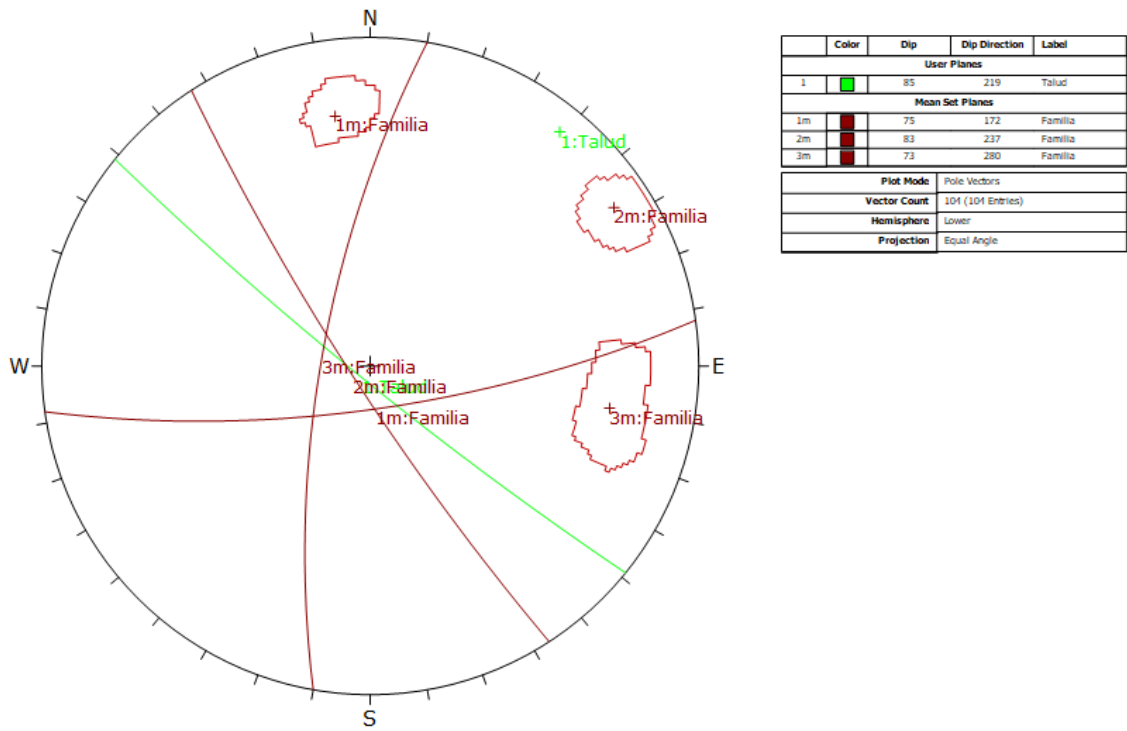
**EGM 9: KM 11+600-11+800**



*Anexo 48 Gráfico de polos de las discontinuidades en el talud del km 11+600-11+800. Fuente Software Dips*

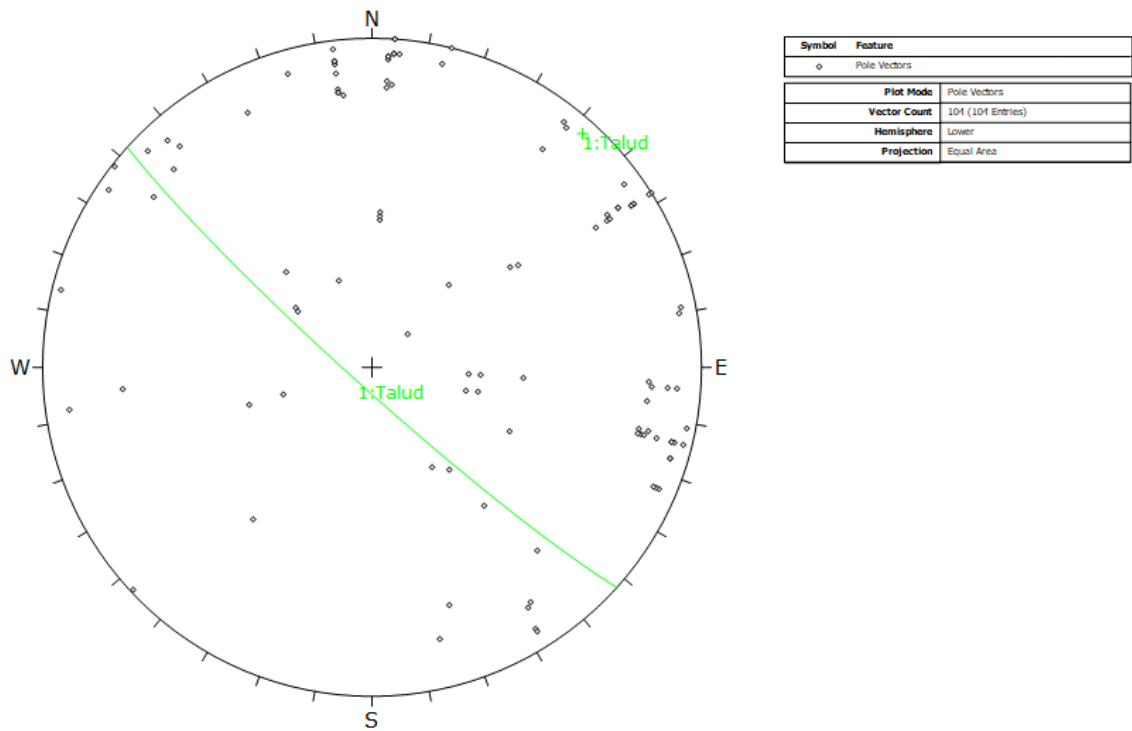


*Anexo 49 Gráfico de contorno de polos o distribución polar en el talud del km 11+600-11+800. Fuente Software Dips*

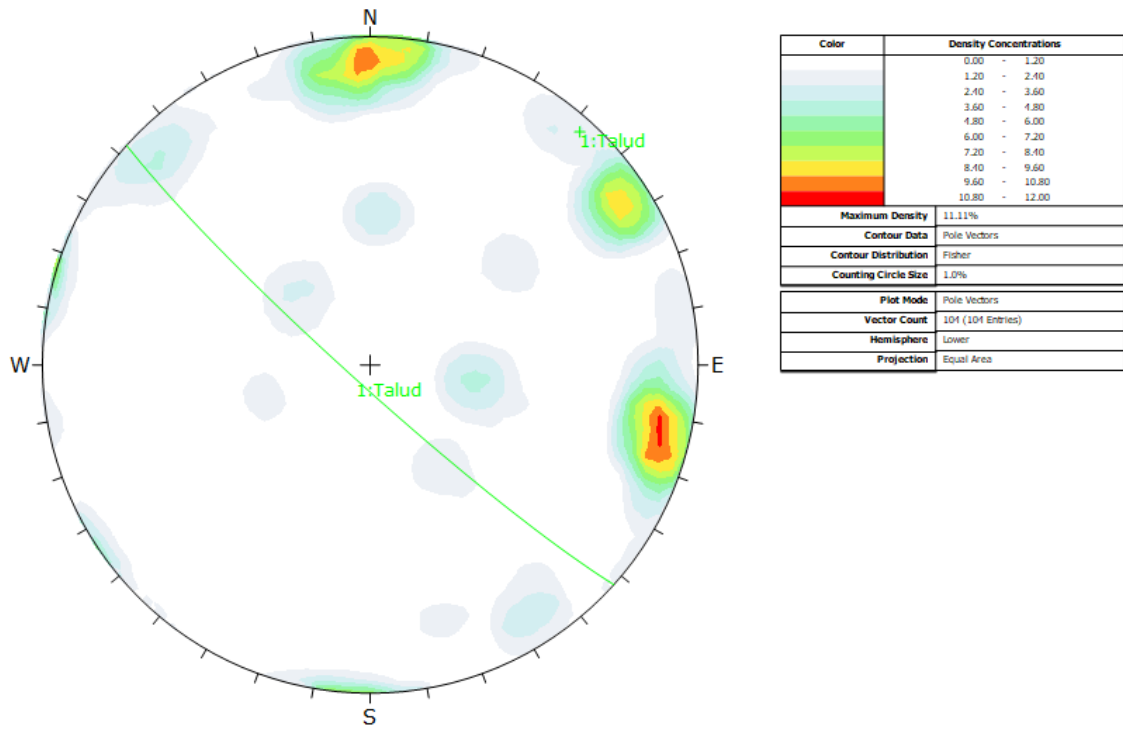


*Anexo 50 Gráfico de sistemas principales en el talud del km 11+600-11+800. Fuente Software Dips.*

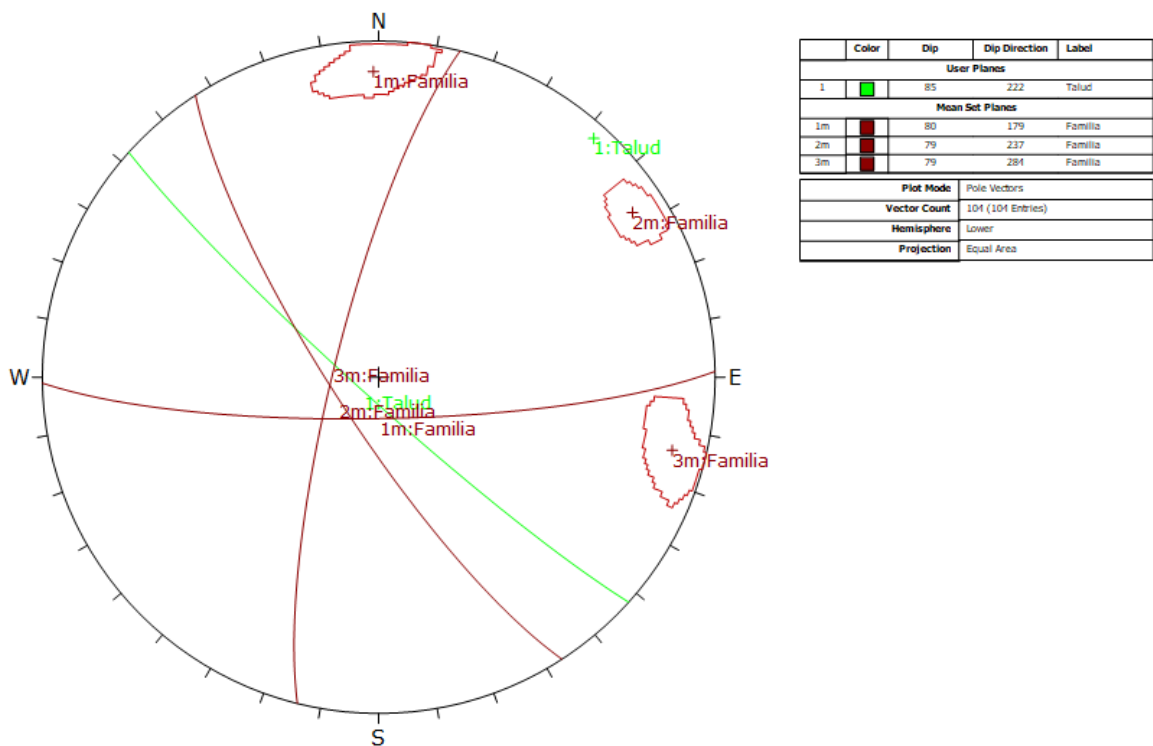
**EGM 10: KM 11+800-11+1000**



*Anexo 51 Gráfico de polos de las discontinuidades en el talud del km 11+800-11+1000. Fuente Software Dips*

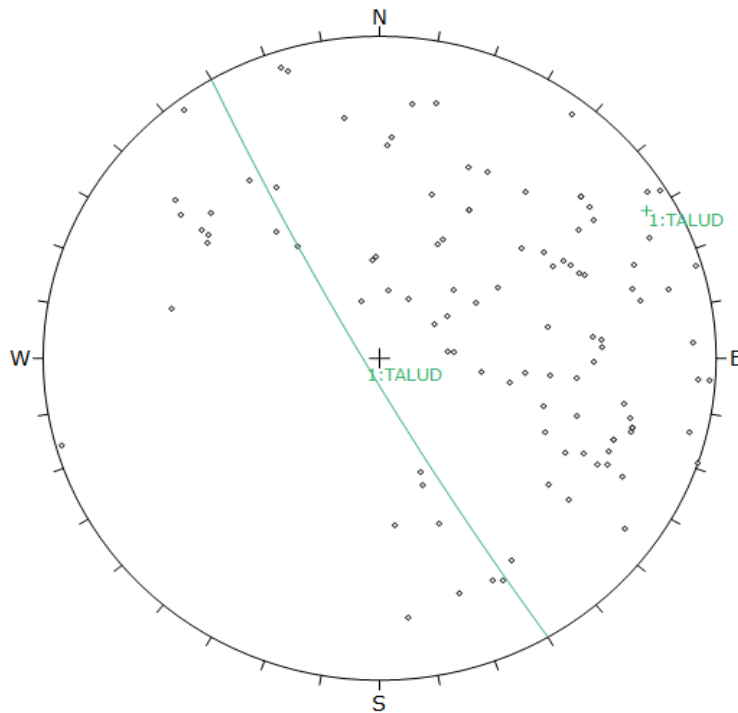


Anexo 52 Gráfico de contorno de polos o distribución polar en el talud del km 11+800-11+1000. Fuente Software Dips



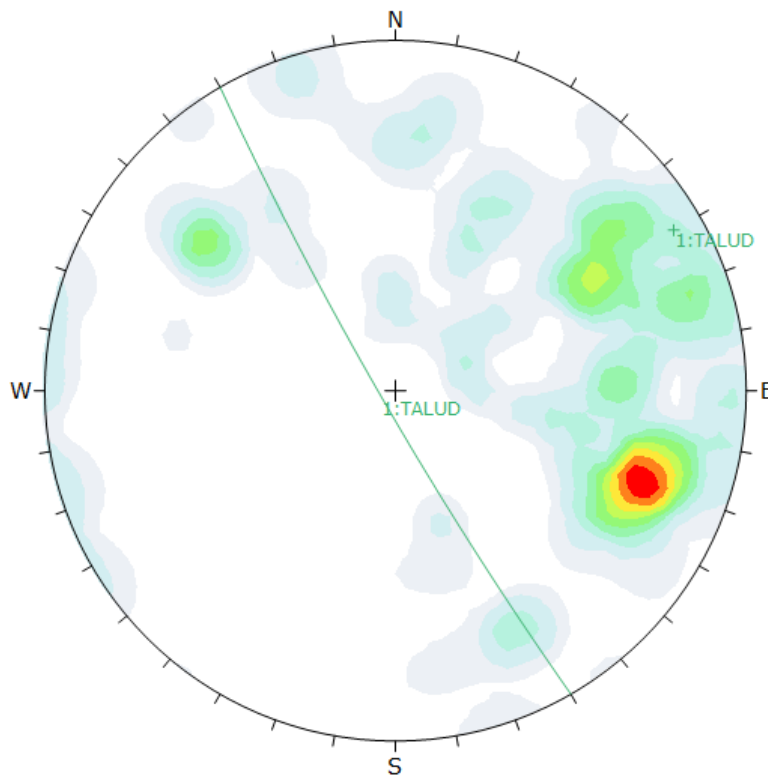
Anexo 53 Gráfico de sistemas principales en el talud del km 11+800-11+1000. Fuente Software Dips.

**EGM 11: KM 12+00-12+200**



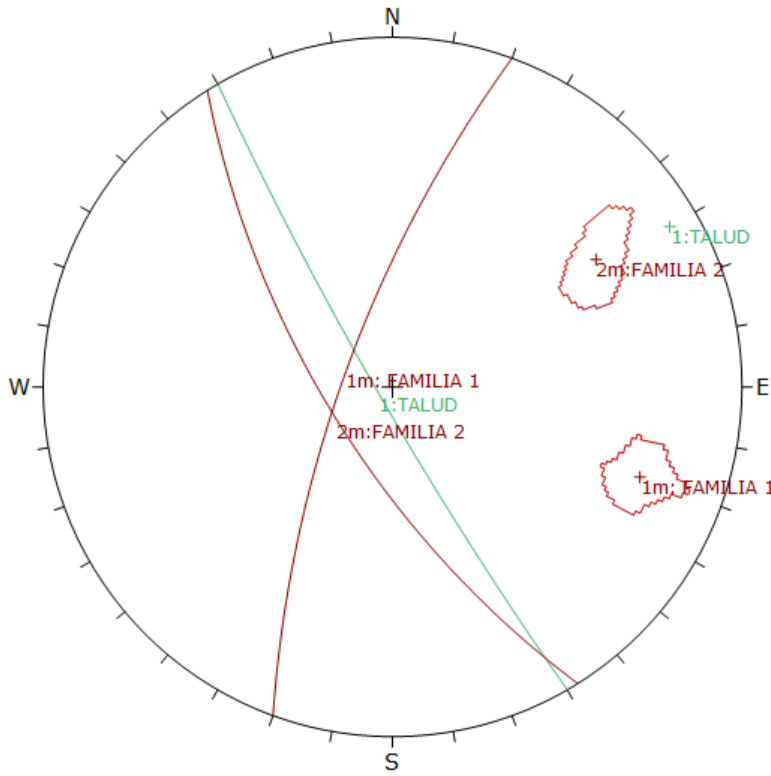
Symbol	Feature
◊	Pole Vectors
Plot Mode: Pole Vectors	
Vector Count: 101 (101 Entries)	
Hemisphere: Lower	
Projection: Equal Angle	

**Anexo 54 Gráfico de polos de las discontinuidades en el talud del km 12+00-12+200. Fuente Software Dips**



Color	Density Concentrations
	0.00 - 0.90
	0.90 - 1.80
	1.80 - 2.70
	2.70 - 3.60
	3.60 - 4.50
	4.50 - 5.40
	5.40 - 6.30
	6.30 - 7.20
	7.20 - 8.10
	8.10 - 9.00
Maximum Density: 8.96%	
Contour Data: Pole Vectors	
Contour Distribution: Fisher	
Counting Circle Size: 1.0%	
Plot Mode: Pole Vectors	
Vector Count: 101 (101 Entries)	
Hemisphere: Lower	
Projection: Equal Angle	

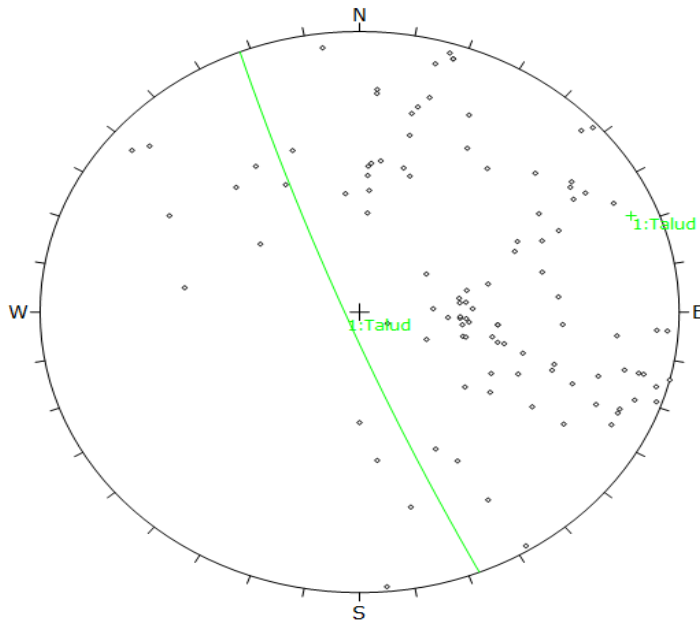
**Anexo 55 Gráfico de contorno de polos o distribución polar en el talud del km 12+00-12+200. Fuente Software Dips**



Color	Dip	Dip Direction	Label
User Planes			
1	85	240	TALUD
Mean Set Planes			
1m	74	290	FAMILIA 1
2m	69	238	FAMILIA 2
Plot Mode		Pole Vectors	
Vector Count		104 (104 Entries)	
Hemisphere		Lower	
Projection		Equal Angle	

*Anexo 56 Gráfico de sistemas principales en el talud del km 12+00-12+200. Fuente Software Dips.*

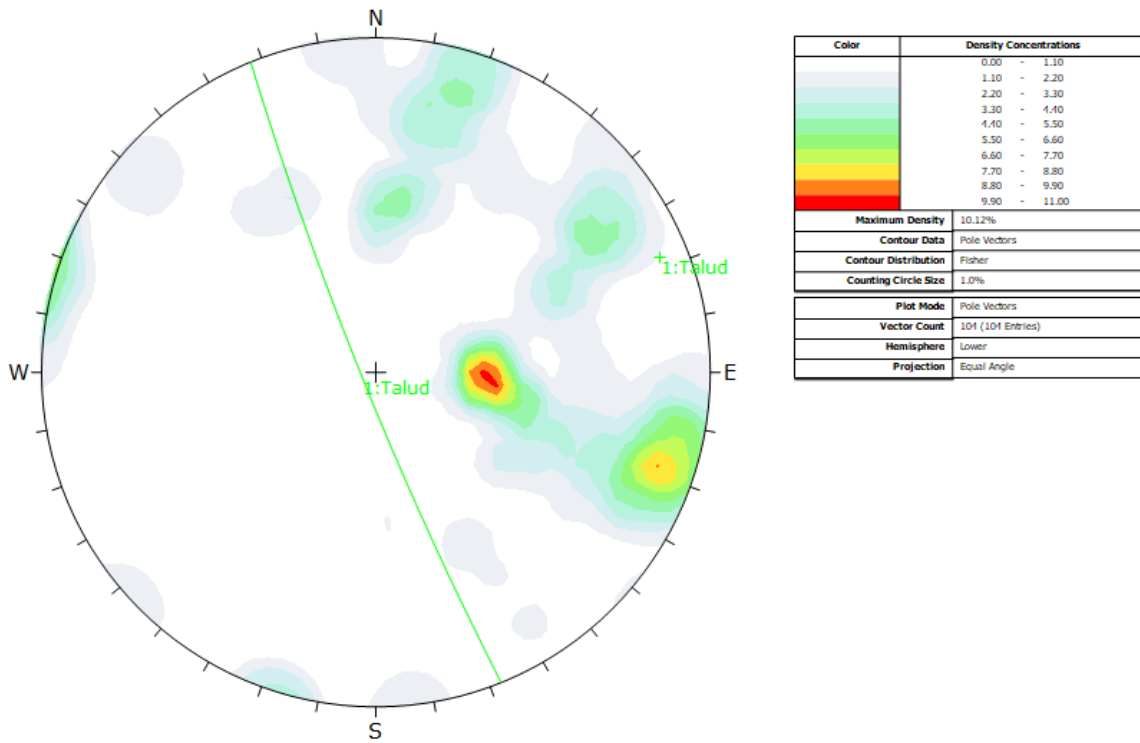
**EGM 12: KM 12+200-12+400**



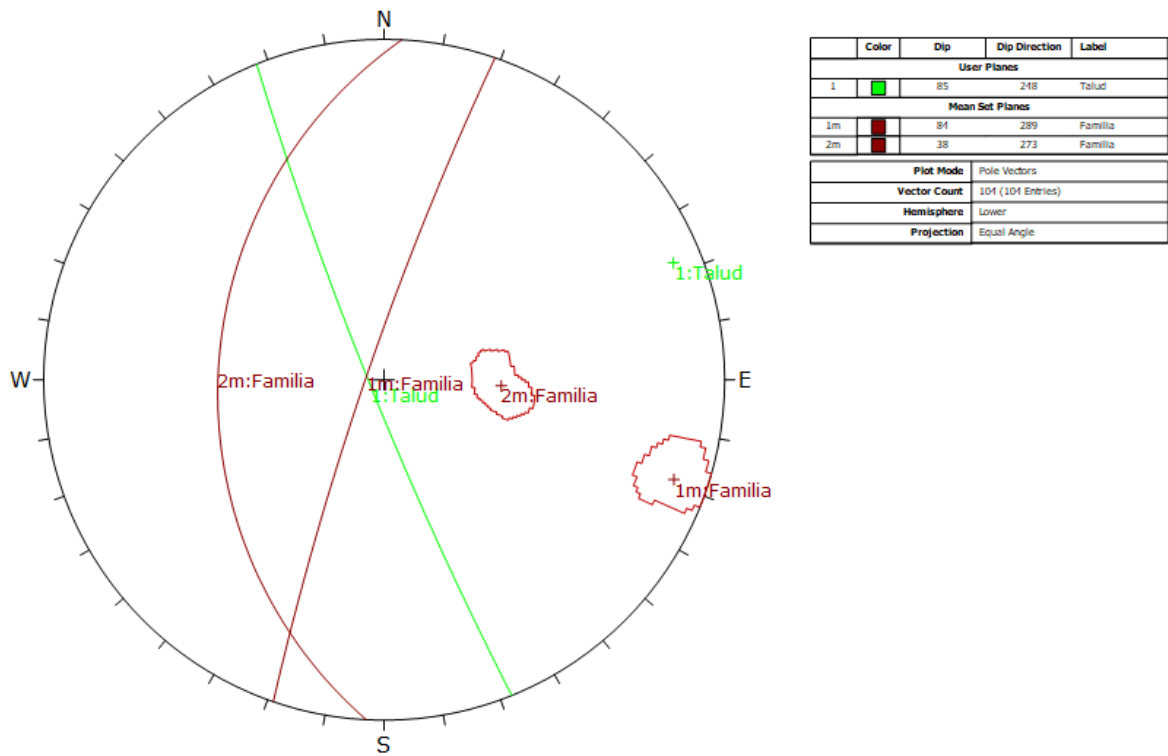
Symbol	Feature
○	Pole Vectors
Plot Mode: Pole Vectors	
Vector Count: 104 (104 Entries)	
Hemisphere: Lower	
Projection: Equal Angle	

*Anexo 57 Gráfico de polos de las discontinuidades en el talud del km 12+200-12+400. Fuente Software Dips*



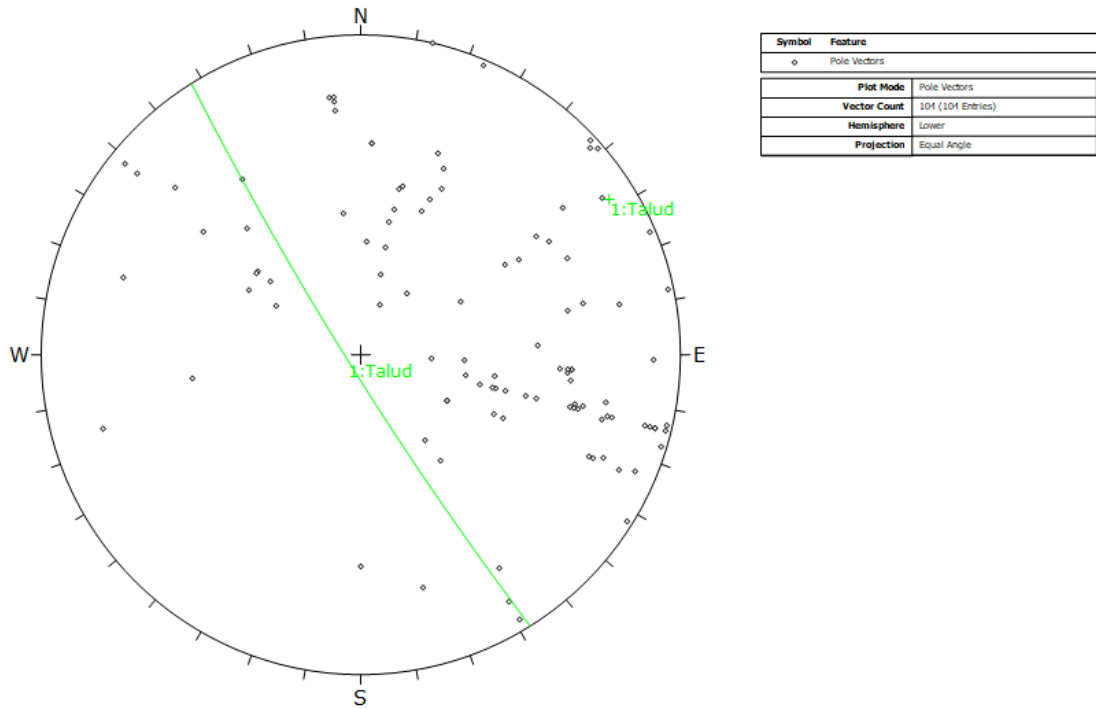


Anexo 58 Gráfico de contorno de polos o distribución polar en el talud del km 12+200-12+400. Fuente Software Dips

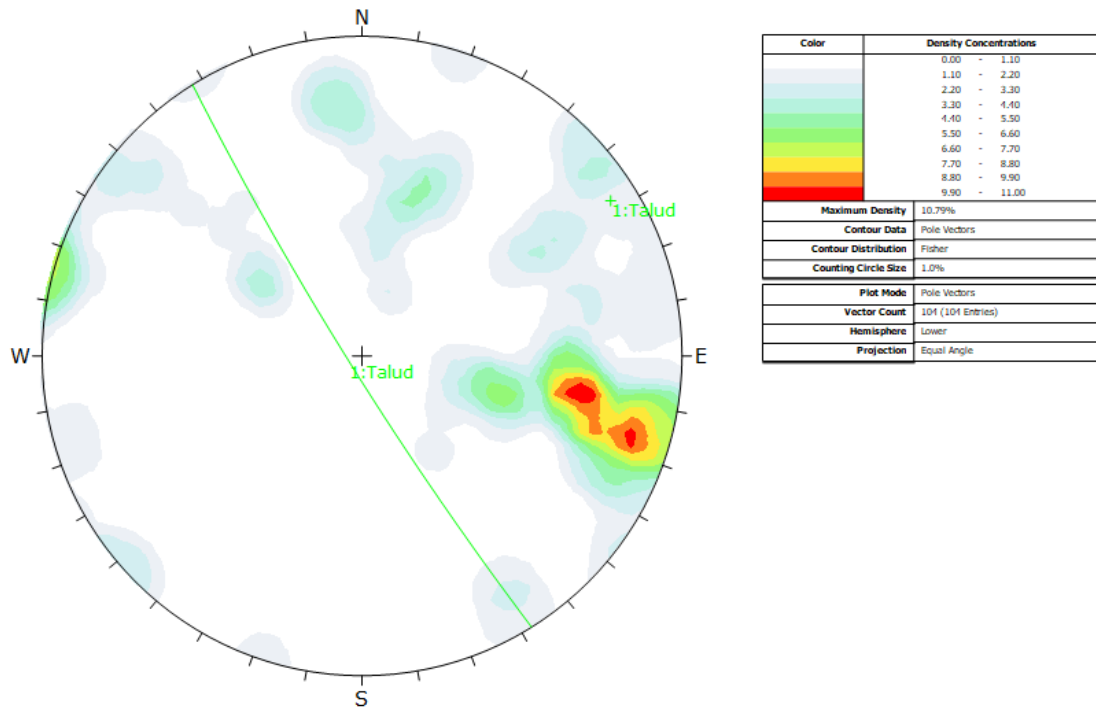


Anexo 59 Gráfico de sistemas principales en el talud del km 12+200-12+400. Fuente Software Dips.

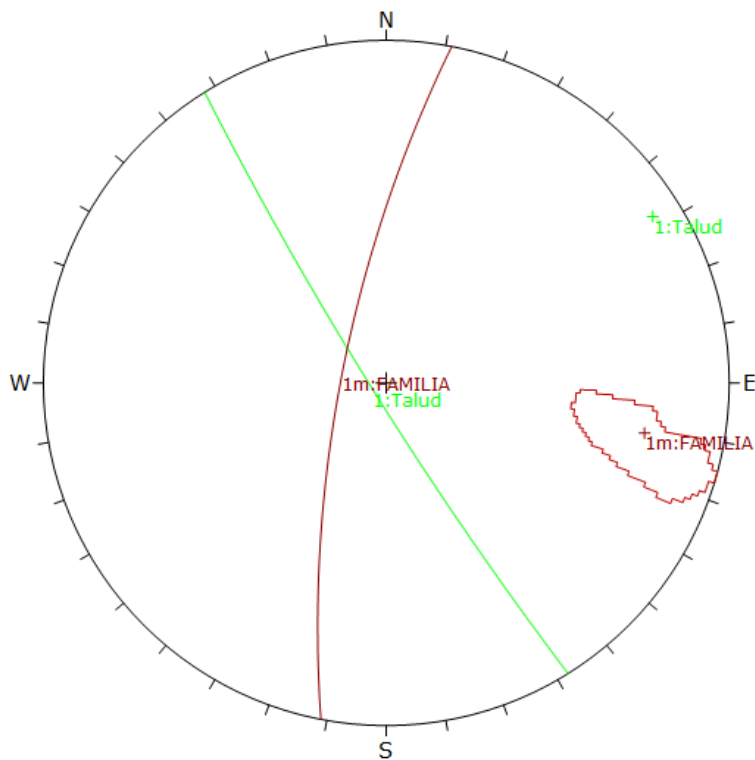
**EGM 13: KM 12+400-12+600**



*Anexo 60 Gráfico de polos de las discontinuidades en el talud del km 12+400-12+600. Fuente Software Dips*



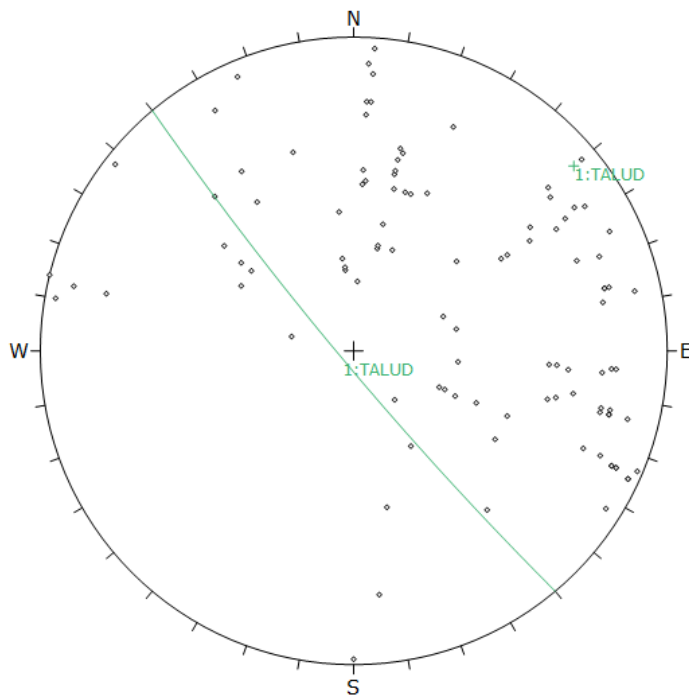
*Anexo 61 Gráfico de contorno de polos o distribución polar en el talud del km 12+400-12+600. Fuente Software Dips*



	Color	Dip	Dip Direction	Label
User Planes				
1		85	238	Talud
Mean Set Planes				
1m		75	281	FAMILIA
Plot Mode		Pole Vectors		
Vector Count		104 (104 Entries)		
Hemisphere		Lower		
Projection		Equal Angle		

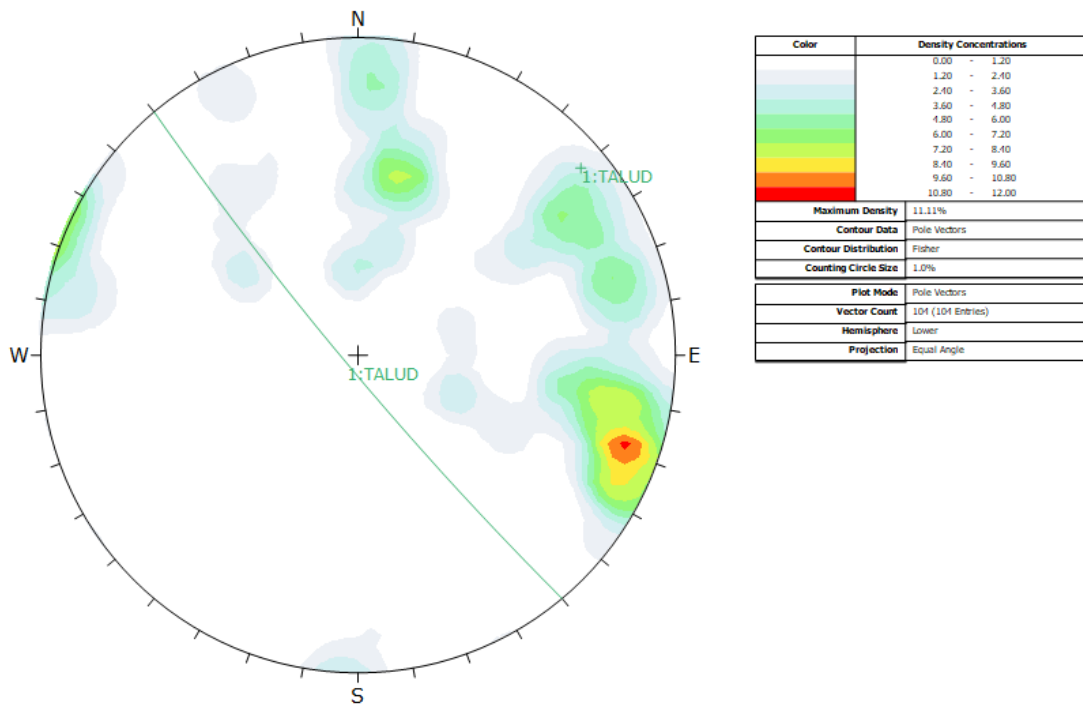
**Anexo 62** Gráfico de sistemas principales en el talud del km 12+400-12+600. Fuente Software Dips.

**EGM 14: KM 12+600-12+800**

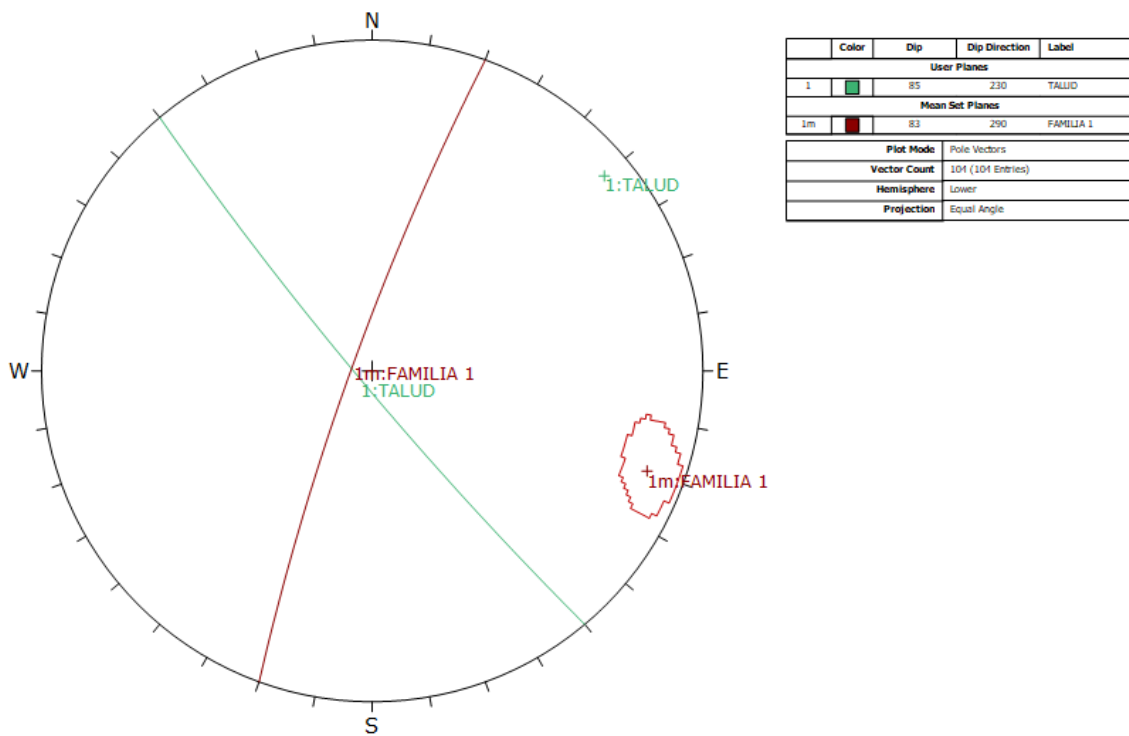


Symbol	Feature
○	Pole Vectors
Plot Mode: Pole Vectors	
Vector Count: 104 (104 Entries)	
Hemisphere: Lower	
Projection: Equal Angle	

**Anexo 63** Gráfico de polos de las discontinuidades en el talud del km 12+600-12+800. Fuente Software Dips

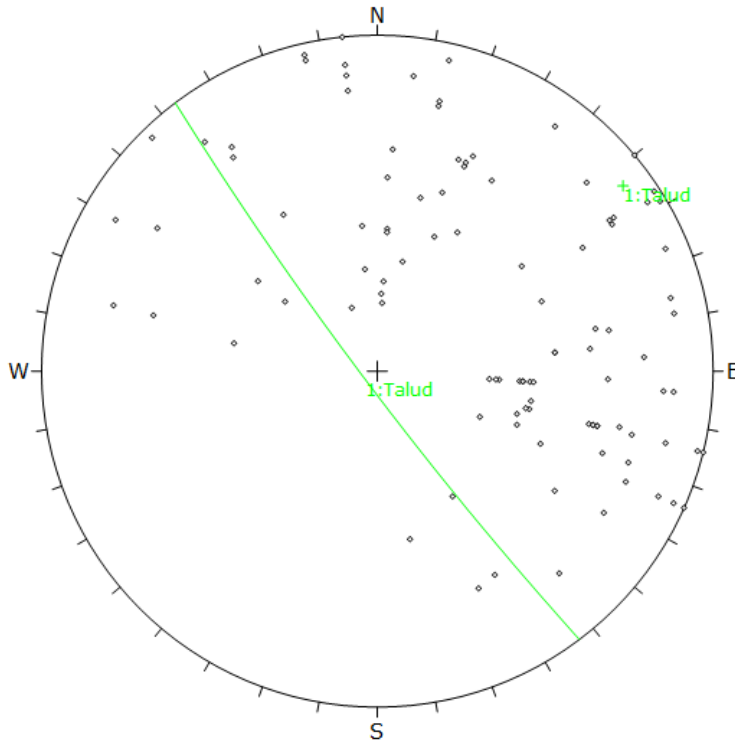


**Anexo 64** Gráfico de contorno de polos o distribución polar en el talud del km 12+600-12+800. Fuente Software Dips



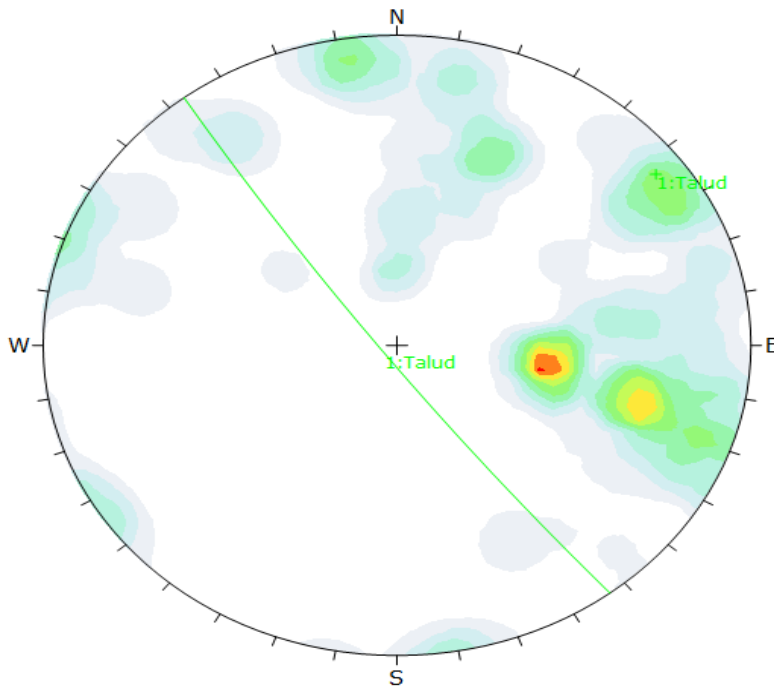
**Anexo 65** Gráfico de sistemas principales en el talud del km 12+600-12+800. Fuente Software Dips.

**EGM 15: KM 12+800-12+1000**



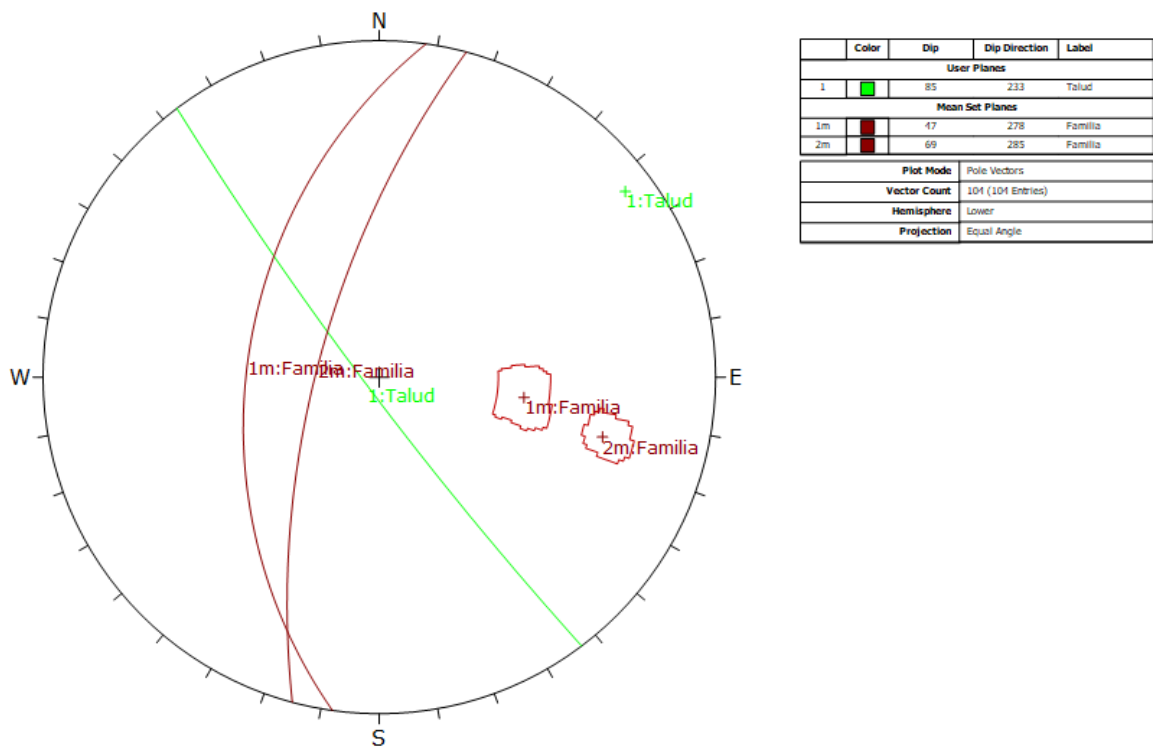
Symbol	Feature
○	Pole Vectors
<b>Plot Mode</b> Pole Vectors	
<b>Vector Count</b> 104 (104 Entries)	
<b>Hemisphere</b> Lower	
<b>Projection</b> Equal Angle	

*Anexo 66 Gráfico de polos de las discontinuidades en el talud del km 12+800-12+1000. Fuente Software Dips*



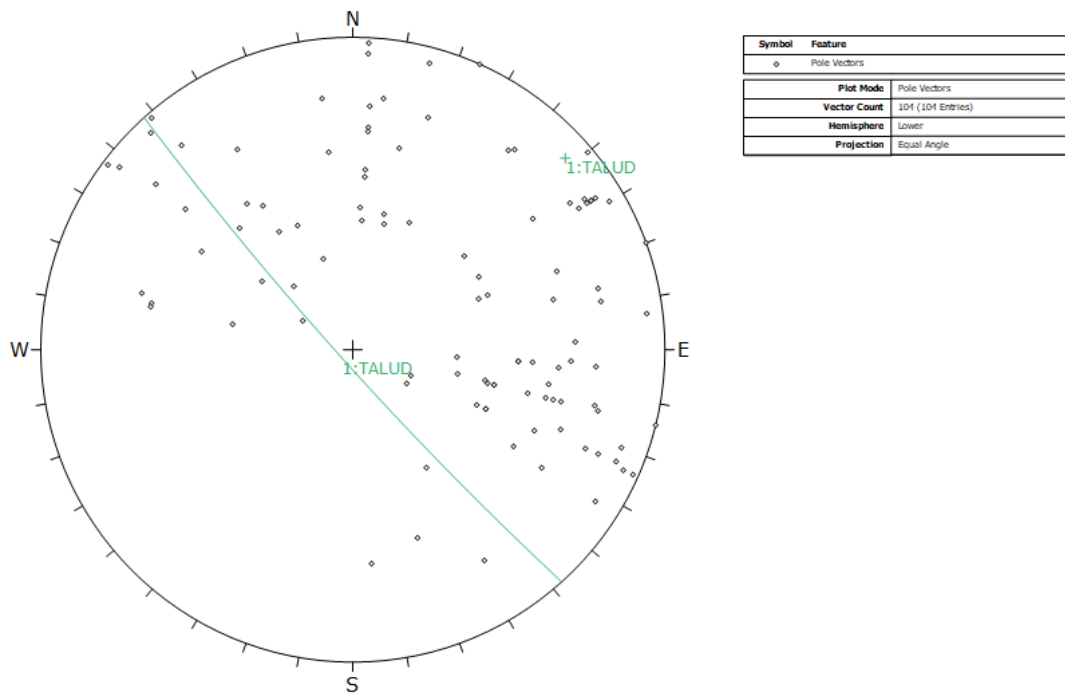
Color	Density Concentrations
	0.00 - 1.00
	1.00 - 2.00
	2.00 - 3.00
	3.00 - 4.00
	4.00 - 5.00
	5.00 - 6.00
	6.00 - 7.00
	7.00 - 8.00
	8.00 - 9.00
	9.00 - 10.00
<b>Maximum Density</b>	9.11%
<b>Contour Data</b> Pole Vectors	
<b>Contour Distribution</b> Fisher	
<b>Counting Circle Size</b> 1.0%	
<b>Plot Mode</b> Pole Vectors	
<b>Vector Count</b> 104 (104 Entries)	
<b>Hemisphere</b> Lower	
<b>Projection</b> Equal Angle	

*Anexo 67 Gráfico de contorno de polos o distribución polar en el talud del km 12+800-12+1000. Fuente Software Dips*

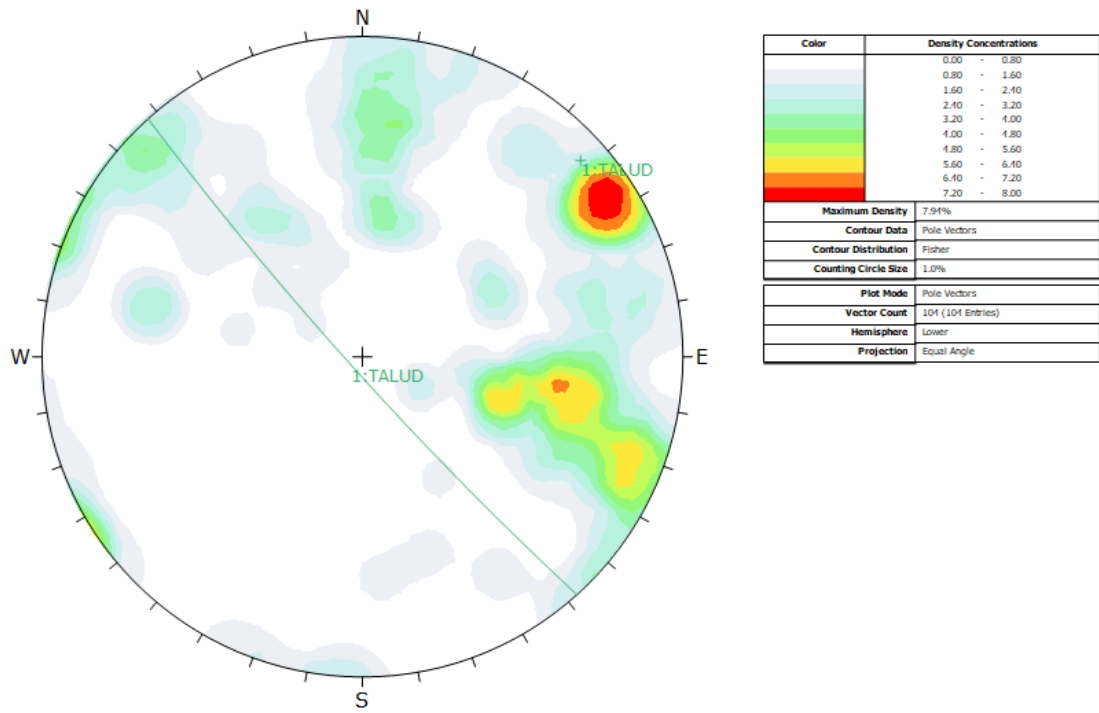


**Anexo 68** Gráfico de sistemas principales en el talud del km 12+800-12+1000. Fuente Software Dips.

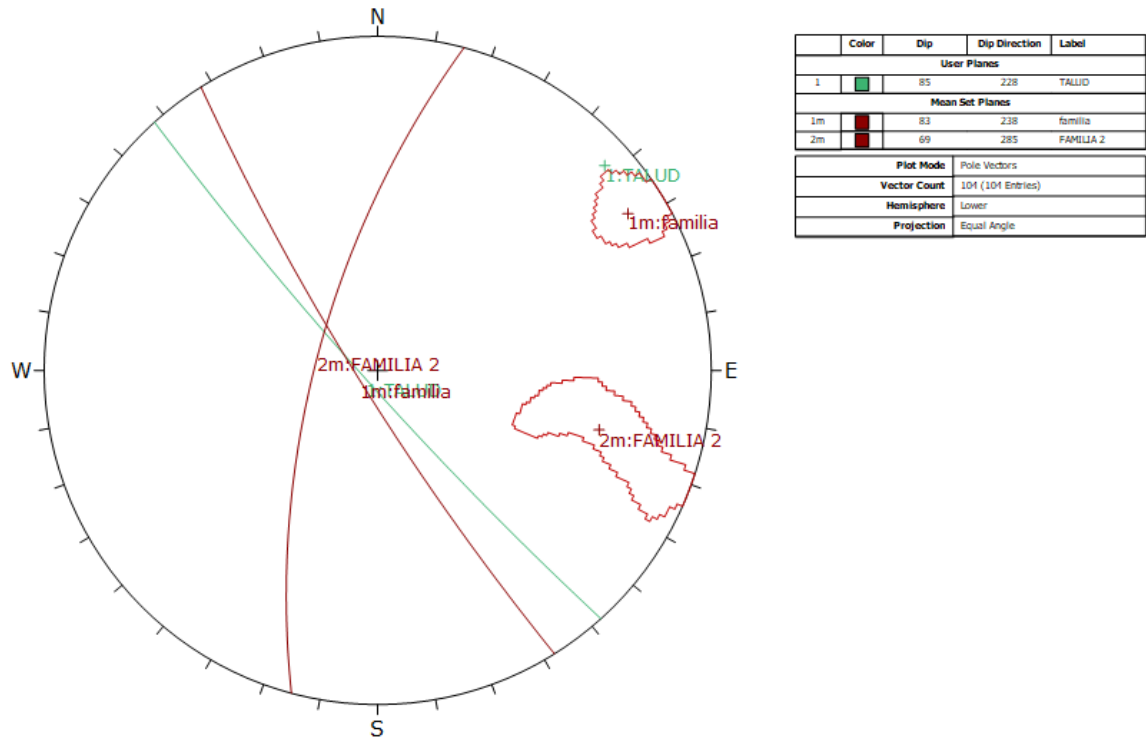
**EGM 16: KM 13+00-12+200**



**Anexo 69** Gráfico de polos de las discontinuidades en el talud del km 13+00-13+200. Fuente Software Dips

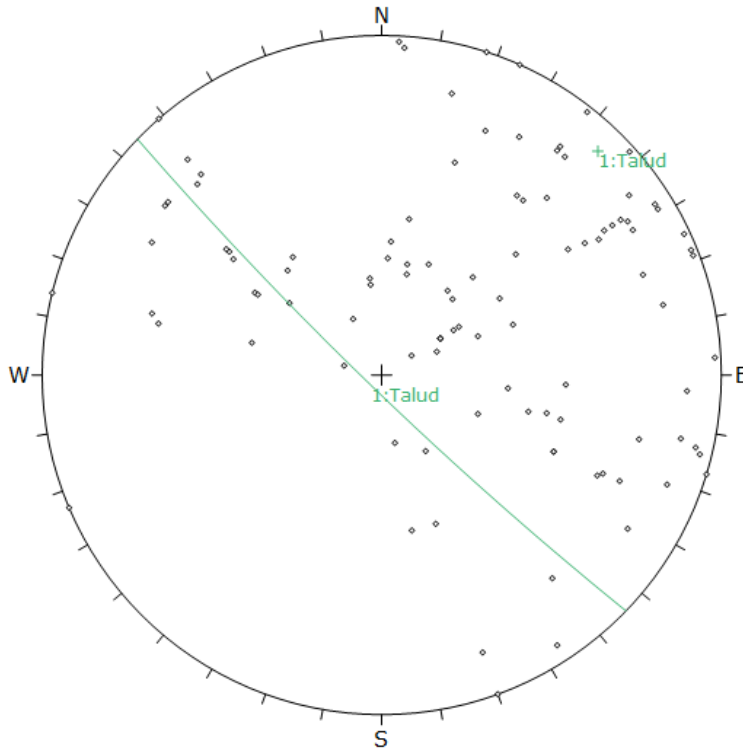


Anexo 70 Gráfico de contorno de polos o distribución polar en el talud del km 13+00-13+200. Fuente Software Dips



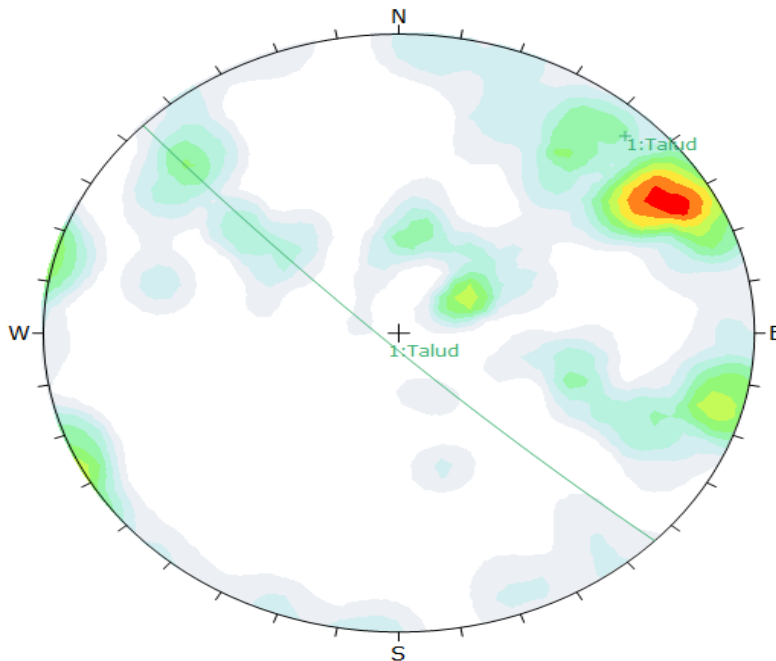
Anexo 71 Gráfico de sistemas principales en el talud del km 13+00-13+200. Fuente Software Dips.

**EGM 17: KM 13+200-13+400**



Symbol	Feature
○	Pole Vectors
<b>Plot Mode</b> Pole Vectors	
<b>Vector Count</b>	104 (104 Entries)
<b>Hemisphere</b>	Lower
<b>Projection</b>	Equal Angle

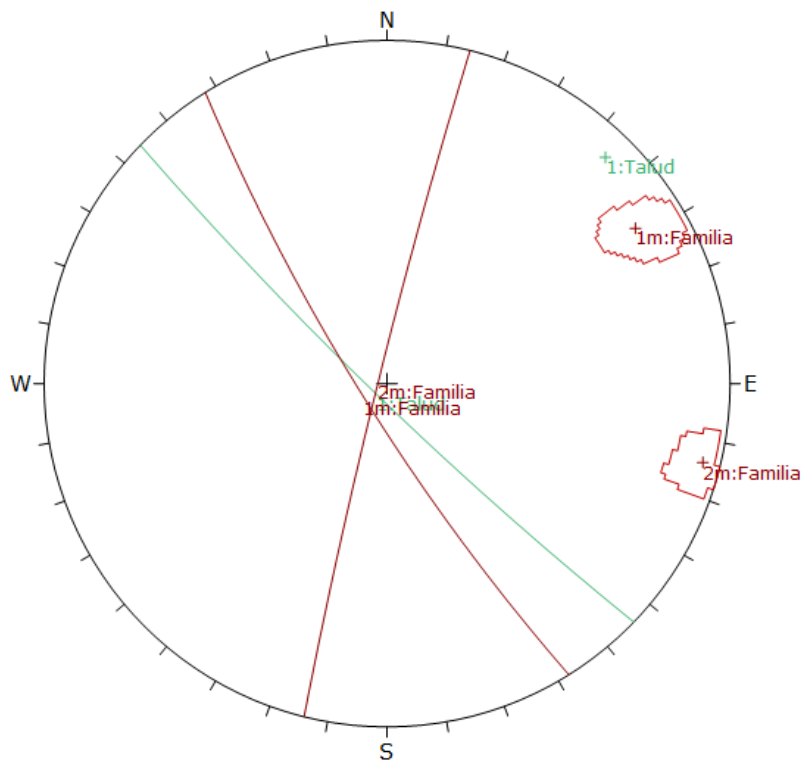
*Anexo 72 Gráfico de polos de las discontinuidades en el talud del km 13+200-13+400. Fuente Software Dips*



Color	Density Concentrations
	0.00 - 0.85
	0.85 - 1.70
	1.70 - 2.55
	2.55 - 3.40
	3.40 - 4.25
	4.25 - 5.10
	5.10 - 5.95
	5.95 - 6.80
	6.80 - 7.65
	7.65 - 8.50
<b>Maximum Density</b>	8.06%
<b>Contour Data</b>	Pole Vectors
<b>Contour Distribution</b>	Fisher
<b>Counting Circle Size</b>	1.0%
<b>Plot Mode</b> Pole Vectors	
<b>Vector Count</b>	104 (104 Entries)
<b>Hemisphere</b>	Lower
<b>Projection</b>	Equal Angle

*Anexo 73 Gráfico de contorno de polos o distribución polar en el talud del km 13+200-13+400. Fuente Software Dips*

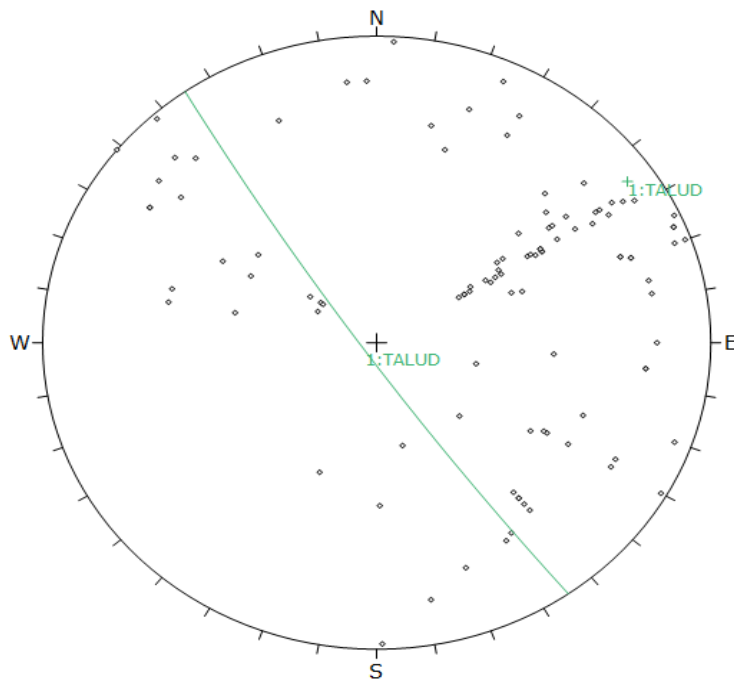




Color	Dip	Dip Direction	Label
User Planes			
1	85	224	Talud
Mean Set Planes			
1m	81	238	Familia
2m	87	284	Familia
Plot Mode		Pole Vectors	
Vector Count		104 (104 Entries)	
Hemisphere		Lower	
Projection		Equal Angle	

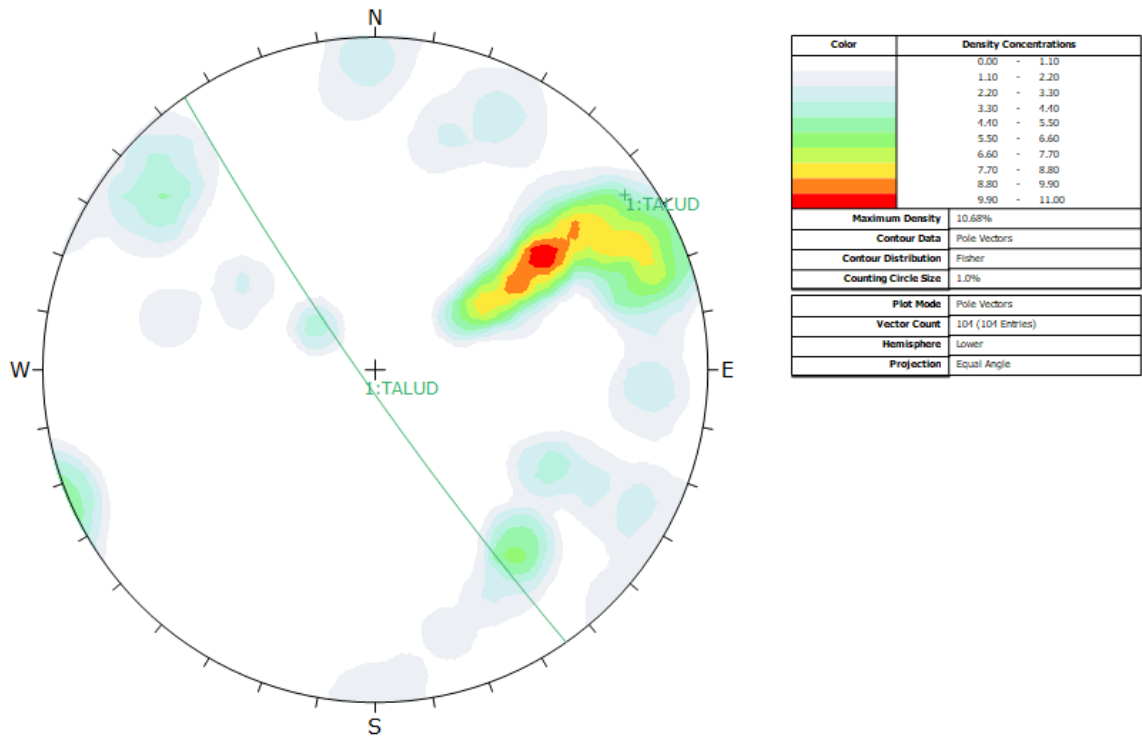
*Anexo 74 Gráfico de sistemas principales en el talud del km 13+200-13+400. Fuente Software Dips.*

**EGM 18: KM 13+400-13+600**

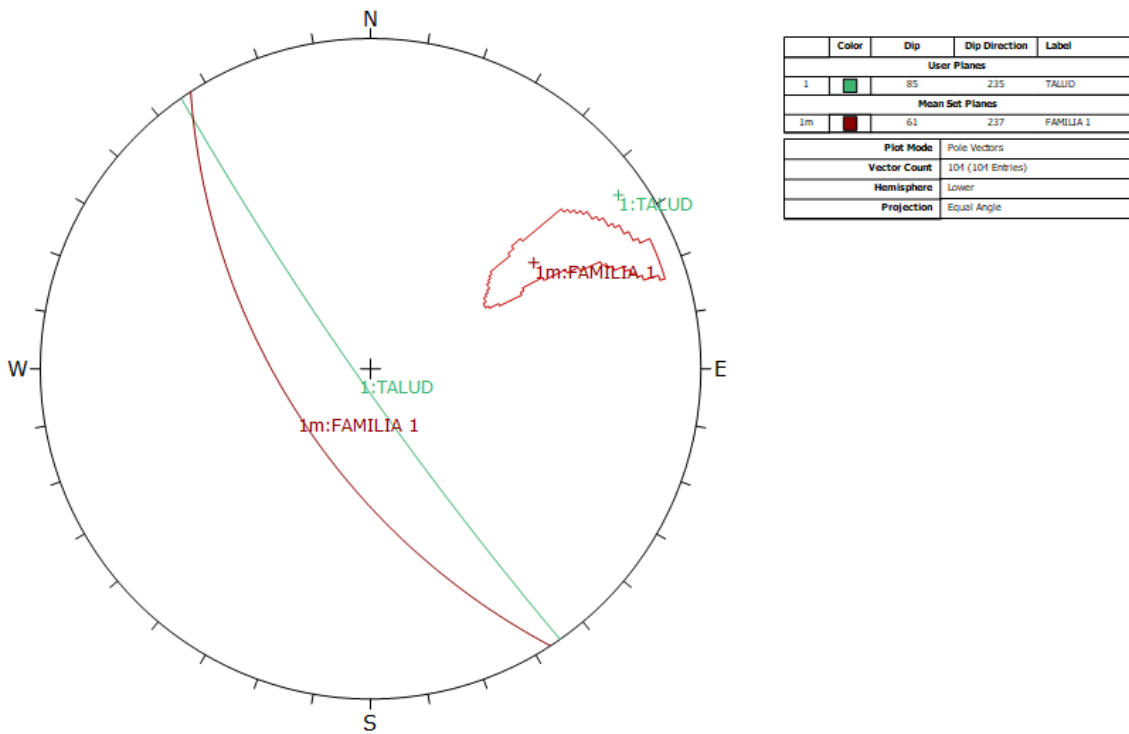


Symbol	Feature
◊	Pole Vectors
Plot Mode: Pole Vectors	
Vector Count: 104 (104 Entries)	
Hemisphere: Lower	
Projection: Equal Angle	

*Anexo 75 Gráfico de polos de las discontinuidades en el talud del km 13+400-13+600. Fuente Software Dips*

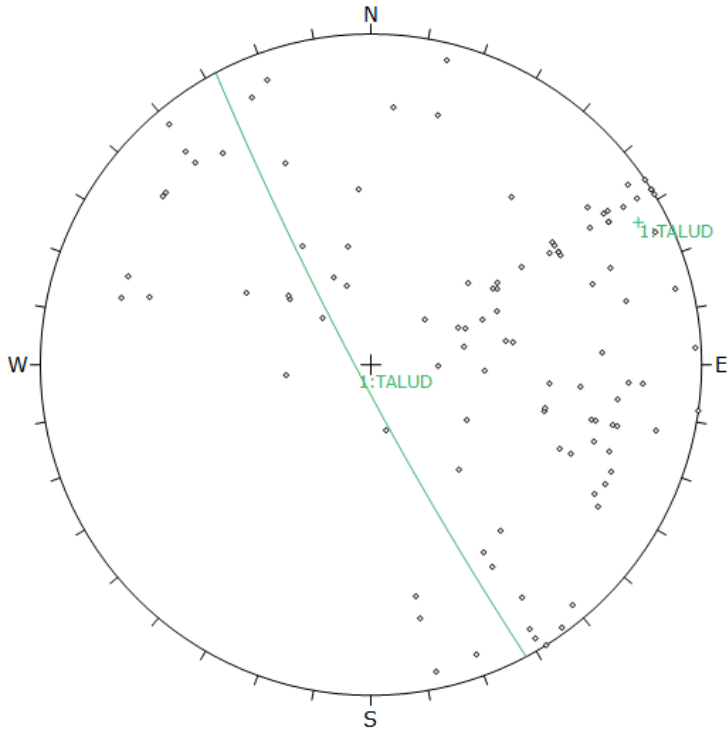


Anexo 76 Gráfico de contorno de polos o distribución polar en el talud del km 13+400-13+600. Fuente Software Dips



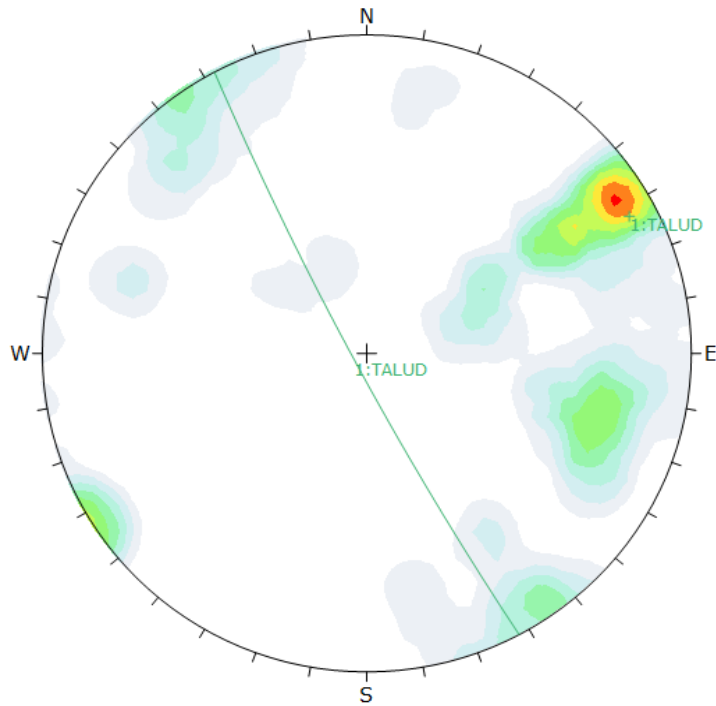
Anexo 77 Gráfico de sistemas principales en el talud del km 13+400-13+600. Fuente Software Dips.

**EGM 19: KM 13+600-13+800**



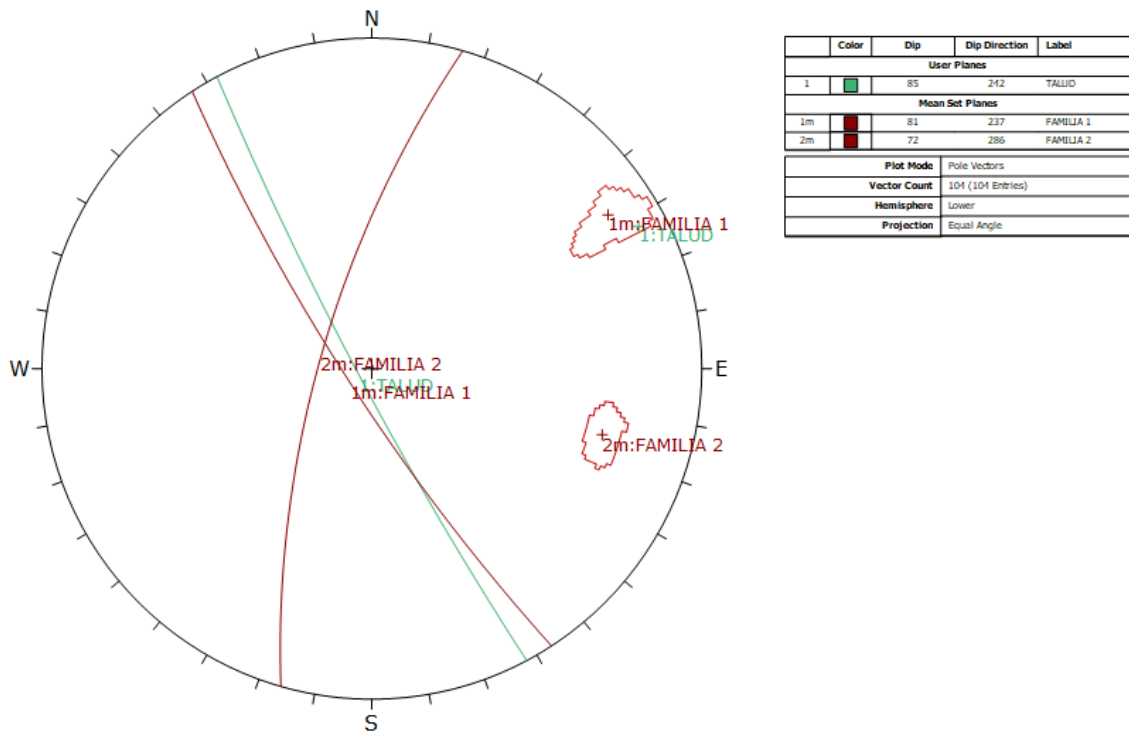
Symbol	Feature								
o	Pole Vectors								
<table border="1"> <tr> <td>Plot Mode</td> <td>Pole Vectors</td> </tr> <tr> <td>Vector Count</td> <td>104 (104 Entries)</td> </tr> <tr> <td>Hemisphere</td> <td>Lower</td> </tr> <tr> <td>Projection</td> <td>Equal Angle</td> </tr> </table>		Plot Mode	Pole Vectors	Vector Count	104 (104 Entries)	Hemisphere	Lower	Projection	Equal Angle
Plot Mode	Pole Vectors								
Vector Count	104 (104 Entries)								
Hemisphere	Lower								
Projection	Equal Angle								

*Anexo 78 Gráfico de polos de las discontinuidades en el talud del km 13+600-13+800. Fuente Software Dips*



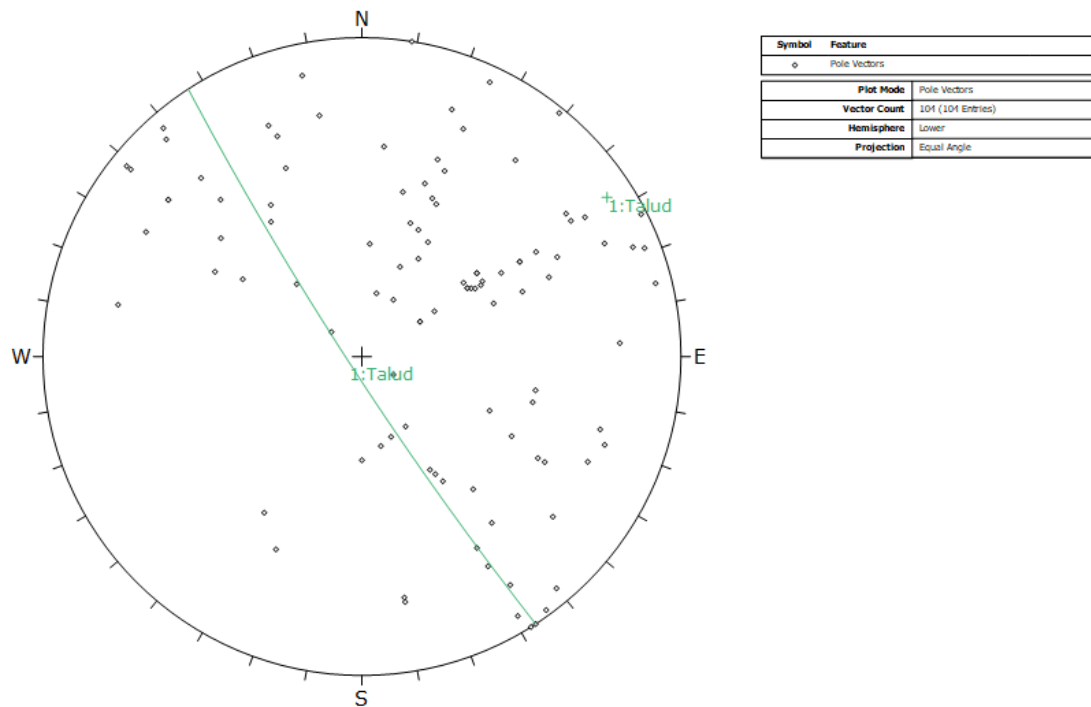
Color	Density Concentrations								
	0.00 - 1.20								
	1.20 - 2.40								
	2.40 - 3.60								
	3.60 - 4.80								
	4.80 - 6.00								
	6.00 - 7.20								
	7.20 - 8.40								
	8.40 - 9.60								
	9.60 - 10.80								
	10.80 - 12.00								
Maximum Density	11.12%								
Contour Data	Pole Vectors								
Contour Distribution	Fisher								
Counting Circle Size	1.0%								
<table border="1"> <tr> <td>Plot Mode</td> <td>Pole Vectors</td> </tr> <tr> <td>Vector Count</td> <td>104 (104 Entries)</td> </tr> <tr> <td>Hemisphere</td> <td>Lower</td> </tr> <tr> <td>Projection</td> <td>Equal Angle</td> </tr> </table>		Plot Mode	Pole Vectors	Vector Count	104 (104 Entries)	Hemisphere	Lower	Projection	Equal Angle
Plot Mode	Pole Vectors								
Vector Count	104 (104 Entries)								
Hemisphere	Lower								
Projection	Equal Angle								

*Anexo 79 Gráfico de contorno de polos o distribución polar en el talud del km 13++600-13+800. Fuente Software Dips*

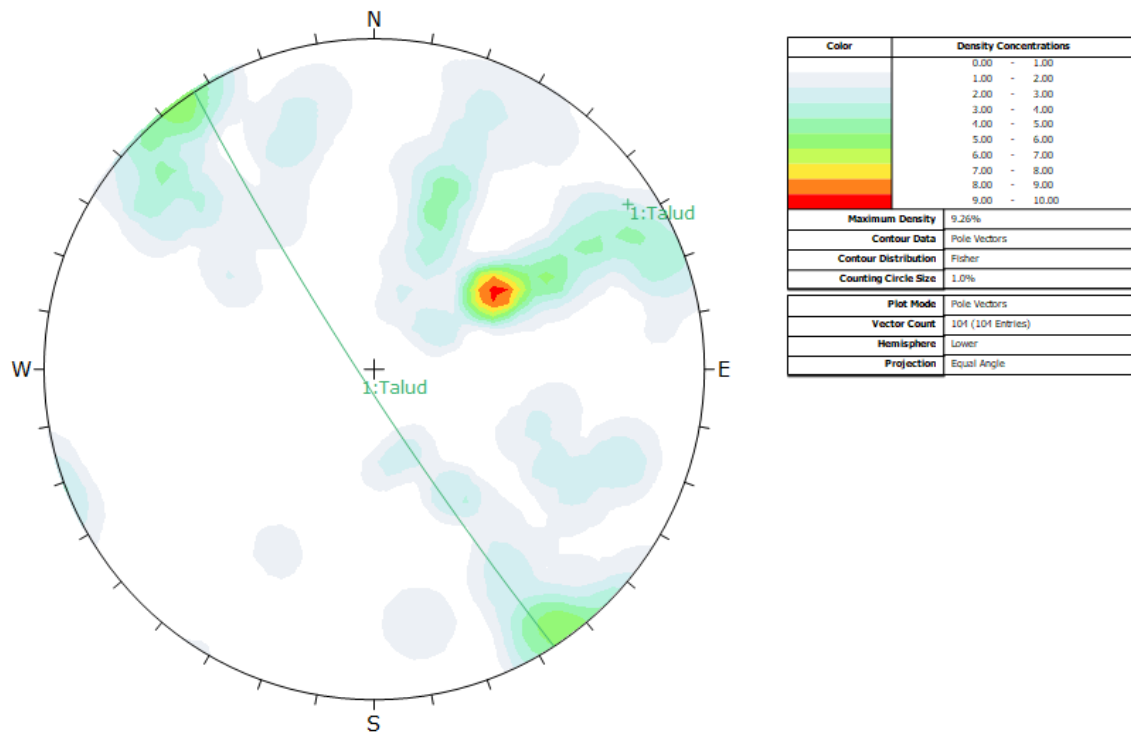


*Anexo 80 Gráfico de sistemas principales en el talud del km 13+600-13+800. Fuente Software Dips.*

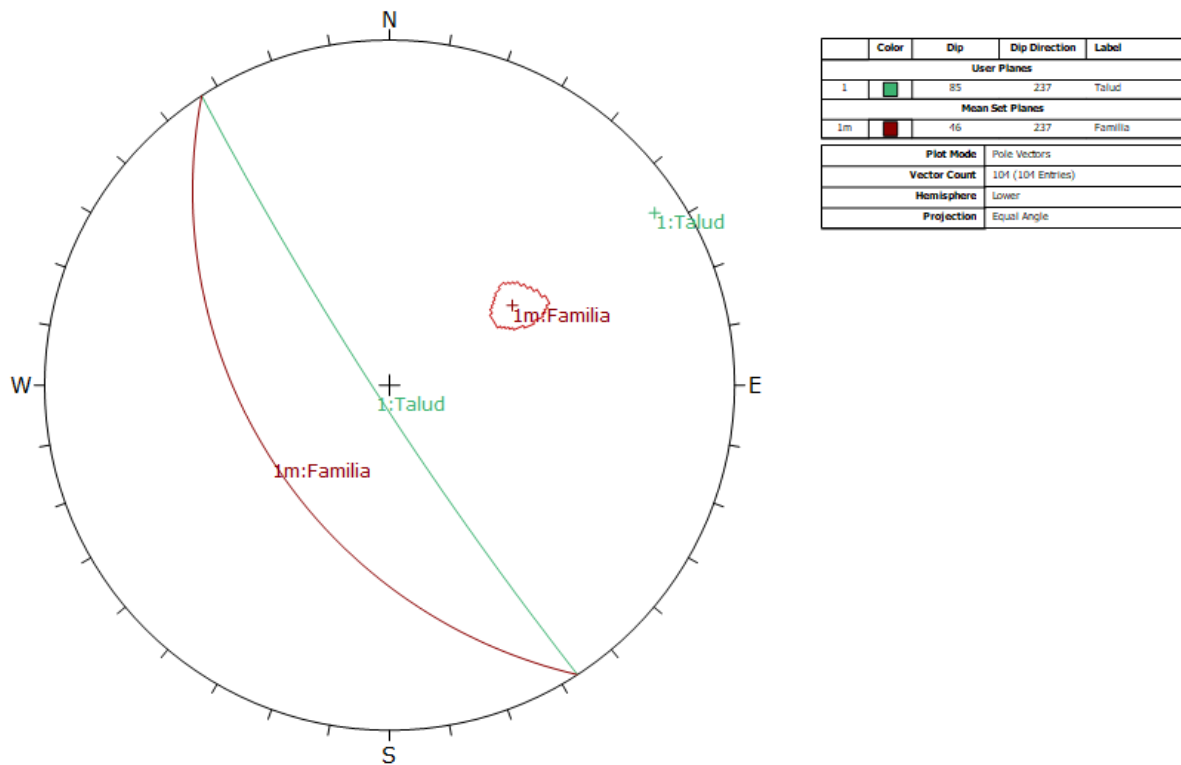
**EGM 20: KM 13+800-13+1000**



*Anexo 81 Gráfico de polos de las discontinuidades en el talud del km 13+800-13+1000. Fuente Software Dips*

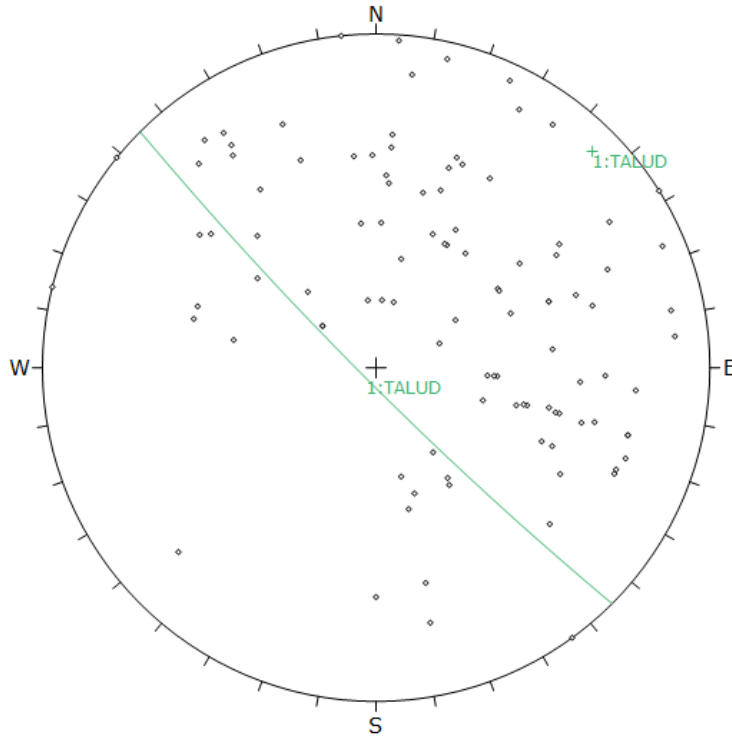


Anexo 82 Gráfico de contorno de polos o distribución polar en el talud del km 13++800-13+1000. Fuente Software Dips



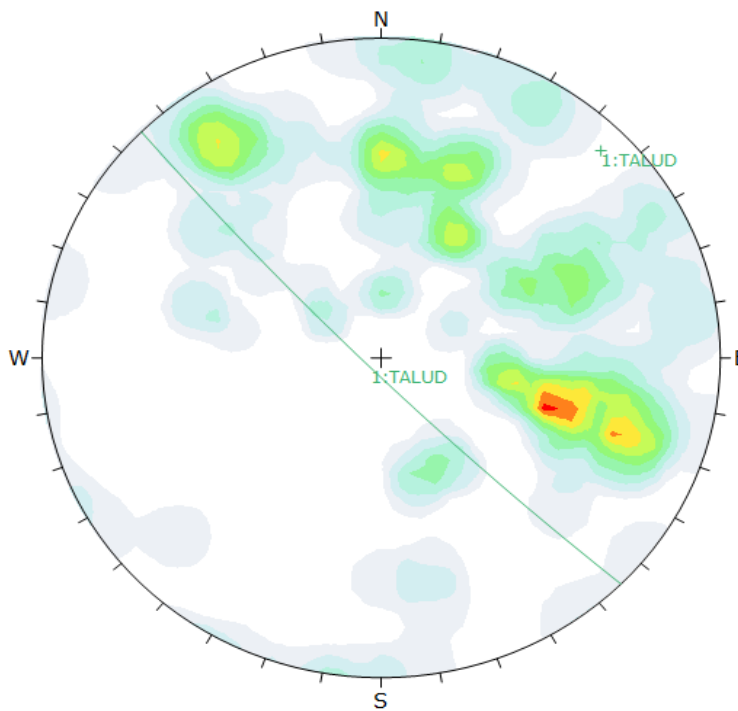
Anexo 83 Gráfico de sistemas principales en el talud del km 13+800-13+1000. Fuente Software Dips.

**EGM 21: KM 14+00-14+200**



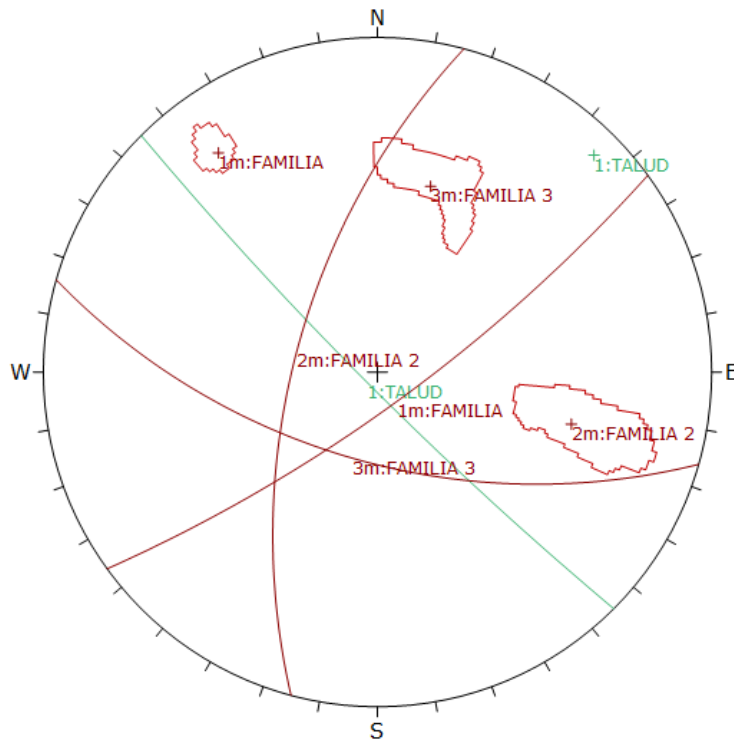
Symbol	Feature
○	Pole Vectors
<b>Plot Mode</b> Pole Vectors	
<b>Vector Count</b> 104 (104 Entries)	
<b>Hemisphere</b> Lower	
<b>Projection</b> Equal Angle	

*Anexo 84 Gráfico de polos de las discontinuidades en el talud del km 14+00-14+200. Fuente Software Dips*



Color	Density Concentrations
	0.00 - 0.65
	0.65 - 1.30
	1.30 - 1.95
	1.95 - 2.60
	2.60 - 3.25
	3.25 - 3.90
	3.90 - 4.55
	4.55 - 5.20
	5.20 - 5.85
	5.85 - 6.50
<b>Maximum Density</b> 6.01%	
<b>Contour Data</b> Pole Vectors	
<b>Contour Distribution</b> Fisher	
<b>Counting Circle Size</b> 1.0%	
<b>Plot Mode</b> Pole Vectors	
<b>Vector Count</b> 104 (104 Entries)	
<b>Hemisphere</b> Lower	
<b>Projection</b> Equal Angle	

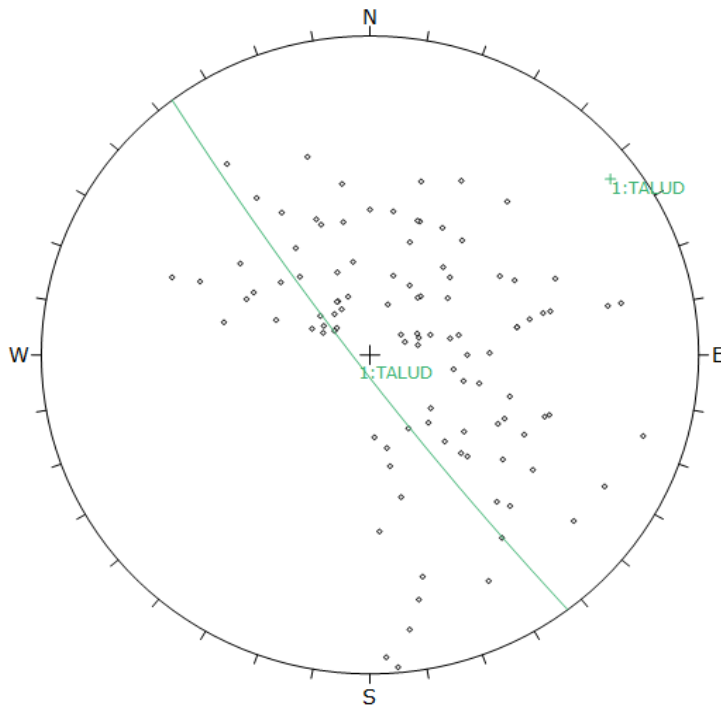
*Anexo 85 Gráfico de contorno de polos o distribución polar en el talud del km 14+00-14+200. Fuente Software Dips*



	Color	Dip	Dip Direction	Label
User Planes				
1		85	225	TALUD
Mean Set Planes				
1m		78	144	FAMILIA
2m		62	285	FAMILIA 2
3m		60	196	FAMILIA 3
Plot Mode		Pole Vectors		
Vector Count		104 (104 Entries)		
Hemisphere		Lower		
Projection		Equal Angle		

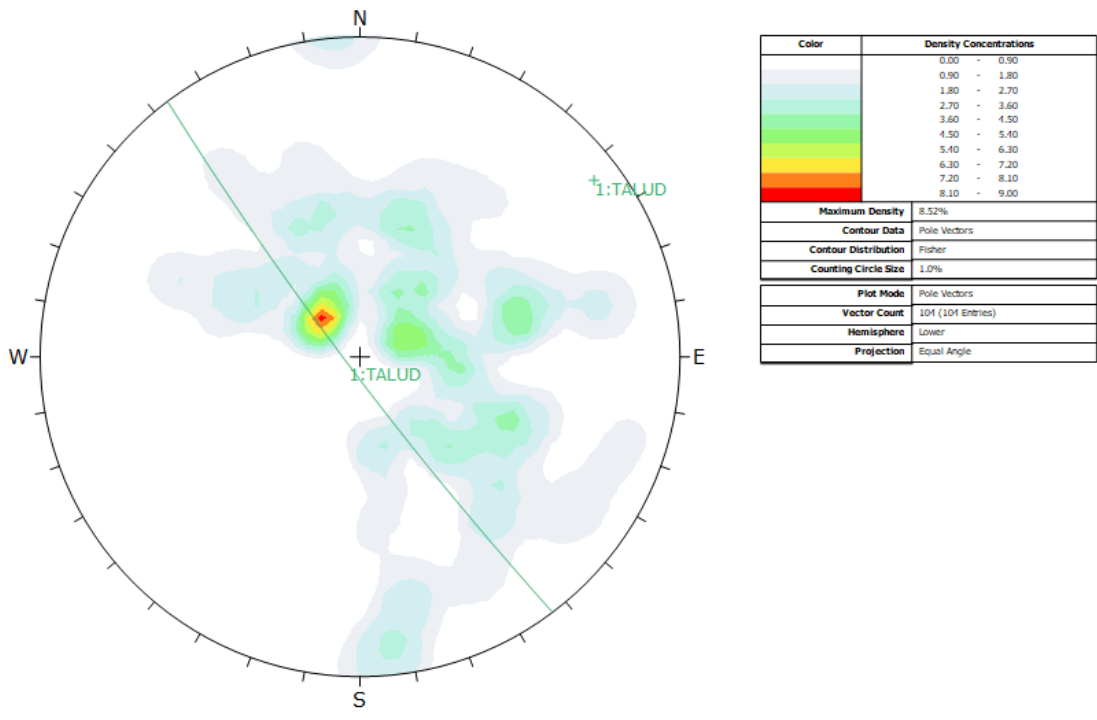
*Anexo 86 Gráfico de sistemas principales en el talud del km 14+00-14+200. Fuente Software Dips.*

**EGM22: KM 14+600-14+800**

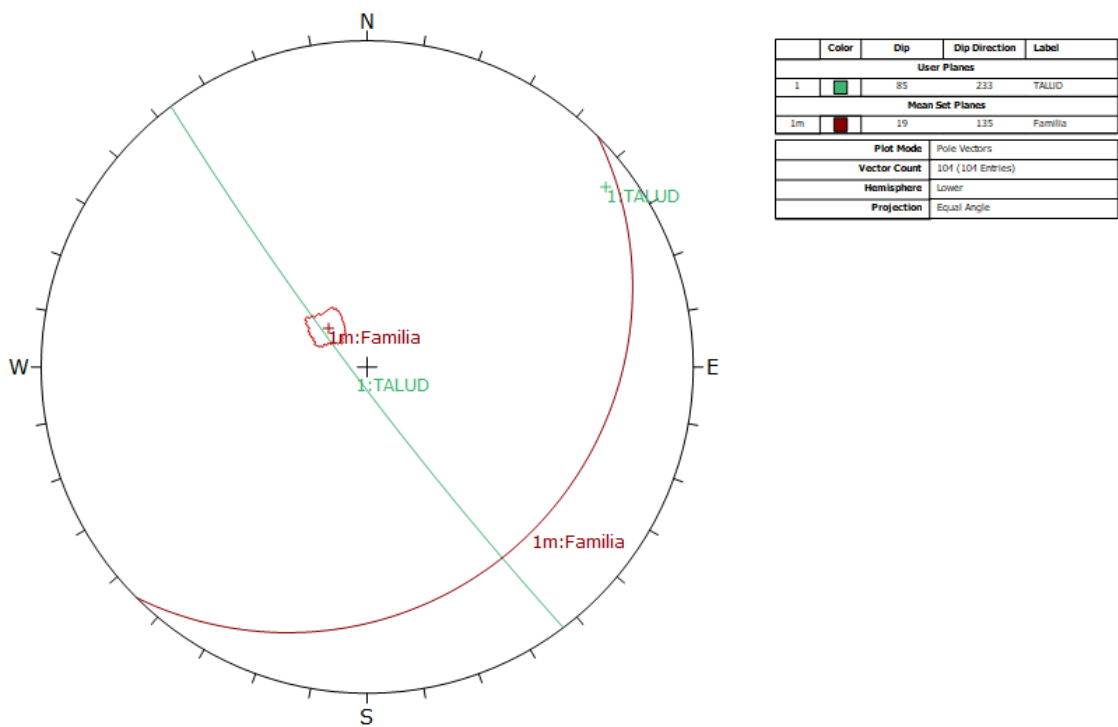


Symbol	Feature
o	Pole Vectors
Plot Mode: Pole Vectors	
Vector Count: 104 (104 Entries)	
Hemisphere: Lower	
Projection: Equal Angle	

*Anexo 87 Gráfico de polos de las discontinuidades en el talud del km 14+600-14+800. Fuente Software Dips*



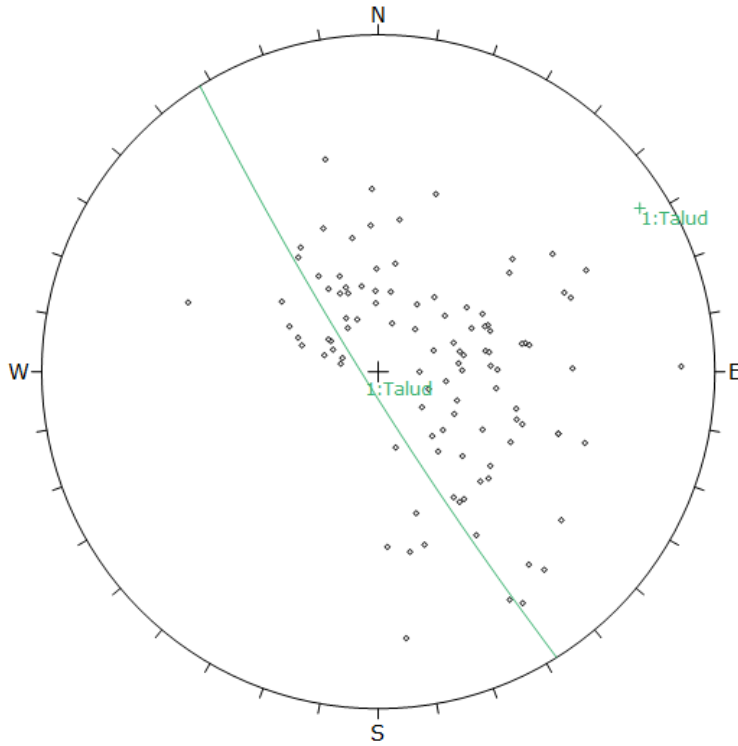
Anexo 88 Gráfico de contorno de polos o distribución polar en el talud del km 14+600-14+800. Fuente Software Dips



Anexo 89 Gráfico de sistemas principales en el talud del km 14+600-14+800. Fuente Software Dips.

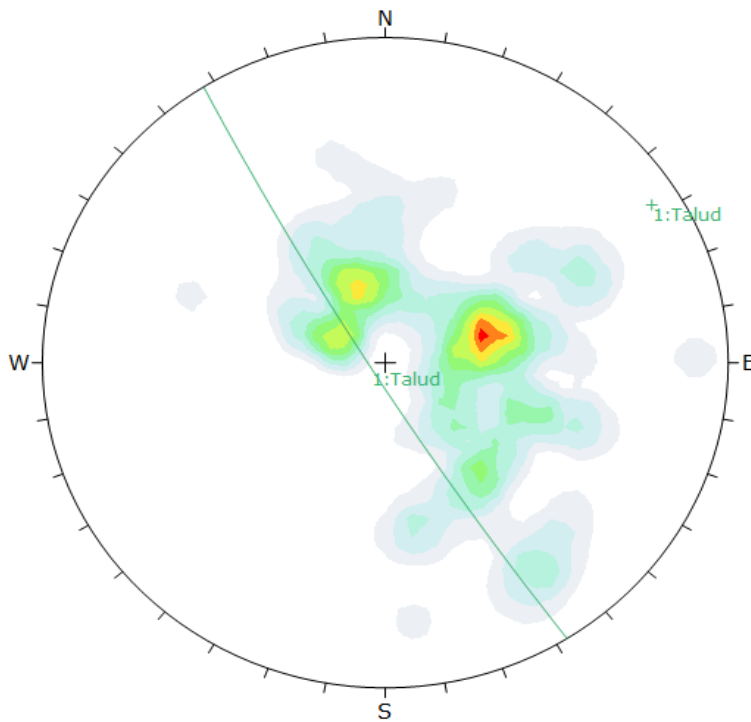


**EGM 23: KM 14+800-KM 15**



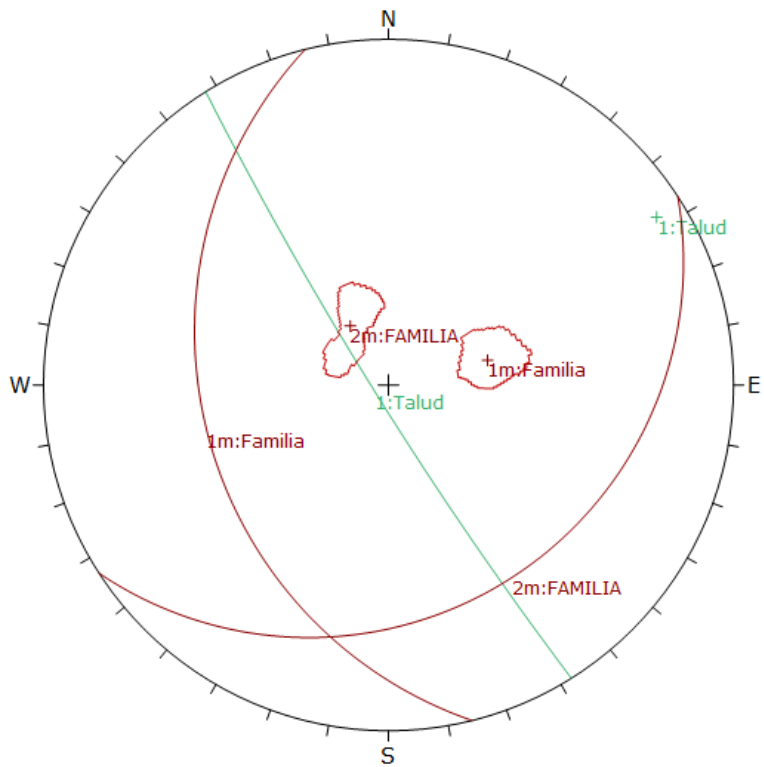
Symbol	Feature
o	Pole Vectors
<b>Plot Mode</b> Pole Vectors	
<b>Vector Count</b> 104 (104 Entries)	
<b>Hemisphere</b> Lower	
<b>Projection</b> Equal Angle	

*Anexo 90 Gráfico de polos de las discontinuidades en el talud del km 14+800- KM 15. Fuente Software Dips*



Color	Density Concentrations
	0.00 - 0.90
	0.90 - 1.80
	1.80 - 2.70
	2.70 - 3.60
	3.60 - 4.50
	4.50 - 5.40
	5.40 - 6.30
	6.30 - 7.20
	7.20 - 8.10
	8.10 - 9.00
<b>Maximum Density</b> 8.17%	
<b>Contour Data</b> Pole Vectors	
<b>Contour Distribution</b> Fisher	
<b>Counting Circle Size</b> 1.0%	
<b>Plot Mode</b> Pole Vectors	
<b>Vector Count</b> 104 (104 Entries)	
<b>Hemisphere</b> Lower	
<b>Projection</b> Equal Angle	

*Anexo 91 Gráfico de contorno de polos o distribución polar en el talud del km 14+800- KM 15. Fuente Software Dips*



	Color	Dip	Dip Direction	Label
<b>User Planes</b>				
1	Green	85	238	Talud
<b>Mean Set Planes</b>				
1m	Red	33	256	Familia
2m	Red	23	147	FAMILIA
<b>Plot Mode</b>		Pole Vectors		
<b>Vector Count</b>		104 (104 Entries)		
<b>Hemisphere</b>		Lower		
<b>Projection</b>		Equal Angle		

**Anexo 92** *Gráfico de sistemas principales en el talud del km 14+800- KM 15. Fuente Software Dips.*

**ANEXO N°3**  
**TABLAS DE LA**  
**CLASIFICACIÓN**  
**GEOMECÁNICA**  
**RMR Y GSI**



001

# GEOTECMIN

SERVICIOS GEOLÓGICOS GEOTÉCNICOS Y MINEROS GENERALES E. I. R. L.

Experiencia y Calidad en Ingeniería de Rocas

## SISTEMA CSIR DE CLASIFICACIÓN GEOMECÁNICA - ÍNDICE "RMR" (SEGÚN BIENIAWSKI - 1989)

### Parámetros de clasificación

1	Resistencia de la roca intacta (MPa)	Índice de carga puntual	> 10	10 - 4	4 - 2	2 - 1	No se usa: es preferible emplear UCS		
		Resistencia a la compresión uniaxial UCS	> 250	250 - 100	100 - 50	50 - 25	25 - 5	5 - 1	< 1
		Valuación	15	12	7	4	2	1	0
2	RQD (%)	> 90	90 - 75	75 - 50	50 - 25	< 25			
	Valuación	20	17	13	8	3			
3	Espaciamiento entre discontinuidades (m)	> 2.00	2.00 - 0.60	0.60 - 0.20	0.20 - 0.05	< 0.05			
	Valuación	20	15	10	5	5			
4	Estado de las discontinuidades	Persistencia (m)	< 1	1 - 3	3 - 10	10 - 20	> 20		
		Valuación	6	4	2	1	0		
		Abertura (mm)	Cerrada	< 0.1	0.1 - 10	10 - 50	≥ 50		
		Valuación	6	5	4	1	0		
		Rugosidad	Muy rugosa	Rugosa	Ligeramente rugosa	Lisa	Lustrosa		
		Valuación	6	5	3	1	0		
		Relleño	Sin relleno	Relleno duro (< 5 mm)	Relleno blando (> 5 mm)	Relleno blanco (< 5 mm)	Relleno blanco (> 5 mm)		
		Valuación	6	4	2	2	0		
		Descomposición	Fresca	Levemente descompuesta	Moder. descompuesta	Altamente descompuesta	Extrem. descompuesta		
		Valuación	6	5	3	1	0		
5	Agua freática	Caudal por 10 m de excavación (l/min)	0	0 - 10	10 - 25	25 - 125	> 125		
		Presión de agua / Esfuerzo principal mayor σ	0.0	0.0 - 0.1	0.1 - 0.2	0.2 - 0.5	> 0.5		
		Condición general	Completamente seco	Ligeramente húmedo	Húmedo	Goteando	Fluyendo		
		Valuación	15	10	7	4	0		

### Corrección por orientación de discontinuidades (6)

Dirección y buzamiento		Muy favorables	Favorables	Regulares	Desfavorables	Muy desfavorables
Valuación	Túneles y labores mineras	0	-2	-5	-10	-12
	Cimentaciones	0	-2	-7	-15	-25
	Taludes	0	-5	-25	-50	-60

### Orientación de discontinuidades en un túnel

Rumbo perpendicular al eje del túnel				Rumbo paralelo al eje del túnel		Buzamiento 0° - 20°
Avance con el buzamiento		Avance contra el buzamiento		Buzamiento 45° - 90°	Buzamiento 20° - 45°	
Buzamiento 45° - 90°	Buzamiento 20° - 45°	Buzamiento 45° - 90°	Buzamiento 20° - 45°	Buzamiento 45° - 90°	Buzamiento 20° - 45°	
Muy favorable	Favorable	Regular	Desfavorable	Muy desfavorable	Regular	Desfavorable

### Calificación

Clase	I	II	III	IV	V
Calidad	Muy buena	Buena	Regular	Pobre	Muy pobre
Valuación	100 - 81	80 - 61	60 - 41	40 - 21 = 35	≤ 20

### Características geotécnicas

Clase	I	II	III	IV	V
Tiempo de Auto Soporte (T. A. S.) y Vano	20 años para 15 m	1 año para 10 m	1 semana para 5 m	10 horas para 2.5 m	30 minutos para 1 m
Cohesión (kp/cm <sup>2</sup> )	> 4	4 - 3	3 - 2	2 - 1	< 1
Ángulo de fricción interna	> 45°	45° - 35°	35° - 25°	25° - 15°	< 15°

$$RMR = 1 + 2 + 3 + 4 + 5 + 6$$

JALP - 2007

Calle José Olaya Balandra Mz. "J2" Lote "07" Urb. Los Próceres - Lima 33  
Teléfono: 2823668 - Móvil: 943584726 (RPC) - E-mail: [geotecmineir@gmail.com](mailto:geotecmineir@gmail.com)

Anexo 93 RMR para la estación geomecánica 001. Fuente: GEOTECMIN



Anexo 94 RMR para la estación geomecánica 002. Fuente: GEOTECMIN



**GEOTECMIN**

SERVICIOS GEOLÓGICOS GEOTÉCNICOS Y MINEROS GENERALES E. I. R. L.

Experiencia y Calidad en Ingeniería de Rocas

**SISTEMA CSIR DE CLASIFICACIÓN GEOMECAÁNICA - ÍNDICE "RMR" (SEGÚN BIENIAWSKI - 1989)**

**Parámetros de clasificación**

1	Resistencia de la roca intacta (MPa)	Índice de carga puntual	> 10	10 - 4	4 - 2	2 - 1	No se usa; es preferible emplear UCS		
		Resistencia a la compresión uniaxial UCS	> 250	250 - 100	100 - 50	50 - 25	25 - 5	5 - 1	< 1
2	Valuación	RQD (%)	> 90	90 - 75	75 - 50	50 - 25	≤ 25		
		Valuación	20	17	13	8	3		
3	Valuación	Espaciamiento entre discontinuidades (m)	> 2.00	2.00 - 0.60	0.60 - 0.20	0.20 - 0.06	≤ 0.06		
		Valuación	20	15	10	8	5		
4	Estado de las discontinuidades	Persistencia (m)	< 1	1 - 3	3 - 10	10 - 20	> 20		
		Valuación	6	4	2	1	0		
		Abertura (mm)	Cerrada	< 0.1	0.1 - 10	10 - 50	≥ 50		
		Valuación	6	5	4	1	0		
		Rugosidad	Muy rugosa	Rugosa	Ligeramente rugosa	Lisa	Lustrosa		
		Valuación	6	5	3	1	0		
		Releno	Sin relleno	Relleno duro (< 5 mm)	Relleno duro (> 5 mm)	Relleno blanco (< 5 mm)	Relleno blanco (> 5 mm)		
		Valuación	6	4	2	2	0		
		Descomposición	Fresca	Levemente descompuesta	Moder. descompuesta	Altamente descompuesta	Extrem. descompuesta		
		Valuación	6	5	3	1	0		
5	Agua freática	Caudal por 10 m de excavación (l/min)	0	0 - 10	10 - 25	25 - 125	> 125		
		Presión de agua / Esfuerzo principal mayor σ	0.0	0.0 - 0.1	0.1 - 0.2	0.2 - 0.5	> 0.5		
		Condición general	Completamente seco	Ligeramente húmedo	Húmedo	Goteando	Fluyendo		
		Valuación	15	10	7	4	0		

**Corrección por orientación de discontinuidades (6)**

Dirección y buzamiento		Muy favorables	Favorables	Regulares	Desfavorables	Muy desfavorables
Valuación	Túneles y labores mineras	0	-2	-5	-10	-12
	Cimentaciones	0	-2	-7	-15	-25
	Taludes	0	-5	-25	-50	-80

**Orientación de discontinuidades en un túnel**

Rumbo perpendicular al eje del túnel				Rumbo paralelo al eje del túnel		Buzamiento 0° - 20°
Avance con el buzamiento		Avance contra el buzamiento				
Buzamiento 45° - 90°	Buzamiento 20° - 45°	Buzamiento 45° - 90°	Buzamiento 20° - 45°	Buzamiento 45° - 90°	Buzamiento 20° - 45°	
Muy favorable	Favorable	Regular	Desfavorable	Muy desfavorable	Regular	Desfavorable

**Calificación**

Clase	I	II	III	IV	V
Calidad	Muy buena	Buena	Regular	Pobre	Muy pobre
Valuación	100 - 81	80 - 61	60 - 41	40 - 21	≤ 20

**Características geotécnicas**

Clase	I	II	III	IV	V
Tiempo de Auto Soporte (T. A. S.) y Vano	20 años para 15 m	1 año para 10 m	1 semana para 5 m	10 horas para 2.5 m	30 minutos para 1 m
Cohesión (Kp/cm <sup>2</sup> )	> 4	4 - 3	3 - 2	2 - 1	< 1
Ángulo de fricción interna	> 45°	45° - 35°	35° - 25°	25° - 15°	< 15°

**RMR = 1 + 2 + 3 + 4 + 5 + 6**

JALP - 2007

Calle José Olaya Balandra Mz. "J2" Lote "07" Urb. Los Próceres - Lima 33  
Teléfono: 2823668 - Móvil: 943584726 (RPC) - E-mail: [geotecmineiri@gmail.com](mailto:geotecmineiri@gmail.com)



EGMO

# GEOTECMIN

SERVICIOS GEOLÓGICOS GEOTÉCNICOS Y MINEROS GENERALES E. I. R. L.

Experiencia y Calidad en Ingeniería de Rocas

## SISTEMA CSIR DE CLASIFICACIÓN GEOMECÁNICA - ÍNDICE "RMR" (SEGÚN BIENIAWSKI - 1989)

### Parámetros de clasificación

1	Resistencia de la roca intacta (MPa)	Índice de carga puntual	> 10	10 - 4	4 - 2	2 - 1	No se usa; es preferible emplear UCS		
		Resistencia a la compresión uniaxial UCS	> 250	250 - 100	100 - 50	50 - 25	25 - 5	5 - 1	< 1
2	RQD (%)	Valuación	15	12	7	4			
		Valuación	> 90	90 - 75	75 - 50	50 - 25	< 25		
3	Espaciamiento entre discontinuidades (m)	Valuación	20	17	13	8			
		Valuación	> 2.00	2.00 - 0.60	0.60 - 0.20	0.20 - 0.06	< 0.06		
4	Estado de las discontinuidades	Persistencia (m)	< 1	1 - 3	3 - 10	10 - 20	> 20		
		Valuación	6	4	2	1	0		
		Abertura (mm)	Cerrada	< 0.1	0.1 - 1.0	1.0 - 5.0	> 5.0		
		Valuación	6	5	4	1	0		
		Rugosidad	Muy rugosa	Rugosa	Ligeramente rugosa	Lisa	Lustrosa		
		Valuación	6	5	3	1	0		
		Relleño	Sin relleno	Relleno duro (< 5 mm)	Relleno duro (> 5 mm)	Relleno blanco (< 5 mm)	Relleno blanco (> 5 mm)		
		Valuación	6	4	2	2	0		
		Descomposición	Fresca	Levemente descompuesta	Moder. descompuesta	Altamente descompuesta	Extrem. descompuesta		
		Valuación	6	5	3	1	0		
5	Agua freática	Caudal por 10 m de excavación (l/min)	0	0 - 10	10 - 25	25 - 125	> 125		
		Presión de agua / Esfuerzo principal mayor $\sigma$	0.0	0.0 - 0.1	0.1 - 0.2	0.2 - 0.5	> 0.5		
		Condición general	Completamente seco	Ligeramente húmedo	Húmedo	Gotear	Fluyendo		
		Valuación	15	10	7	4	0		

### Corrección por orientación de discontinuidades (6)

Dirección y buzamiento		Muy favorables	Favorables	Regulares	Desfavorables	Muy desfavorables
Valuación	Túneles y labores mineras	0	-2	-5	-10	-12
	Cimentaciones	0	-2	-7	-15	-25
	Taludes	0	-5	-25	-50	-60

### Orientación de discontinuidades en un túnel

Rumbo perpendicular al eje del túnel				Rumbo paralelo al eje del túnel		Buzamiento 0° - 20°
Avance con el buzamiento		Avance contra el buzamiento				
Buzamiento 45° - 90°	Buzamiento 20° - 45°	Buzamiento 45° - 90°	Buzamiento 20° - 45°	Buzamiento 45° - 90°	Buzamiento 20° - 45°	
Muy favorable	Favorable	Regular	Desfavorable	Muy desfavorable	Regular	Desfavorable

### Calificación

Clase	I	II	III	IV	V
Calidad	Muy buena	Buena	Regular	Pobre	Muy pobre
Valuación	100 - 81	80 - 61	60 - 41	40 - 21 = 38	≤ 20

### Características geotécnicas

Clase	I	II	III	IV	V
Tiempo de Auto Soporte (T. A. S.) y Vano	20 años para 15 m	1 año para 10 m	1 semana para 5 m	10 horas para 2.5 m	30 minutos para 1 m
Cohesión (Kp/cm <sup>2</sup> )	> 4	4 - 3	3 - 2	2 - 1	< 1
Ángulo de fricción interna	> 45°	45° - 35°	35° - 25°	25° - 15°	< 15°

$$RMR = 1 + 2 + 3 + 4 + 5 + 6$$

JALP - 2007

Calle José Olaya Balandra Mz. "J2" Lote "07" Urb. Los Próceres - Lima 33  
Teléfono: 2823668 - Móvil: 943584726 (RPC) - E-mail: [geotecmineirl@gmail.com](mailto:geotecmineirl@gmail.com)

Anexo 95 RMR para la estación geomecánica 003. Fuente: GEOTECMIN





COMA

# GEOTECMIN

SERVICIOS GEOLÓGICOS GEOTÉCNICOS Y MINEROS GENERALES E. I. R. L.

Experiencia y Calidad en Ingeniería de Rocas

## SISTEMA CSIR DE CLASIFICACIÓN GEOMECÁNICA - ÍNDICE "RMR" (SEGÚN BIENIAWSKI - 1989)

### Parámetros de clasificación

1	Resistencia de la roca intacta (MPa)	Índice de carga puntual	> 10	10 - 4	4 - 2	2 - 1	No se usa, es preferible emplear UCS		
		Resistencia a la compresión uniaxial UCS	> 250	250 - 100	100 - 50	50 - 25	25 - 5	5 - 1	< 1
	Valuación	15	12	7	4	2	1	0	
2	RQD (%)	> 90	90 - 75	75 - 50	50 - 25	< 25			
	Valuación	20	17	13	8	3			
3	Espaciamiento entre discontinuidades (m)	> 2.00	2.00 - 0.60	0.60 - 0.20	0.20 - 0.06	< 0.06			
	Valuación	20	15	10	8	5			
4	Estado de las discontinuidades	Persistencia (m)	< 1	1 - 3	3 - 10	10 - 20	> 20		
		Valuación	6	4	2	1	0		
		Abertura (mm)	Cerrada	< 0.1	0.1 - 10	10 - 50	> 50		
		Valuación	6	5	4	1	0		
		Rugosidad	Muy rugosa	Rugosa	Ligeramente rugosa	Lisa	Lustrosa		
		Valuación	6	5	3	1	0		
		Relleno	Sin relleno	Relleno duro (< 5 mm)	Relleno blando (> 5 mm)	Relleno blanco (< 5 mm)	Relleno blanco (> 5 mm)		
		Valuación	6	4	2	2	0		
		Descomposición	Fresca	Levemente descompuesta	Mod. descompuesta	A ltemente descompuesta	Extrem. descompuesta		
		Valuación	6	5	3	1	0		
5	Agua freática	Caudal por 10 m de excavación (l/min)	0	0 - 10	10 - 25	25 - 125	> 125		
		Presión de agua / Esfuerzo principal mayor $\sigma$	0.0	0.0 - 0.1	0.1 - 0.2	0.2 - 0.5	> 0.5		
		Condición general	Completamente seco	Ligeramente húmedo	Húmedo	Goteando	Fluyendo		
		Valuación	15	10	7	4	0		

### Corrección por orientación de discontinuidades (6)

Dirección y buzamiento		Muy favorables	Favorables	Regulares	Desfavorables	Muy desfavorables
Valuación	Túneles y labores mineras	0	-2	-5	-10	-12
	Cimentaciones	0	-2	-7	-15	-25
	Taludes	0	-5	-25	-50	-80

### Orientación de discontinuidades en un túnel

Rumbo perpendicular al eje del túnel				Rumbo paralelo al eje del túnel		Buzamiento 0° - 20°
Avance con el buzamiento		Avance contra el buzamiento				
Buzamiento 45° - 90°	Buzamiento 20° - 45°	Buzamiento 45° - 90°	Buzamiento 20° - 45°	Buzamiento 45° - 90°	Buzamiento 20° - 45°	
Muy favorable	Favorable	Regular	Desfavorable	Muy desfavorable	Regular	Desfavorable

### Calificación

Clase	I	II	III	IV	V
Calidad	Muy buena	Buena	Regular	Pobre	Muy pobre
Valuación	100 - 81	80 - 61	60 - 41	40 - 21 = 40	≤ 20

### Características geotécnicas

Clase	I	II	III	IV	V
Tiempo de Auto Soporte (T.A.S.) y Vano	20 años para 15 m	1 año para 10 m	1 semana para 5 m	10 horas para 2.5 m	30 minutos para 1 m
Cohesión (Kp/cm <sup>2</sup> )	> 4	4 - 3	3 - 2	2 - 1	< 1
Ángulo de fricción interna	> 45°	45° - 35°	35° - 25°	25° - 15°	< 15°

$$RMR = 1 + 2 + 3 + 4 + 5 + 6$$

JALP - 2007

Calle José Olaya Balandra Mz. "J2" Lote "07" Urb. Los Próceres - Lima 33  
Teléfono: 2823668 - Móvil: 943584726 (RPC) - E-mail: [geotecmineirl@gmail.com](mailto:geotecmineirl@gmail.com)

Anexo 96 RMR para la estación geomecánica 004. Fuente: GEOTECMIN

Anexo 97 RMR para la estación geomecánica 005. Fuente: GEOTECMIN



EGMS

**GEOTECMIN**

SERVICIOS GEOLÓGICOS GEOTÉCNICOS Y MINEROS GENERALES E. I. R. L.

Experiencia y Calidad en Ingeniería de Rocas

**SISTEMA CSIR DE CLASIFICACIÓN GEOMECÁNICA - ÍNDICE "RMR" (SEGÚN BIENIAWSKI - 1989)**

**Parámetros de clasificación**

1	Resistencia de la roca intacta (MPa)	Índice de carga puntual	> 10	10 - 4	4 - 2	2 - 1	No se usa, es preferible emplear UCS	
		Resistencia a la compresión uniaxial UCS	> 250	250 - 100	100 - 50	50 - 25	25 - 5	5 - 1
2	Valuación	RQD (%)	> 90	90 - 75	75 - 50	50 - 25	< 25	
		Valuación	20	17	13	8	3	
3	Valuación	Espaciamiento entre discontinuidades (m)	> 2.00	2.00 - 0.60	0.60 - 0.20	0.20 - 0.06	< 0.06	
		Valuación	20	15	10	8	5	
4	Estado de las discontinuidades	Persistencia (m)	< 1	1 - 3	3 - 10	10 - 20	> 20	
		Valuación	6	4	2	1	0	
		Abertura (mm)	Cerrada	< 0.1	0.1 - 10	10 - 50	> 50	
		Valuación	6	5	4	1	0	
		Rugosidad	Muy rugosa	Rugosa	Ligeramente rugosa	Lisa	Lustrosa	
		Valuación	6	5	3	1	0	
		Releno	Sin relleno	Relleno duro (< 5 mm)	Relleno duro (> 5 mm)	Relleno blanco (< 5 mm)	Relleno blanco (> 5 mm)	
		Valuación	6	4	2	2	0	
		Descomposición	Fresca	Levemente descompuesta	Moder. descompuesta	Altamente descompuesta	Extrem. descompuesta	
		Valuación	6	5	3	1	0	
5	Agua freática	Caudal por 10 m de excavación (l/min)	0	0 - 10	10 - 25	25 - 125	> 125	
		Presión de agua / Esfuerzo principal mayor $\sigma$	0.0	0.0 - 0.1	0.1 - 0.2	0.2 - 0.5	> 0.5	
		Condición general	Completamente seco	Ligeramente húmedo	Húmedo	Goteando	Fluyendo	
		Valuación	10	10	7	4	0	

**Corrección por orientación de discontinuidades (6)**

Dirección buzamiento		Muy favorables	Favorables	Regulares	Desfavorables	Muy desfavorables
Valuación	Túneles y labores mineras	0	-2	-5	-10	-12
	Cimentaciones	0	-2	-7	-15	-25
	Taludes	0	-5	-25	-50	-80

**Orientación de discontinuidades en un túnel**

Rumbo perpendicular al eje del túnel				Rumbo paralelo al eje del túnel		Buzamiento 0° - 20°
Avance con el buzamiento		Avance contra el buzamiento				
Buzamiento 45° - 90°	Buzamiento 20° - 45°	Buzamiento 45° - 90°	Buzamiento 20° - 45°	Buzamiento 45° - 90°	Buzamiento 20° - 45°	
Muy favorable	Favorable	Regular	Desfavorable	Muy desfavorable	Regular	Desfavorable

**Calificación**

Clase	I	II	III	IV	V
Calidad	Muy buena	Buena	Regular	Pobre	Muy pobre
Valuación	100 - 81	80 - 61	60 - 41	40 - 21 = 32	≤ 20

**Características geotécnicas**

Clase	I	II	III	IV	V
Tiempo de Auto Soporte (T. A. S.) y Vano	20 años para 15 m	1 año para 10 m	1 semana para 5 m	10 horas para 2.5 m	30 minutos para 1 m
Cohesión (Kp/cm <sup>2</sup> )	> 4	4 - 3	3 - 2	2 - 1	< 1
Ángulo de fricción interna	> 45°	45° - 35°	35° - 25°	25° - 15°	< 15°

**RMR = 1 + 2 + 3 + 4 + 5 + 6**

JALP - 2007

Calle José Olaya Balandra Mz. "J2" Lote "07" Urb. Los Próceres - Lima 33  
Teléfono: 2823668 - Móvil: 943584726 (RPC) - E-mail: [geotecmineirl@gmail.com](mailto:geotecmineirl@gmail.com)





EGM6

# GEOTECMIN

SERVICIOS GEOLÓGICOS GEOTÉCNICOS Y MINEROS GENERALES E. I. R. L.

Experiencia y Calidad en Ingeniería de Rocas

## SISTEMA CSIR DE CLASIFICACIÓN GEOMECAÁNICA - ÍNDICE "RMR" (SEGÚN BIENIAWSKI - 1989)

### Parámetros de clasificación

1	Resistencia de la roca intacta (MPa)	Índice de carga puntual	> 10	10 - 4	4 - 2	2 - 1	No se usa, es preferible emplear UCS		
		Resistencia a la compresión uniaxial UCS	> 250	250 - 100	100 - 50	50 - 25	25 - 5	5 - 1	< 1
	Valuación	15	12	7	4	2	1	0	
2	RQD (%)	> 90	90 - 75	75 - 50	50 - 25	< 25			
	Valuación	20	17	13	8	3			
3	Espaciamiento entre discontinuidades (m)	> 2.00	2.00 - 0.50	0.60 - 0.20	0.20 - 0.06	< 0.06			
	Valuación	20	15	10	8	5			
4	Estado de las discontinuidades	Persistencia (m)	< 1	1 - 3	3 - 10	10 - 20	> 20		
		Valuación	6	4	2	1	0		
		Abertura (mm)	Cerrada	< 0.1	0.1 - 10	10 - 5.0	> 5.0		
		Valuación	6	5	4	1	0		
		Rugosidad	Muy rugosa	Rugosa	Ligeramente rugosa	Lisa	Lustrosa		
		Valuación	6	5	3	1	0		
		Relleno	Sin relleno	Relleno duro (< 5 mm)	Relleno duro (> 5 mm)	Relleno blanco (< 5 mm)	Relleno blanco (> 5 mm)		
		Valuación	6	4	2	2	0		
		Descomposición	Fresca	Levemente descompuesta	Moder. descompuesta	Altamente descompuesta	Extrem. descompuesta		
		Valuación	6	5	3	1	0		
5	Agua freática	Caudal por 10 m de excavación (l/min)	0	0 - 10	10 - 25	25 - 125	> 125		
		Presión de agua / Esfuerzo principal mayor $\sigma$	0.0	0.0 - 0.1	0.1 - 0.2	0.2 - 0.5	> 0.5		
		Condición general	Completamente seco	Ligeramente húmedo	Húmedo	Goteando	Fluyendo		
		Valuación	15	10	7	4	0		

### Corrección por orientación de discontinuidades (B)

Dirección y buzamiento		Muy favorables	Favorables	Regulares	Desfavorables	Muy desfavorables
Valuación	Túneles y labores mineras	0	-2	-5	-10	-12
	Cimentaciones	0	-2	-7	-15	-25
	Taludes	0	-5	-25	-50	-80

### Orientación de discontinuidades en un túnel

Rumbo perpendicular al eje del túnel				Rumbo paralelo al eje del túnel		Buzamiento 0° - 20°
Avance con el buzamiento		Avance contra el buzamiento		Buzamiento 45° - 90°	Buzamiento 20° - 45°	
Buzamiento 45° - 90°	Buzamiento 20° - 45°	Buzamiento 45° - 90°	Buzamiento 20° - 45°	Buzamiento 45° - 90°	Buzamiento 20° - 45°	Desfavorable
Muy favorable	Favorable	Regular	Desfavorable	Muy desfavorable	Regular	Desfavorable

### Calificación

Clase	I	II	III	IV	V
Calidad	Muy buena	Buena	Regular	Pobre	Muy pobre
Valuación	100 - 81	80 - 61	60 - 41	40 - 21 = 34	≤ 20

### Características geotécnicas

Clase	I	II	III	IV	V
Tiempo de Auto Soporte (T.A.S.) y Vano para 15 m	20 años para 15 m	1 año para 10 m	1 semana para 5 m	10 horas para 2.5 m	30 minutos para 1 m
Cohesión (Kp/cm <sup>2</sup> )	> 4	4 - 3	3 - 2	2 - 1	< 1
Ángulo de fricción interna	> 45°	45° - 35°	35° - 25°	25° - 15°	< 15°

**RMR = 1 + 2 + 3 + 4 + 5 + 6**

JALP - 2007

Calle José Olaya Balandra Mz. "J2" Lote "07" Urb. Los Próceres - Lima 33  
Teléfono: 2823668 - Móvil: 943584726 (RPC) - E-mail: [geotecmineirl@gmail.com](mailto:geotecmineirl@gmail.com)

Anexo 98 RMR para la estación geomecánica 006. Fuente: GEOTECMIN

Anexo 99 RMR para la estación geomecánica 007. Fuente: GEOTECMIN



EGN7

**GEOTECMIN**

SERVICIOS GEOLÓGICOS GEOTÉCNICOS Y MINEROS GENERALES E. I. R. L.

Experiencia y Calidad en Ingeniería de Rocas

**SISTEMA CSIR DE CLASIFICACIÓN GEOMECÁNICA - ÍNDICE "RMR" (SEGÚN BIENIAWSKI - 1989)**

**Parámetros de clasificación**

1	Resistencia de la roca intacta (MPa)	Índice de carga puntual	> 10	10 - 4	4 - 2	2 - 1	No se usa; es preferible emplear UCS			
		Resistencia a la compresión uniaxial UCS	> 250	250 - 100	100 - 50	50 - 25	25 - 5	5 - 1	< 1	
		Valuación	15	12	7	4	2	1	0	
2		RQD (%)	> 90	90 - 75	75 - 50	50 - 25	< 25			
		Valuación	20	17	13	8	3			
3		Espaciamiento entre discontinuidades (m)	> 2.00	2.00 - 0.60	0.60 - 0.20	0.20 - 0.06	< 0.06			
		Valuación	20	15	10	8	5			
4	Estado de las discontinuidades	Persistencia (m)	< 1	1 - 3	3 - 10	10 - 20	> 20			
		Valuación	6	4	2	1	0			
		Abertura (mm)	Cerrada	< 0.1	0.1 - 10	10 - 50	> 50			
		Valuación	6	5	4	1	0			
		Rugosidad	Muy rugosa	Rugosa	Levemente rugosa	Lisa	Lustrosa			
		Valuación	6	5	3	1	0			
		Relleño	Sin relleno	Relleno duro (< 5 mm)	Relleno duro (> 5 mm)	Relleno blanco (< 5 mm)	Relleno blanco (> 5 mm)			
		Valuación	6	4	2	2	0			
		Descomposición	Fresca	Levemente descompuesta	Moder. descompuesta	Altamente descompuesta	Extrem. descompuesta			
		Valuación	6	5	3	1	0			
5	Agua freática	Caudal por 10 m de excavación (lt/min)	0	0 - 10	10 - 25	25 - 125	> 125			
		Presión de agua / Esfuerzo principal mayor $\sigma$	0.0	0.0 - 0.1	0.1 - 0.2	0.2 - 0.5	> 0.5			
		Condición general	Completamente seco	Levemente húmedo	Húmedo	Goteando	Fluyendo			
		Valuación	15	10	7	4	0			

**Corrección por orientación de discontinuidades (6)**

Dirección y buzamiento		Muy favorables	Favorables	Regulares	Desfavorables	Muy desfavorables
Valuación	Túneles y labores mineras	0	-2	-5	-10	-12
	Cimentaciones	0	-2	-7	-15	-25
	Taludes	0	-5	-25	-50	-60

**Orientación de discontinuidades en un túnel**

Rumbo perpendicular al eje del túnel						Rumbo paralelo al eje del túnel	Buzamiento 0° - 20°
Avance con el buzamiento			Avance contra el buzamiento				
Buzamiento 45° - 90°	Buzamiento 20° - 45°	Buzamiento 45° - 90°	Buzamiento 20° - 45°	Buzamiento 45° - 90°	Buzamiento 20° - 45°		
Muy favorable	Favorable	Regular	Desfavorable	Muy desfavorable	Regular		Desfavorable

**Calificación**

Clase	I	II	III	IV	V
Calidad	Muy buena	Buena	Regular	Pobre	Muy pobre
Valuación	100 - 81	80 - 61	60 - 41	40 - 21 = 34	≤ 20

**Características geotécnicas**

Clase	I	II	III	IV	V
Tiempo de Auto Soporte (T.A.S.) y Vano	20 años para 15 m	1 año para 10 m	1 semana para 5 m	10 horas para 2.5 m	30 minutos para 1 m
Cohesión (Kp/cm <sup>2</sup> )	> 4	4 - 3	3 - 2	2 - 1	< 1
Ángulo de fricción interna	> 45°	45° - 35°	35° - 25°	25° - 15°	< 15°

**RMR = 1 + 2 + 3 + 4 + 5 + 6**

JALP - 2007

Calle José Olaya Balandra Mz. "J2" Lote "07" Urb. Los Próceres - Lima 33  
Teléfono: 2823668 - Móvil: 943584726 (RPC) - E-mail: [geotecmineirl@gmail.com](mailto:geotecmineirl@gmail.com)





Anexo 100 RMR para la estación geomecánica 008. Fuente: GEOTECMIN EGMX

**GEOTECMIN**

SERVICIOS GEOLÓGICOS GEOTÉCNICOS Y MINEROS GENERALES E. I. R. L.

Experiencia y Calidad en Ingeniería de Rocas

**SISTEMA CSIR DE CLASIFICACIÓN GEOMECÁNICA - ÍNDICE "RMR" (SEGÚN BIENIAWSKI - 1989)**

**Parámetros de clasificación**

1	Resistencia a la roca Intacta (MPa)	Índice de carga puntual	> 10	10 - 4	4 - 2	2 - 1	No se usa; es preferible emplear UCS		
		Resistencia a la compresión uniaxial UCS	> 250	250 - 100	100 - 50	50 - 25	25 - 5	5 - 1	< 1
2	Valuación	RQD (%)	> 90	90 - 75	75 - 50	50 - 25	< 25		
		Valuación	20	17	13	8	3		
3	Valuación	Espaciamiento entre discontinuidades (m)	> 2.00	2.00 - 0.60	0.60 - 0.20	0.20 - 0.06	< 0.06		
		Valuación	20	15	10	8	5		
4	Estado de las discontinuidades	Persistencia (m)	< 1	1 - 3	3 - 10	10 - 20	> 20		
		Valuación	6	4	2	1	0		
		Abertura (mm)	Cerrada	< 0.1	0.1 - 10	10 - 50	> 50		
		Valuación	6	5	4	1	0		
		Rugosidad	Muy rugosa	Rugosa	Ligeramente rugosa	Lisa	Lustrosa		
		Valuación	6	5	3	1	0		
		Relleño	Sin relleno	Relleno duro (< 5 mm)	Relleno duro (> 5 mm)	Relleno blanco (< 5 mm)	Relleno blanco (> 5 mm)		
		Valuación	6	4	2	2	0		
		Descomposición	Fresca	Levemente descompuesta	Moder. descompuesta	Altamente descompuesta	Extrem. descompuesta		
		Valuación	6	5	3	1	0		
5	Agua freática	Caudal por 10 m de excavación (lt/min)	0	0 - 10	10 - 25	25 - 125	> 125		
		Presión de agua	0.0	0.0 - 0.1	0.1 - 0.2	0.2 - 0.5	> 0.5		
		Esfuerzo principal mayor $\sigma$	0.0	0.0 - 0.1	0.1 - 0.2	0.2 - 0.5	> 0.5		
		Condición general	Completamente seco	Ligeramente húmedo	Húmedo	Goteando	Fluyendo		
Valuación		15	10	7	4	0			

**Corrección por orientación de discontinuidades (5)**

Dirección y buzamiento		Muy favorables	Favorables	Regulares	Desfavorables	Muy desfavorables
Valuación	Túneles y labores mineras	0	-2	-5	-10	-12
	Cimentaciones	0	-2	-7	-15	-25
	Taludes	0	-5	-25	-50	-50

**Orientación de discontinuidades en un túnel**

Rumbo perpendicular al eje del túnel				Rumbo paralelo al eje del túnel		Buzamiento 0° - 20°
Avance con el buzamiento		Avance contra el buzamiento				
Buzamiento 45° - 90°	Buzamiento 20° - 45°	Buzamiento 45° - 90°	Buzamiento 20° - 45°	Buzamiento 45° - 90°	Buzamiento 20° - 45°	
Muy favorable	Favorable	Regular	Desfavorable	Muy desfavorable	Regular	Desfavorable

**Calificación**

Clase	I	II	III	IV	V
Calidad	Muy buena	Buena	Regular	Pobre	Muy pobre
Valuación	100 - 81	80 - 61 = 72	60 - 41	40 - 21	≤ 20

**Características geotécnicas**

Clase	I	II	III	IV	V
Tiempo de Auto Soporte (T. A. S.) y Vano	20 años para 15 m	1 año para 10 m	1 semana para 5 m	10 horas para 2.5 m	30 minutos para 1 m
Cohesión (Kp/cm <sup>2</sup> )	> 4	4 - 3	3 - 2	2 - 1	< 1
Ángulo de fricción interna	> 45°	45° - 35°	35° - 25°	25° - 15°	< 15°

**RMR = 1 + 2 + 3 + 4 + 5 + 6**

JALP - 2007

Calle José Olaya Balandra Mz. "J2" Lote "07" Urb. Los Próceres - Lima 33  
Teléfono: 2823668 - Móvil: 943584726 (RPC) - E-mail: [geotecmineirl@gmail.com](mailto:geotecmineirl@gmail.com)



EGM9

# GEOTECMIN

SERVICIOS GEOLÓGICOS GEOTÉCNICOS Y MINEROS GENERALES E. I. R. L.

Experiencia y Calidad en Ingeniería de Rocas

## SISTEMA CSIR DE CLASIFICACIÓN GEOMECÁNICA - ÍNDICE "RMR" (SEGÚN BIENIAWSKI - 1989)

### Parámetros de clasificación

1	Resistencia de la roca intacta (MPa)	Índice de carga puntual	> 10	10 - 4	4 - 2	2 - 1	No se usa: es preferible emplear UCS		
		Resistencia a la compresión uniaxial UCS	> 250	250 - 100	100 - 50	50 - 25	25 - 5	5 - 1	< 1
	Valuación		15	12	7	4	2	1	0
2	RQD (%)	> 90	90 - 75	75 - 50	50 - 25	< 25			
	Valuación	20	17	13	8	3			
3	Espaciamiento entre discontinuidades (m)	> 2.00	2.00 - 0.60	0.60 - 0.20	0.20 - 0.06	< 0.06			
	Valuación	20	15	10	8	5			
4	Estado de las discontinuidades	Persistencia (m)	< 1	1 - 3	3 - 10	10 - 20	> 20		
		Valuación	6	4	2	1	0		
		Abertura (mm)	Cerrada	< 0.1	0.1 - 1.0	1.0 - 5.0	> 5.0		
		Valuación	6	5	4	1	0		
		Rugosidad	Muy rugosa	Rugosa	Ligeramente rugosa	Lisa	Lustrosa		
		Valuación	6	5	3	1	0		
		Relleno	Sin relleno	Relleno duro (< 5 mm)	Relleno duro (> 5 mm)	Relleno blanco (< 5 mm)	Relleno blanco (> 5 mm)		
		Valuación	6	4	2	2	0		
		Descomposición	Fresca	Levemente descompuesta	Moder. descompuesta	Altamente descompuesta	Extrem. descompuesta		
		Valuación	6	5	3	1	0		
5	Agua freática	Caudal por 10 m de excavación (l/min)	0	0 - 10	10 - 25	25 - 125	> 125		
		Presión de agua							
		Esfuerzo principal mayor $\sigma$	0.0	0.0 - 0.1	0.1 - 0.2	0.2 - 0.5	> 0.5		
		Condición general	Completamente seco	Ligeramente húmedo	Húmedo	Goteando	Fluyendo		
	Valuación		15	10	7	4	0		

### Corrección por orientación de discontinuidades (6)

Dirección y buzamiento		Muy favorables	Favorables	Regulares	Desfavorables	Muy desfavorables
Valuación	Túneles y labores mineras	0	-2	-5	-10	-12
	Cimentaciones	0	-2	-7	-15	-25
	Taludes	0	-5	-25	-50	-60
		0				

### Orientación de discontinuidades en un túnel

Rumbo perpendicular al eje del túnel				Rumbo paralelo al eje del túnel		Buzamiento 0° - 20°
Avance con el buzamiento		Avance contra el buzamiento		Buzamiento 45° - 90°	Buzamiento 20° - 45°	
Buzamiento 45° - 90°	Buzamiento 20° - 45°	Buzamiento 45° - 90°	Buzamiento 20° - 45°	Muy desfavorable	Regular	Desfavorable
Muy favorable	Favorable	Regular	Desfavorable			

### Calificación

Clase	I	II	III	IV	V
Calidad	Muy buena	Buena	Regular	Pobre	Muy pobre
Valuación	100 - 81	80 - 61 = 61	60 - 41	40 - 21	≤ 20

### Características geotécnicas

Clase	I	II	III	IV	V
Tiempo de Auto Soporte (T.A.S.) y Vano	20 años para 15 m	1 año para 10 m	1 semana para 5 m	10 horas para 2.5 m	30 minutos para 1 m
Cohesión (Kp/cm <sup>2</sup> )	> 4	4 - 3	3 - 2	2 - 1	< 1
Ángulo de fricción interna	> 45°	45° - 35°	35° - 25°	25° - 15°	< 15°

$$RMR = 1 + 2 + 3 + 4 + 5 + 6$$

JALP - 2007

Calle José Olaya Balandra Mz. "J2" Lote "07" Urb. Los Próceres - Lima 33  
Teléfono: 2823668 - Móvil: 943584726 (RPC) - E-mail: [geotecmineirl@gmail.com](mailto:geotecmineirl@gmail.com)

Anexo 101 RMR para la estación geomecánica 009. Fuente: GEOTECMIN





EGMID

# GEOTECMIN

SERVICIOS GEOLÓGICOS GEOTÉCNICOS Y MINEROS GENERALES E. I. R. L.

Experiencia y Calidad en Ingeniería de Rocas

## SISTEMA CSIR DE CLASIFICACIÓN GEOMECÁNICA - ÍNDICE "RMR" (SEGÚN BIENIAWSKI - 1989)

### Parámetros de clasificación

1	Resistencia de la roca intacta (MPa)	Índice de carga puntual	> 10	10 - 4	4 - 2	2 - 1	No se usa; es preferible UCS	
		Resistencia a la compresión uniaxial UCS	> 250	250 - 100	100 - 50	50 - 25	25 - 5	5 - 1
	Valuación		15	12	7	4	2	1
2	RQD (%)	> 90	90 - 75	75 - 50	50 - 25			
	Valuación	20	17	13	8			
3	Espaciamiento entre discontinuidades (m)	> 2.00	2.00 - 0.60	0.60 - 0.20	0.20 - 0.06			
	Valuación	20	15	10	8			
4	Estado de las discontinuidades	Persistencia (m)	< 1	1 - 3	3 - 10	10 - 20	> 20	
		Valuación	6	4	2	1	0	
		Abertura (mm)	Cerrada	< 0.1	0.1 - 10	10 - 5.0	> 5.0	
		Valuación	6	5	4	1	0	
		Rugosidad	Muy rugosa	Rugosa	Ligeramente rugosa	Lisa	Lustrada	
		Valuación	6	5	3	1	0	
		Releno	Sin relleno	Releno duro (< 5 mm)	Releno duro (> 5 mm)	Releno blanco (< 5 mm)	Releno blanco (> 5 mm)	
		Valuación	6	4	2	2	0	
		Descomposición	Fresca	Levemente descompuesta	Moder. descompuesta	Altamente descompuesta	Extrem. descompuesta	
		Valuación	6	5	3	1	0	
5	Agua freática	Caudal por 10 m de excavación (l/min)	0	0 - 10	10 - 25	25 - 125	> 125	
		Presión de agua / Esfuerzo principal mayor $\sigma$	0.0	0.0 - 0.1	0.1 - 0.2	0.2 - 0.5	> 0.5	
		Condición general	Completamente seco	Ligeramente húmedo	Húmedo	Goteando	Fluyendo	
		Valuación	15	10	7	4	0	

### Corrección por orientación de discontinuidades (6)

Dirección y buzamiento		Muy favorables	Favorables	Regulares	Desfavorables	Muy desfavorables
Valuación	Túneles y labores mineras	0	-2	-5	-10	-12
	Cimentaciones	0	-2	-7	-15	-25
	Taludes	0	-5	-25	-50	-50

### Orientación de discontinuidades en un túnel

Rumbo perpendicular al eje del túnel				Rumbo paralelo al eje del túnel		Buzamiento 0° - 21°
Avance con el buzamiento		Avance contra el buzamiento		Buzamiento 45° - 90°	Buzamiento 20° - 45°	
Buzamiento 45° - 90°	Buzamiento 20° - 45°	Buzamiento 45° - 90°	Buzamiento 20° - 45°	Buzamiento 45° - 90°	Buzamiento 20° - 45°	
Muy favorable	Favorable	Regular	Desfavorable	Muy desfavorable	Regular	Desfavorable

### Calificación

Clase	I	II	III	IV	V
Calidad	Muy buena	Buena	Regular	Pobre	Muy pobre
Valuación	100 - 81	80 - 61 = 63	60 - 41	40 - 21	≤ 20

### Características geotécnicas

Clase	I	II	III	IV	V
Tiempo de Auto Soporte (T. A. S.) y Vano	20 años para 15 m	1 año para 10 m	1 semana para 5 m	10 horas para 2.5 m	30 minutos para 1 m
Cohesión (Kg/cm <sup>2</sup> )	> 4	4 - 3	3 - 2	2 - 1	< 1
Ángulo de fricción interna	> 45°	45° - 35°	35° - 25°	25° - 15°	< 15°

$$RMR = 1 + 2 + 3 + 4 + 5 + 6$$

JALP - 26

Calle José Olaya Balandra Mz. "J2" Lote "07" Urb. Los Próceres - Lima 33  
Teléfono: 2823668 - Móvil: 943584726 (RPC) - E-mail: [geotecmineirl@gmail.com](mailto:geotecmineirl@gmail.com)

Anexo 102 RMR para la estación geomecánica 010. Fuente: GEOTECMIN

Anexo 103 RMR para la estación geomecánica 011. Fuente: GEOTECMIN



EGM11

**GEOTECMIN**

SERVICIOS GEOLÓGICOS GEOTÉCNICOS Y MINEROS GENERALES E. I. R. L.

Experiencia y Calidad en Ingeniería de Rocas

**SISTEMA CSIR DE CLASIFICACIÓN GEOMECAÁNICA - ÍNDICE "RMR" (SEGÚN BIENIAWSKI - 1989)**

Parámetros de clasificación

1	Resistencia de la roca intacta (MPa)	Índice de carga puntual	> 10	10 - 4	4 - 2	2 - 1	No se usa, es preferible emplear UCS		
		Resistencia a la compresión uniaxial UCS	> 250	250 - 100	100 - 50	50 - 25	25 - 5	5 - 1	< 1
	Valuación	15	12	7	4	2	1	0	
2	RQD (%)	> 90	90 - 75	75 - 50	50 - 25	< 25			
	Valuación	20	17	13	8	3			
3	Espaciamiento entre discontinuidades (m)	> 2.00	2.00 - 0.60	0.60 - 0.20	0.20 - 0.06	< 0.06			
	Valuación	20	15	10	8	5			
4	Estado de las discontinuidades	Persistencia (m)	< 1	1 - 3	3 - 10	10 - 20	> 20		
		Valuación	6	4	2	1	0		
		Abertura (mm)	Cerrada	< 0.1	0.1 - 1.0	1.0 - 5.0	> 5.0		
		Valuación	6	5	4	1	0		
		Rugosidad	Muy rugosa	Rugosa	Ligeramente rugosa	Lisa	Lustrosa		
		Valuación	6	5	3	1	0		
		Relleno	Sin relleno	Relleno duro (< 5 mm)	Relleno duro (> 5 mm)	Relleno blanco (< 5 mm)	Relleno blanco (> 5 mm)		
		Valuación	6	4	2	2	0		
		Descomposición	Fresca	Ligeramente descompuesta	Mod. descompuesta	Altamente descompuesta	Extrem. descompuesta		
		Valuación	6	5	3	1	0		
5	Agua freática	Caudal por 10 m de excavación (lt/min)	0	0 - 10	10 - 25	25 - 125	> 125		
		Presión de agua / Esfuerzo principal mayor $\sigma_1$	0.0	0.0 - 0.1	0.1 - 0.2	0.2 - 0.5	> 0.5		
		Condición general	Completamente seco	Ligeramente húmedo	Húmedo	Goteando	Fluyendo		
		Valuación	15	10	7	4	0		

Corrección por orientación de discontinuidades (6)

Dirección y buzamiento		Muy favorables	Favorables	Regulares	Desfavorables	Muy desfavorables
Valuación	Túneles y labores mineras	0	-2	-5	-10	-12
	Cimentaciones	0	-2	-7	-15	-25
	Taludes	0	-5	-25	-50	-80

Orientación de discontinuidades en un túnel

Rumbo perpendicular al eje del túnel				Rumbo paralelo al eje del túnel		Buzamiento 0° - 20°
Avance con el buzamiento		Avance contra el buzamiento		Buzamiento 45° - 90°	Buzamiento 20° - 45°	
Buzamiento 45° - 90°	Buzamiento 20° - 45°	Buzamiento 45° - 90°	Buzamiento 20° - 45°	Buzamiento 45° - 90°	Buzamiento 20° - 45°	
Muy favorable	Favorable	Regular	Desfavorable	Muy desfavorable	Regular	Desfavorable

Calificación

Clase	I	II	III	IV	V
Calidad	Muy buena	Buena	Regular	Pobre	Muy pobre
Valuación	100 - 81	80 - 61 = 67	60 - 41	40 - 21	≤ 20

Características geotécnicas

Clase	I	II	III	IV	V
Tiempo de Auto Soporte (T.A.S.) y Vano	20 años para 15 m	1 año para 10 m	1 semana para 5 m	10 horas para 2.5 m	30 minutos para 1 m
Cohesión (Kp/cm <sup>2</sup> )	> 4	4 - 3	3 - 2	2 - 1	< 1
Ángulo de fricción interna	> 45°	45° - 35°	35° - 25°	25° - 15°	< 15°

**RMR = 1 + 2 + 3 + 4 + 5 + 6**

JALP - 2007

Calle José Olaya Balandra Mz. "J2" Lote "07" Urb. Los Próceres - Lima 33  
Teléfono: 2823668 - Móvil: 943584726 (RPC) - E-mail: [geotecmineiri@gmail.com](mailto:geotecmineiri@gmail.com)





EGM12

# GEOTECMIN

SERVICIOS GEOLÓGICOS GEOTÉCNICOS Y MINEROS GENERALES E. I. R. L.

Experiencia y Calidad en Ingeniería de Rocas

## SISTEMA CSIR DE CLASIFICACIÓN GEOMECÁNICA - ÍNDICE "RMR" (SEGÚN BIENIAWSKI - 1989)

### Parámetros de clasificación

1	Resistencia de la roca intacta (MPa)	Índice de carga puntual	> 10	10 - 4	4 - 2	2 - 1	No se usa es preferible emplear UCS		
		Resistencia a la compresión uniaxial UCS	> 250	250 - 100	100 - 50	50 - 25	25 - 5	5 - 1	< 1
	Valuación	15	12	7	4	2	1	0	
2	RQD (%)	> 90	90 - 75	75 - 50	50 - 25	< 25			
	Valuación	20	17	13	8	3			
3	Espaciamiento entre discontinuidades (m)	> 2.00	2.00 - 0.50	0.50 - 0.20	0.20 - 0.06	< 0.06			
	Valuación	20	15	10	8	5			
4	Estado de las discontinuidades	Persistencia (m)	< 1	1 - 3	3 - 10	10 - 20	> 20		
		Valuación	6	4	2	1	0		
		Abertura (mm)	Cerrada	< 0.1	0.1 - 10	10 - 5.0	> 5.0		
		Valuación	6	5	4	1	0		
		Rugosidad	Muy rugosa	Rugosa	Ligeramente rugosa	Lisa	Lustrosa		
		Valuación	6	5	3	1	0		
		Releno	Sin relleno	Releno duro (< 5 mm)	Releno duro (> 5 mm)	Releno blanco (< 5 mm)	Releno blanco (> 5 mm)		
		Valuación	6	4	2	2	0		
		Descomposición	Fresca	Ligeramente descompuesta	Moder. descompuesta	Altamente descompuesta	Extrem. descompuesta		
5	Agua freática	Caudal por 10 m de excavación (l/min)	0	0 - 10	10 - 25	25 - 125	> 125		
		Presión de agua / Esfuerzo principal mayor	0.0	0.0 - 0.1	0.1 - 0.2	0.2 - 0.5	> 0.5		
		Condición general	Completamente seco	Ligeramente húmedo	Húmedo	Goteando	Fluyendo		
		Valuación	15	10	7	4	0		

### Corrección por orientación de discontinuidades (6)

Dirección y buzamiento		Muy favorables	Favorables	Regulares	Desfavorables	Muy desfavorables
Valuación	Túneles y labores mineras	0	-2	-5	-10	-12
	Cimentaciones	0	-2	-7	-15	-25
	Taludes	0	-5	-25	-50	-50

### Orientación de discontinuidades en un túnel

Rumbo perpendicular al eje del túnel				Rumbo paralelo al eje del túnel		Buzamiento 0° - 20°
Avance con el buzamiento		Avance contra el buzamiento				
Buzamiento 45° - 90°	Buzamiento 20° - 45°	Buzamiento 45° - 90°	Buzamiento 20° - 45°	Buzamiento 45° - 90°	Buzamiento 20° - 45°	
Muy favorable	Favorable	Regular	Desfavorable	Muy desfavorable	Regular	Desfavorable

### Calificación

Clase	I	II	III	IV	V
Calidad	Muy buena	Buena	Regular	Pobre	Muy pobre
Valuación	100 - 81	80 - 61 = 70	60 - 41	40 - 21	≤ 20

### Características geotécnicas

Clase	I	II	III	IV	V
Tiempo de Auto Soporte (T.A.S.) y Vano	20 años para 15 m	1 año para 10 m	1 semana para 5 m	10 horas para 2.5 m	30 minutos para 1 m
Cohesión (Kp/cm²)	> 4	4 - 3	3 - 2	2 - 1	< 1
Ángulo de fricción interna	> 45°	45° - 35°	35° - 25°	25° - 15°	< 15°

$$RMR = 1 + 2 + 3 + 4 + 5 + 6$$

JALP - 2007

Calle José Olaya Balandra Mz. "J2" Lote "07" Urb. Los Próceres - Lima 33  
Teléfono: 2823668 - Móvil: 943584726 (RPC) - E-mail: [geotecmineirl@gmail.com](mailto:geotecmineirl@gmail.com)

Anexo 104 RMR para la estación geomecánica 12. Fuente: GEOTECMIN



EGM13

# GEOTECMIN

SERVICIOS GEOLÓGICOS GEOTÉCNICOS Y MINEROS GENERALES E. I. R. L.

Experiencia y Calidad en Ingeniería de Rocas

## SISTEMA CSIR DE CLASIFICACIÓN GEOMECAÁNICA - ÍNDICE "RMR" (SEGÚN BIENIAWSKI - 1989)

### Parámetros de clasificación

1	Resistencia de la roca Intacta (MPa)	Índice de carga puntual	> 10	10 - 4	4 - 2	2 - 1	No se usa; es preferible emplear UCS		
		Resistencia a la compresión uniaxial UCS	> 250	250 - 100	100 - 50	50 - 25	25 - 5	5 - 1	< 1
	Valuación		15	12	7	4	2	1	0
2	RQD (%)		> 90	90 - 75	75 - 50	50 - 25	< 25		
		Valuación	20	17	13	8	3		
3	Espaciamiento entre discontinuidades (m)		> 2.00	2.00 - 0.60	0.60 - 0.20	0.20 - 0.06	< 0.06		
		Valuación	20	15	10	8	5		
4	Estado de las discontinuidades	Persistencia (m)	< 1	1 - 3	3 - 10	10 - 20	> 20		
		Valuación	6	4	2	1	0		
		Abertura (mm)	Cerrada	< 0.1	0.1 - 10	10 - 5.0	> 5.0		
		Valuación	6	5	4	1	0		
		Rugosidad	Muy rugosa	Rugosa	Ligeramente rugosa	Lisa	Lustrosa		
		Valuación	6	5	3	1	0		
		Relleno	Sin relleno	Relleno duro (< 5 mm)	Relleno duro (> 5 mm)	Relleno blanco (< 5 mm)	Relleno blanco (> 5 mm)		
		Valuación	6	4	2	2	0		
		Descomposición	Fresca	Ligeramente descompuesta	Moder. descompuesta	Altamente descompuesta	Extrem. descompuesta		
		Valuación	6	5	3	1	0		
5	Agua freática	Caudal por 10 m de excavación (l/min)	0	0 - 10	10 - 25	25 - 125	> 125		
		Presión de agua / Esfuerzo principal mayor	0.0	0.0 - 0.1	0.1 - 0.2	0.2 - 0.5	> 0.5		
		Condición general	Completamente seco	Ligeramente húmedo	Húmedo	Goteando	Fluyendo		
		Valuación	15	10	7	4	0		

### Corrección por orientación de discontinuidades (6)

Dirección y buzamiento		Muy favorables	Favorables	Regulares	Desfavorables	Muy desfavorables
Valuación	Túneles y labores mineras	0	-2	-5	-10	-12
	Cimentaciones	0	-2	-7	-15	-25
	Taludes	0	-5	-25	-50	-60

### Orientación de discontinuidades en un túnel

Rumbo perpendicular al eje del túnel				Rumbo paralelo al eje del túnel		Buzamiento 0° - 20°
Avance con el buzamiento		Avance contra el buzamiento		Buzamiento 45° - 90°	Buzamiento 20° - 45°	
Buzamiento 45° - 90°	Buzamiento 20° - 45°	Buzamiento 45° - 90°	Buzamiento 20° - 45°	Buzamiento 45° - 90°	Buzamiento 20° - 45°	
Muy favorable	Favorable	Regular	Desfavorable	Muy desfavorable	Regular	Desfavorable

### Calificación

Clase	I	II	III	IV	V
Calidad	Muy buena	Buena	Regular	Pobre	Muy pobre
Valuación	100 - 81	80 - 61 = 63	60 - 41	40 - 21	≤ 20

### Características geotécnicas

Clase	I	II	III	IV	V
Tiempo de Auto Soporte (T. A. S.) y Vano	20 años para 15 m	1 año para 10 m	1 semana para 5 m	10 horas para 2.5 m	30 minutos para 1 m
Cohesión (Kp/cm <sup>2</sup> )	> 4	4 - 3	3 - 2	2 - 1	< 1
Ángulo de fricción interna	> 45°	45° - 35°	35° - 25°	25° - 15°	< 15°

$$RMR = 1 + 2 + 3 + 4 + 5 + 6$$

JALP - 2007

Calle José Olaya Balandra Mz. "J2" Lote "07" Urb. Los Próceres - Lima 33  
Teléfono: 2823668 - Móvil: 943584726 (RPC) - E-mail: [geotecmineirl@gmail.com](mailto:geotecmineirl@gmail.com)

Anexo 105 RMR para la estación geomecánica 013. Fuente: GEOTECMIN





EGM14

# GEOTECMIN

SERVICIOS GEOLÓGICOS GEOTÉCNICOS Y MINEROS GENERALES E. I. R. L.

Experiencia y Calidad en Ingeniería de Rocas

## SISTEMA CSIR DE CLASIFICACIÓN GEOMECAÁNICA - ÍNDICE "RMR" (SEGÚN BIENIAWSKI - 1989)

### Parámetros de clasificación

1	Resistencia de la roca intacta (MPa)	Índice de carga puntual	> 10	10 - 4	4 - 2	2 - 1	No se usa: es preferible emplear UCS		
		Resistencia a la compresión uniaxial UCS	> 250	250 - 100	100 - 50	50 - 25	25 - 5	5 - 1	< 1
	Valuación	15	12	7	4	2	1	0	
2	RQD (%)	> 90	90 - 75	75 - 50	50 - 25	< 25			
	Valuación	20	17	13	8	3			
3	Espaciamiento entre discontinuidades (m)		> 2.00	2.00 - 0.60	0.60 - 0.20	0.20 - 0.06	< 0.06		
	Valuación		20	15	10	8	5		
4	Estado de las discontinuidades	Peristencia (m)	< 1	1 - 3	3 - 10	10 - 20	> 20		
		Valuación	6	4	2	1	0		
		Abertura (mm)	Cerrada	< 0.1	0.1 - 10	10 - 50	> 50		
		Valuación	6	5	4	1	0		
		Rugosidad	Muy rugosa	Rugosa	Ligeramente rugosa	Lisa	Lustrosa		
		Valuación	6	5	3	1	0		
		Relleño	Sin relleno	Relleno duro (< 5 mm)	Relleno duro (> 5 mm)	Relleno blanco (< 5 mm)	Relleno blanco (> 5 mm)		
		Valuación	6	4	2	2	0		
		Descomposición	Fresca	Levemente descompuesta	Moder. descompuesta	Altamente descompuesta	Extrem. descompuesta		
		Valuación	6	5	3	1	0		
5	Agua freática	Caudal por 10 m de excavación (l/min)	0	0 - 10	10 - 25	25 - 125	> 125		
		Presión de agua / Esfuerzo principal mayor $\sigma$	0.0	0.0 - 0.1	0.1 - 0.2	0.2 - 0.5	> 0.5		
		Condición general	Completamente seco	Ligeramente húmedo	Húmedo	Goteando	Fluyendo		
		Valuación	15	10	7	4	0		

### Corrección por orientación de discontinuidades (6)

Dirección y buzamiento		Muy favorables	Favorables	Regulares	Desfavorables	Muy desfavorables
Valuación	Túneles y labores mineras	0	-2	-5	-10	-12
	Cimentaciones	0	-2	-7	-15	-25
	Taludes	0	-5	-25	-50	-50

### Orientación de discontinuidades en un túnel

Rumbo perpendicular al eje del túnel				Rumbo paralelo al eje del túnel		Buzamiento 0° - 20°
Avance con el buzamiento		Avance contra el buzamiento		Buzamiento 45° - 90°	Buzamiento 20° - 45°	
Buzamiento 45° - 90°	Buzamiento 20° - 45°	Buzamiento 45° - 90°	Buzamiento 20° - 45°	Buzamiento 45° - 90°	Buzamiento 20° - 45°	
Muy favorable	Favorable	Regular	Desfavorable	Muy desfavorable	Regular	Desfavorable

### Calificación

Clase	I	II	III	IV	V
Calidad	Muy buena	Buena	Regular	Pobre	Muy pobre
Valuación	100 - 81	80 - 61	60 - 41 = 46	40 - 21	≤ 20

### Características geotécnicas

Clase	I	II	III	IV	V
Tiempo de Auto Soporte (T.A.S.) y Vano	20 años para 15 m	1 año para 10 m	1 semana para 5 m	10 horas para 2.5 m	30 minutos para 1 m
Cohesión (Kp/cm <sup>2</sup> )	> 4	4 - 3	3 - 2	2 - 1	< 1
Ángulo de fricción interna	> 45°	45° - 35°	35° - 25°	25° - 15°	< 15°

$$RMR = 1 + 2 + 3 + 4 + 5 + 6$$

JALP - 2007

Calle José Olaya Balandra Mz. "J2" Lote "07" Urb. Los Próceres - Lima 33  
Teléfono: 2823668 - Móvil: 943584726 (RPC) - E-mail: [geotecmineiri@gmail.com](mailto:geotecmineiri@gmail.com)

Anexo 106 RMR para la estación geomecánica 014. Fuente: GEOTECMIN



EGM15

# GEOTECMIN

SERVICIOS GEOLÓGICOS GEOTÉCNICOS Y MINEROS GENERALES E. I. R. L.

Experiencia y Calidad en Ingeniería de Rocas

## SISTEMA CSIR DE CLASIFICACIÓN GEOMECÁNICA - ÍNDICE "RMR" (SEGÚN BIENIAWSKI - 1989)

### Parámetros de clasificación

1	Resistencia de la roca intacta (MPa)	Índice de carga puntual	> 10	10 - 4	4 - 2	2 - 1	No se usa; es preferible emplear UCS		
		Resistencia a la compresión uniaxial UCS	> 250	250 - 100	100 - 50	50 - 25	25 - 5	5 - 1	< 1
		Valuación	15	12	7	4	2	1	0
2		RQD (%)	> 90	90 - 75	75 - 50	50 - 25	< 25		
		Valuación	20	17	13	8	3		
3		Espaciamiento entre discontinuidades (m)	> 2.00	2.00 - 0.60	0.60 - 0.20	0.20 - 0.06	< 0.06		
		Valuación	20	15	10	8	5		
4	Estado de las discontinuidades	Persistencia (m)	< 1	1 - 3	3 - 10	10 - 20	> 20		
		Valuación	6	4	2	1	0		
		Abertura (mm)	Cerrada	< 0.1	0.1 - 10	10 - 50	> 50		
		Valuación	6	5	4	1	0		
		Rugosidad	Muy rugosa	Rugosa	Ligeramente rugosa	Lisa	Lustrosa		
		Valuación	6	5	3	1	0		
		Relleno	Sin relleno	Relleno duro (< 5 mm)	Relleno duro (> 5 mm)	Relleno blanco (< 5 mm)	Relleno blanco (> 5 mm)		
		Valuación	6	4	2	2	0		
		Descomposición	Fresca	Levemente descompuesta	Moder. descompuesta	Altamente descompuesta	Extrem. descompuesta		
		Valuación	6	5	3	1	0		
5	Agua freática	Caudal por 10 m de excavación (l/min)	0	0 - 10	10 - 25	25 - 125	> 125		
		Presión de agua / Esfuerzo principal mayor $\sigma$	0.0	0.0 - 0.1	0.1 - 0.2	0.2 - 0.5	> 0.5		
		Condición general	Completamente seco	Ligeramente húmedo	Húmedo	Goteando	Fluyendo		
		Valuación	15	10	7	4	0		

### Corrección por orientación de discontinuidades (6)

Dirección y buzamiento		Muy favorables	Favorables	Regulares	Desfavorables	Muy desfavorables
Valuación	Túneles y labores mineras	0	-2	-5	-10	-12
	Cimentaciones	0	-2	-7	-15	-25
	Taludes	0	-5	-25	-50	-80

### Orientación de discontinuidades en un túnel

Rumbo perpendicular al eje del túnel						Rumbo paralelo al eje del túnel	Buzamiento 0° - 20°
Avance con el buzamiento			Avance contra el buzamiento				
Buzamiento 45° - 90°	Buzamiento 20° - 45°	Buzamiento 45° - 90°	Buzamiento 20° - 45°	Buzamiento 45° - 90°	Buzamiento 20° - 45°		
Muy favorable	Favorable	Regular	Desfavorable	Muy desfavorable	Regular		Desfavorable

### Calificación

Clase	I	II	III	IV	V
Calidad	Muy buena	Buena	Regular	Pobre	Muy pobre
Valuación	100 - 81	80 - 61	60 - 41	40 - 21 = 40	≤ 20

### Características geotécnicas

Clase	I	II	III	IV	V
Tiempo de Auto Soporte (T. A. S.) y Vano	20 años para 15 m	1 año para 10 m	1 semana para 5 m	10 horas para 2.5 m	30 minutos para 1 m
Cohesión (Kp/cm <sup>2</sup> )	> 4	4 - 3	3 - 2	2 - 1	< 1
Ángulo de fricción interna	> 45°	45° - 35°	35° - 25°	25° - 15°	< 15°

$$RMR = 1 + 2 + 3 + 4 + 5 + 6$$

JALP - 2007

Calle José Olaya Balandra Mz. "J2" Lote "07" Urb. Los Próceres - Lima 33  
Teléfono: 2823668 - Móvil: 943584726 (RPC) - E-mail: [geotecmineiri@gmail.com](mailto:geotecmineiri@gmail.com)

Anexo 107 RMR para la estación geomecánica 015. Fuente: GEOTECMIN





EGH16

# GEOTECMIN

SERVICIOS GEOLÓGICOS GEOTÉCNICOS Y MINEROS GENERALES E. I. R. L.

Experiencia y Calidad en Ingeniería de Rocas

## SISTEMA CSIR DE CLASIFICACIÓN GEOMECÁNICA - ÍNDICE "RMR" (SEGÚN BIENIAWSKI - 1989)

### Parámetros de clasificación

1	Resistencia de la roca intacta (MPa)	Índice de carga puntual	> 10	10 - 4	4 - 2	2 - 1	No se usa; es preferible emplear UCS			
		Resistencia a la compresión uniaxial UCS	> 250	250 - 100	100 - 50	50 - 25	25 - 5	5 - 1	< 1	
		Valuación	15	12	7	4				
2		RQD (%)	> 90	90 - 75	75 - 50	50 - 25	< 25			
		Valuación	20	17	13	8	3			
3		Espaciamiento entre discontinuidades (m)	> 2.00	2.00 - 0.60	0.60 - 0.20	0.20 - 0.06	< 0.06			
		Valuación	20	15	10	8	5			
4	Estado de las discontinuidades	Persistencia (m)	< 1	1 - 3	3 - 10	10 - 20	> 20			
		Valuación	6	4	2	1	0			
		Abertura (mm)	Cerrada	< 0.1	0.1 - 10	10 - 50	> 50			
		Valuación	6	5	4	3	2			
		Rugosidad	Muy rugosa	Rugosa	Ligeramente rugosa	Lisa	Lustrosa			
		Valuación	6	5	3	1	0			
		Relleno	Sin relleno	Relleno fino (< 5 mm)	Relleno grueso (> 5 mm)	Relleno blanco (< 5 mm)	Relleno blanco (> 5 mm)			
		Valuación	6	4	2	2	0			
		Descomposición	Fresca	Levemente descompuesta	Moder. descompuesta	Altamente descompuesta	Extrem. descompuesta			
		Valuación	6	5	3	1	0			
5	Agua freática	Caudal por 10 m de excavación (l/min)	0	0 - 10	10 - 25	25 - 125	> 125			
		Presión de agua								
		Esfuerzo principal mayor $\sigma_1$	0.0	0.0 - 0.1	0.1 - 0.2	0.2 - 0.5	> 0.5			
		Condición general	Completamente seco	Ligeramente húmedo	Húmedo	Goteando	Fluyendo			
		Valuación	15	10	7	4	0			

### Corrección por orientación de discontinuidades (6)

Dirección y buzamiento		Muy favorables	Favorables	Regulares	Desfavorables	Muy desfavorables
Valuación	Túneles y labores mineras	0	-2	-5	-10	-12
	Cimentaciones	0	-2	-7	-15	-25
	Taludes	0	-5	-25	-50	-60

### Orientación de discontinuidades en un túnel

Rumbo perpendicular al eje del túnel				Rumbo paralelo al eje del túnel		Buzamiento 0° - 20°
Avance con el buzamiento		Avance contra el buzamiento				
Buzamiento 45° - 90°	Buzamiento 20° - 45°	Buzamiento 45° - 90°	Buzamiento 20° - 45°	Buzamiento 45° - 90°	Buzamiento 20° - 45°	
Muy favorable	Favorable	Regular	Desfavorable	Muy desfavorable	Regular	Desfavorable

### Calificación

Clase	I	II	III	IV	V
Calidad	Muy buena	Buena	Regular	Pobre	Muy pobre
Valuación	100 - 81	80 - 61	60 - 41	40 - 21	≤ 20

### Características geotécnicas

Clase	I	II	III	IV	V
Tiempo de Auto Soporte (T. A. S.) y Vano	20 años para 15 m	1 año para 10 m	1 semana para 5 m	10 horas para 2.5 m	30 minutos para 1 m
Cohesión (Kp/cm <sup>2</sup> )	> 4	4 - 3	3 - 2	2 - 1	< 1
Ángulo de fricción interna	> 45°	45° - 35°	35° - 25°	25° - 15°	< 15°

$$RMR = 1 + 2 + 3 + 4 + 5 + 6$$

JALP - 2007

Calle José Olaya Balandra Mz. "J2" Lote "07" Urb. Los Próceres - Lima 33  
Teléfono: 2823668 - Móvil: 943584726 (RPC) - E-mail: [geotecmineiri@gmail.com](mailto:geotecmineiri@gmail.com)

Anexo 108 RMR para la estación geomecánica 016. Fuente: GEOTECMIN



EGM 17

# GEOTECMIN

SERVICIOS GEOLÓGICOS GEOTÉCNICOS Y MINEROS GENERALES E. I. R. L.

Experiencia y Calidad en Ingeniería de Rocas

## SISTEMA CSIR DE CLASIFICACIÓN GEOMECÁNICA - ÍNDICE "RMR" (SEGÚN BIENIAWSKI - 1989)

Parámetros de clasificación		> 10	10 - 4	4 - 2	2 - 1	No se usa, es preferible emplear UCS				
1	Resistencia de la roca intacta (MPa)	> 250	250 - 100	100 - 50	50 - 25	25 - 5	5 - 1	< 1		
	Índice de carga puntual	> 10	10 - 4	4 - 2	2 - 1					
	Resistencia a la compresión uniaxial al UCS	> 250	250 - 100	100 - 50	50 - 25	25 - 5	5 - 1	< 1		
2	Valuación	15	12	7	4					
	RQD (%)	> 90	90 - 75	75 - 50	50 - 25					
3	Valuación	20	17	13	8					
	Espaciamiento entre discontinuidades (m)	> 2.00	2.00 - 0.50	0.60 - 0.20	0.20 - 0.06					
4	Estado de las discontinuidades	Valuación	20	15	10	8				
		Persistencia (m)	< 1	1 - 3	3 - 10	10 - 20				
		Valuación	6	4	2	1				
		Abertura (mm)	Cerrada	< 0.1	0.1 - 10	10 - 50				
		Valuación	6	5	4	1				
		Rugosidad	Muy rugosa	Rugosa	Ligeramente rugosa	Lisa				
		Valuación	6	5	3	1				
		Releno	Sin releno	Releno duro (< 5 mm)	Releno duro (> 5 mm)	Releno blanco (< 5 mm)	Releno blanco (> 5 mm)			
		Valuación	6	4	2	2				
		Descomposición	Fresca	Levemente descompuesta	Moder. descompuesta	Altamente descompuesta	Extrem. descompuesta			
5	Agua freática	Valuación	6	5	3	1				
		Caudal por 10 m de excavación (l/min)	0	0 - 10	10 - 25	25 - 125	> 125			
		Presión de agua / Esfuerzo principal mayor	0.0	0.0 - 0.1	0.1 - 0.2	0.2 - 0.5	> 0.5			
		Condición general	Completamente seco	Ligeramente húmedo	Húmedo	Goteando	Fluyendo			
		Valuación	15	10	7	4	0			

Corrección por orientación de discontinuidades (B)						
Dirección y buzamiento		Muy favorables	Favorables	Regulares	Desfavorables	Muy desfavorables
Valuación	Túneles y labores mineras	0	-2	-5	-10	-12
	Cimentaciones	0	-2	-7	-15	-25
	Taludes	0	-5	-25	-50	-50

Orientación de discontinuidades en un túnel						
Rumbo perpendicular al eje del túnel				Rumbo paralelo al eje del túnel		Buzamiento 0° - 20°
Avance con el buzamiento		Avance contra el buzamiento		Buzamiento 45° - 90°	Buzamiento 20° - 45°	
Buzamiento 45° - 90°	Buzamiento 20° - 45°	Buzamiento 45° - 90°	Buzamiento 20° - 45°	Muy desfavorable	Regular	Desfavorable
Muy favorable	Favorable	Regular	Desfavorable			

Calificación					
Clase	I	II	III	IV	V
Calidad	Muy buena	Buena	Regular	Pobre	Muy pobre
Valuación	100 - 81	80 - 61	60 - 41	40 - 21 = 32	≤ 20

Características geotécnicas					
Clase	I	II	III	IV	V
Tiempo de Auto Soporte (T.A.S.) y Vano	20 años para 15 m	1 año para 10 m	1 semana para 5 m	10 horas para 2.5 m	30 minutos para 1 m
Cohesión (Kp/cm²)	> 4	4 - 3	3 - 2	2 - 1	< 1
Ángulo de fricción interna	> 45°	45° - 35°	35° - 25°	25° - 15°	< 15°

$RMR = 1 + 2 + 3 + 4 + 5 + 6$

JALP - 2007

Calle José Olaya Balandra Mz. "J2" Lote "07" Urb. Los Próceres - Lima 33  
 Teléfono: 2823668 - Móvil: 943584726 (RPC) - E-mail: [geotecmineiri@gmail.com](mailto:geotecmineiri@gmail.com)

Anexo 109 RMR para la estación geomecánica 017. Fuente: GEOTECMIN





EGM18

# GEOTECMIN

SERVICIOS GEOLÓGICOS GEOTÉCNICOS Y MINEROS GENERALES E. I. R. L.

Experiencia y Calidad en Ingeniería de Rocas

## SISTEMA CSIR DE CLASIFICACIÓN GEOMECÁNICA - ÍNDICE "RMR" (SEGÚN BIENIAWSKI - 1989)

### Parámetros de clasificación

1	Resistencia de la roca intacta (MPa)	Índice de carga puntual	> 10	10 - 4	4 - 2	2 - 1	No se usa, es preferible emplear UCS		
		Resistencia a la compresión uniaxial UCS	> 250	250 - 100	100 - 50	50 - 25	25 - 5	5 - 1	< 1
		Valuación	15	12	7	4	2	1	0
2	RQD (%)		> 90	90 - 75	75 - 50	50 - 25	< 25		
	Valuación		20	17	13	8	3		
3	Espaciamiento entre discontinuidades (m)		> 2.00	2.00 - 0.60	0.60 - 0.20	0.20 - 0.06	< 0.06		
	Valuación		20	15	10	8	5		
4	Estado de las discontinuidades	Persistencia (m)	< 1	1 - 3	3 - 10	10 - 20	> 20		
		Valuación	6	4	2	1	0		
		Abertura (mm)	Cerrada	< 0.1	0.1 - 10	10 - 5.0	= 5.0		
		Valuación	6	5	4	1	0		
		Rugosidad	Muy rugosa	Rugosa	Ligeramente rugosa	Lisa	Lustrosa		
		Valuación	6	5	3	1	0		
		Relleño	Sin relleno	Relleno duro (< 5 mm)	Relleno duro (> 5 mm)	Relleno blanco (< 5 mm)	Relleno blanco (> 5 mm)		
		Valuación	6	4	2	2	0		
		Descomposición	Fresca	Levemente descompuesta	Moder. descompuesta	Altamente descompuesta	Extrem. descompuesta		
		Valuación	6	5	3	1	0		
5	Agua freática	Caudal por 10 m de excavación (lt/min)	0	0 - 10	10 - 25	25 - 125	> 125		
		Presión de agua							
		Esfuerzo principal mayor $\sigma_1$	0.0	0.0 - 0.1	0.1 - 0.2	0.2 - 0.5	> 0.5		
		Condición general	Completamente seco	Ligeramente húmedo	Húmedo	Goteando	Fluyendo		
		Valuación	15	10	7	4	0		

### Corrección por orientación de discontinuidades (6)

Dirección y buzamiento		Muy favorables	Favorables	Regulares	Desfavorables	Muy desfavorables
Valuación	Túneles y labores mineras	0	-2	-5	-10	-12
	Cimentaciones	0	-2	-7	-15	-25
	Taludes	0	-5	-25	-50	-50

### Orientación de discontinuidades en un túnel

Rumbo perpendicular al eje del túnel						
Avance con el buzamiento				Rumbo paralelo al eje del túnel		Buzamiento 0° - 20°
Buzamiento 45° - 90°	Buzamiento 20° - 45°	Buzamiento 45° - 90°	Buzamiento 20° - 45°	Buzamiento 45° - 90°	Buzamiento 20° - 45°	
Muy favorable	Favorable	Regular	Desfavorable	Muy desfavorable	Regular	

### Calificación

Clase	I	II	III	IV	V
Calidad	Muy buena	Buena	Regular	Pobre	Muy pobre
Valuación	100 - 81	80 - 61	60 - 41	40 - 21	20

### Características geotécnicas

Clase	I	II	III	IV	V
Tiempo de Auto Soporte (T.A.S.) y Vano	20 años para 15 m	1 año para 10 m	1 semana para 5 m	10 horas para 2.5 m	30 minutos para 1 m
Cohesión (Kp/cm <sup>2</sup> )	> 4	4 - 3	3 - 2	2 - 1	< 1
Ángulo de fricción interna	> 45°	45° - 35°	35° - 25°	25° - 15°	< 15°

$$RMR = 1 + 2 + 3 + 4 + 5 + 6$$

JALP - 2007

Calle José Olaya Balandra Mz. "J2" Lote "07" Urb. Los Próceres - Lima 33  
Teléfono: 2823668 - Móvil: 943584726 (RPC) - E-mail: [geotecmineirl@gmail.com](mailto:geotecmineirl@gmail.com)

Anexo 110 RMR para la estación geomecánica 018. Fuente: GEOTECMIN



EGMA9

# GEOTECMIN

SERVICIOS GEOLÓGICOS GEOTÉCNICOS Y MINEROS GENERALES E. I. R. L.

Experiencia y Calidad en Ingeniería de Rocas

## SISTEMA CSIR DE CLASIFICACIÓN GEOMECÁNICA - ÍNDICE "RMR" (SEGÚN BIENIAWSKI - 1989)

### Parámetros de clasificación

1	Resistencia de la roca íntacta (MPa)	Índice de carga puntual	> 10	10 - 4	4 - 2	2 - 1	No se usa; es preferible emplear UCS		
		Resistencia a la compresión uniaxial UCS	> 250	250 - 100	100 - 50	50 - 25	25 - 5	5 - 1	< 1
	Valuación		15	12	7	4	2	1	0
2		RQD (%)	> 90	90 - 75	75 - 50	50 - 25	< 25		
		Valuación	20	17	13	8	3		
3		Espaciamiento entre discontinuidades (m)	> 2.00	2.00 - 0.60	0.60 - 0.20	0.20 - 0.06	< 0.06		
		Valuación	20	15	10	8	5		
4	Estado de las discontinuidades	Persistencia (m)	< 1	1 - 3	3 - 10	10 - 20	> 20		
		Valuación	6	4	2	1	0		
		Abertura (mm)	Cerrada	< 0.1	0.1 - 10	10 - 50	> 50		
		Valuación	6	5	4	1	0		
		Rugosidad	Muy rugosa	Rugosa	Ligeramente rugosa	Lisa	Lustrosa		
		Valuación	6	5	3	1	0		
		Reliño	Sin reliño	Reliño duro (< 5 mm)	Reliño duro (> 5 mm)	Reliño blanco (< 5 mm)	Reliño blanco (> 5 mm)		
		Valuación	6	4	2	2	0		
		Descomposición	Fresca	Levemente descompuesta	Moder. descompuesta	Altamente descompuesta	Extrem. descompuesta		
		Valuación	6	5	3	1	0		
5	Agua freática	Caudal por 10 m de excavación (l/min)	0	0 - 10	10 - 25	25 - 125	> 125		
		Presión de agua / Esfuerzo principal mayor $\sigma$	0.0	0.0 - 0.1	0.1 - 0.2	0.2 - 0.5	> 0.5		
		Condición general	Completamente seco	Ligeramente húmedo	Húmedo	Goteando	Fluyendo		
		Valuación	15	10	7	4	0		

### Corrección por orientación de discontinuidades (6)

Dirección y buzamiento		Muy favorables	Favorables	Regulares	Desfavorables	Muy desfavorables
Valuación	Túneles y labores mineras	0	-2	-5	-10	-12
	Cimentaciones	0	-2	-7	-15	-25
	Taludes	0	-5	-25	-50	-60

### Orientación de discontinuidades en un túnel

Rumbo perpendicular al eje del túnel				Rumbo paralelo al eje del túnel		Buzamiento 0° - 20°
Avance con el buzamiento		Avance contra el buzamiento				
Buzamiento 45° - 90°	Buzamiento 20° - 45°	Buzamiento 45° - 90°	Buzamiento 20° - 45°	Buzamiento 45° - 90°	Buzamiento 20° - 45°	
Muy favorable	Favorable	Regular	Desfavorable	Muy desfavorable	Regular	Desfavorable

### Calificación

Clase	I	II	III	IV	V
Calidad	Muy buena	Buena	Regular	Pobre	Muy pobre
Valuación	100 - 81	80 - 61	60 - 41	40 - 21 = 35	≤ 20

### Características geotécnicas

Clase	I	II	III	IV	V
Tiempo de Auto Soporte (T.A.S.) y Vano	20 años para 15 m	1 año para 10 m	1 semana para 5 m	10 horas para 2.5 m	30 minutos para 1 m
Cohesión (Kp/cm <sup>2</sup> )	> 4	4 - 3	3 - 2	2 - 1	< 1
Ángulo de fricción interna	> 45°	45° - 35°	35° - 25°	25° - 15°	< 15°

$$RMR = 1 + 2 + 3 + 4 + 5 + 6$$

JALP - 2007

Calle José Olaya Balandra Mz. "J2" Lote "07" Urb. Los Próceres - Lima 33  
Teléfono: 2823668 - Móvil: 943584726 (RPC) - E-mail: [geotecmineir@gmail.com](mailto:geotecmineir@gmail.com)

Anexo 111 RMR para la estación geomecánica 019. Fuente: GEOTECMIN





EGM20

# GEOTECMIN

SERVICIOS GEOLÓGICOS GEOTÉCNICOS Y MINEROS GENERALES E. I. R. L.

Experiencia y Calidad en Ingeniería de Rocas

## SISTEMA CSIR DE CLASIFICACIÓN GEOMECÁNICA - ÍNDICE "RMR" (SEGÚN BIENIAWSKI - 1989)

### Parámetros de clasificación

1	Resistencia de la roca intacta (MPa)	Índice de carga puntual	> 10	10 - 4	4 - 2	2 - 1	No se usa, es preferible emplear UCS		
		Resistencia a la compresión uniaxial UCS	> 250	250 - 100	100 - 50	50 - 25	25 - 5	5 - 1	< 1
		Valuación	15	12	7	4	2	1	0
2	RQD (%)	> 90	90 - 75	75 - 50	50 - 25	< 25			
	Valuación	20	17	13	8	3			
3	Espaciamiento entre discontinuidades (m)	> 2.00	2.00 - 0.60	0.60 - 0.20	0.20 - 0.06	< 0.06			
	Valuación	20	15	10	8	5			
4	Estado de las discontinuidades	Persistencia (m)	< 1	1 - 3	3 - 10	10 - 20	> 20		
		Valuación	6	4	2	1	0		
		Abertura (mm)	Cerrada	< 0.1	0.1 - 1.0	1.0 - 5.0	> 5.0		
		Valuación	6	5	4	1	0		
		Rugosidad	Muy rugosa	Rugosa	Ligeramente rugosa	Lisa	Lustrosa		
		Valuación	6	5	3	1	0		
		Relleno	Sin relleno	Relleno duro (< 5 mm)	Relleno duro (> 5 mm)	Relleno blanco (< 5 mm)	Relleno blanco (> 5 mm)		
		Valuación	6	4	2	2	0		
		Descomposición	Fresca	Levemente descompuesta	Moder. descompuesta	Muy descompuesta	Extrem. descompuesta		
		Valuación	6	5	3	1	0		
5	Agua freática	Caudal por 10 m de excavación (l/min)	0	0 - 10	10 - 25	25 - 125	> 125		
		Presión de agua / Esfuerzo principal mayor $\sigma$	0.0	0.0 - 0.1	0.1 - 0.2	0.2 - 0.5	> 0.5		
		Condición general	Completamente seco	Ligeramente húmedo	Húmedo	Goteando	Fluyendo		
		Valuación	15	10	7	4	0		

### Corrección por orientación de discontinuidades (6)

Dirección y buzamiento		Muy favorables	Favorables	Regulares	Desfavorables	Muy desfavorables
Valuación	Túneles y labores mineras	0	-2	-5	-10	-12
	Cimentaciones	0	-2	-7	-15	-25
	Taludes	0	-5	-25	-50	-60

### Orientación de discontinuidades en un túnel

Rumbo perpendicular al eje del túnel				Rumbo paralelo al eje del túnel		Buzamiento 0° - 20°
Avance con el buzamiento		Avance contra el buzamiento		Buzamiento 45° - 90°	Buzamiento 20° - 45°	
Buzamiento 45° - 90°	Buzamiento 20° - 45°	Buzamiento 45° - 90°	Buzamiento 20° - 45°			Buzamiento 45° - 90°
Muy favorable	Favorable	Regular	Desfavorable	Muy desfavorable	Regular	

### Calificación

Clase	I	II	III	IV	V
Calidad	Muy buena	Buena	Regular	Pobre	Muy pobre
Valuación	100 - 81	80 - 61	60 - 41	40 - 21 = 35	≤ 20

### Características geotécnicas

Clase	I	II	III	IV	V
Tiempo de Auto Soporte (T.A.S.) y Vano	20 años para 15 m	1 año para 10 m	1 semana para 5 m	10 horas para 2.5 m	30 minutos para 1 m
Cohesión (Kp/cm <sup>2</sup> )	> 4	4 - 3	3 - 2	2 - 1	< 1
Ángulo de fricción interna	> 45°	45° - 35°	35° - 25°	25° - 15°	< 15°

$$RMR = 1 + 2 + 3 + 4 + 5 + 6$$

JALP - 200

Calle José Olaya Balandra Mz. "J2" Lote "07" Urb. Los Próceres - Lima 33  
Teléfono: 2823688 - Móvil: 943584726 (RPC) - E-mail: [geotecmineiri@gmail.com](mailto:geotecmineiri@gmail.com)

Anexo 112 RMR para la estación geomecánica 020. Fuente: GEOTECMIN



EGM21

# GEOTECMIN

SERVICIOS GEOLÓGICOS GEOTÉCNICOS Y MINEROS GENERALES E. I. R. L.

Experiencia y Calidad en Ingeniería de Rocas

## SISTEMA CSIR DE CLASIFICACIÓN GEOMECÁNICA - ÍNDICE "RMR" (SEGÚN BIENIAWSKI - 1989)

### Parámetros de clasificación

1	Resistencia de la roca intacta (MPa)	Índice de carga puntual	> 10	10 - 4	4 - 2	2 - 1	No se usa es preferible emplear UCS		
		Resistencia a la compresión uniaxial UCS	> 250	250 - 100	100 - 50	50 - 25	25 - 5	5 - 1	< 1
	Valuación		15	12	7	4	2	1	0
2	RQD (%)		> 90	90 - 75	75 - 50	50 - 25	< 25		
		Valuación	20	17	13	8	3		
3	Espaciamiento entre discontinuidades (m)		> 2.00	2.00 - 0.50	0.50 - 0.20	0.20 - 0.06	0.06		
		Valuación	20	15	10	8	5		
4	Estado de las discontinuidades	Persistencia (m)	< 1	1 - 3	3 - 10	10 - 20	> 20		
		Valuación	6	4	2	1	0		
		Abertura (mm)	Cerrada	< 0.1	0.1 - 10	10 - 50	> 50		
		Valuación	6	5	4	1	0		
		Rugosidad	Muy rugosa	Rugosa	Ligeramente rugosa	Lisa	Lustrada		
		Valuación	6	5	3	1	0		
		Relleno	Sin relleno	Relleno duro (< 5 mm)	Relleno duro (> 5 mm)	Relleno blando (< 5 mm)	Relleno blando (> 5 mm)		
		Valuación	6	4	2	2	0		
		Descomposición	Fresca	Levemente descompuesta	Moder. descompuesta	Altamente descompuesta	Extrem. descompuesta		
		Valuación	6	5	3	1	0		
5	Agua freática	Caudal por 10 m de excavación (l/min)	0	0 - 10	10 - 25	25 - 125	> 125		
		Presión de agua / Esfuerzo principal mayor $\sigma_1$	0.0	0.0 - 0.1	0.1 - 0.2	0.2 - 0.5	> 0.5		
		Condición general	Completamente seco	Ligeramente húmedo	Húmedo	Goteando	Fluyendo		
		Valuación	15	10	7	4	0		

### Corrección por orientación de discontinuidades (B)

Dirección y buzamiento		Muy favorables	Favorables	Regulares	Desfavorables	Muy desfavorables
Valuación	Túneles y labores mineras	0	-2	-5	-10	-12
	Climentaciones	0	-2	-7	-15	-25
	Taludes	0	-5	-2.5	-50	-50

### Orientación de discontinuidades en un túnel

Rumbo perpendicular al eje del túnel				Rumbo paralelo al eje del túnel		Buzamiento 0° - 20°
Avance con el buzamiento		Avance contra el buzamiento		Buzamiento 45° - 90°	Buzamiento 20° - 45°	
Buzamiento 45° - 90°	Buzamiento 20° - 45°	Buzamiento 45° - 90°	Buzamiento 20° - 45°	Buzamiento 45° - 90°	Buzamiento 20° - 45°	
Muy favorable	Favorable	Regular	Desfavorable	Muy desfavorable	Regular	Desfavorable

### Calificación

Clase	I	II	III	IV	V
Calidad	Muy buena	Buena	Regular	Pobre	Muy pobre
Valuación	100 - 81	80 - 61	60 - 41	40 - 21 = 35	≤ 20

### Características geotécnicas

Clase	I	II	III	IV	V
Tiempo de Auto Soporte (T.A.S.) y Vano	20 años para 15 m	1 año para 10 m	1 semana para 5 m	10 horas para 2.5 m	30 minutos para 1 m
Cohesión (Kp/cm <sup>2</sup> )	> 4	4 - 3	3 - 2	2 - 1	< 1
Ángulo de fricción interna	> 45°	45° - 35°	35° - 25°	25° - 15°	< 15°

$$RMR = 1 + 2 + 3 + 4 + 5 + 6$$

JALP - 2007

Calle José Olaya Balandra Mz. "J2" Lote "07" Urb. Los Próceres - Lima 33  
Teléfono: 2823668 - Móvil: 943584726 (RPC) - E-mail: [geotecmineirl@gmail.com](mailto:geotecmineirl@gmail.com)

Anexo 113 RMR para la estación geomecánica 021. Fuente: GEOTECMIN





EGM22

# GEOTECMIN

SERVICIOS GEOLÓGICOS GEOTÉCNICOS Y MINEROS GENERALES E. I. R. L.

Experiencia y Calidad en Ingeniería de Rocas

## SISTEMA CSIR DE CLASIFICACIÓN GEOMECÁNICA - ÍNDICE "RMR" (SEGÚN BIENIAWSKI - 1989)

### Parámetros de clasificación

1	Resistencia de la roca intacta (MPa)	Índice de carga puntual	> 10	10 - 4	4 - 2	2 - 1	No se usa, es preferible emplear UCS		
		Resistencia a la compresión uniaxial UCS	> 250	250 - 100	100 - 50	50 - 25	25 - 5	5 - 1	< 1
	Valuación	15	12	7	4	2	1	0	
2	RQD (%)	> 90	90 - 75	75 - 50	50 - 25	< 25			
	Valuación	20	17	13	8	3			
3	Espaciamiento entre discontinuidades (m)	> 2.00	2.00 - 0.60	0.60 - 0.20	0.20 - 0.06	R0.06			
	Valuación	20	15	10	8	5			
4	Estado de las discontinuidades	Persistencia (m)	< 1	1 - 3	3 - 10	10 - 20	> 20		
		Valuación	6	4	2	1	0		
		Abertura (mm)	Cerrada	< 0.1	0.1 - 1.0	1.0 - 5.0	> 5.0		
		Valuación	6	5	4	1	0		
		Rugosidad	Muy rugosa	Rugosa	Ligeramente rugosa	Lisa	Lustrosa		
		Valuación	6	5	3	1	0		
		Relleno	Sin relleno	Relleno duro (< 5 mm)	Relleno blando (> 5 mm)	Relleno blanco (< 5 mm)	Relleno blanco (> 5 mm)		
		Valuación	6	4	2	2	0		
		Descomposición	Fresca	Levemente descompuesta	Mod. descompuesta	Altamente descompuesta	Extrem. descompuesta		
		Valuación	6	5	3	1	0		
5	Agua freática	Caudal por 10 m de excavación (l/min)	0	0 - 10	10 - 25	25 - 125	> 125		
		Presión de agua / Esfuerzo principal mayor $\sigma$	0.0	0.0 - 0.1	0.1 - 0.2	0.2 - 0.5	> 0.5		
		Condición general	Completamente seco	Ligeramente húmedo	Húmedo	Goteando	Fluyendo		
		Valuación	15	10	7	4	0		

### Corrección por orientación de discontinuidades (6)

Dirección y buzamiento		Muy favorables	Favorables	Regulares	Desfavorables	Muy desfavorables
Valuación	Túneles y labores mineras	0	-2	-5	-10	-12
	Cimentaciones	0	-2	-7	-15	-25
	Taludes	0	-5	-25	-50	-50

### Orientación de discontinuidades en un túnel

Rumbo perpendicular al eje del túnel				Rumbo paralelo al eje del túnel		Buzamiento 0° - 20°
Avance con el buzamiento		Avance contra el buzamiento				
Buzamiento 45° - 90°	Buzamiento 20° - 45°	Buzamiento 45° - 90°	Buzamiento 20° - 45°	Buzamiento 45° - 90°	Buzamiento 20° - 45°	
Muy favorable	Favorable	Regular	Desfavorable	Muy desfavorable	Regular	Desfavorable

### Calificación

Clase	I	II	III	IV	V
Calidad	Muy buena	Buena	Regular	Pobre	Muy pobre
Valuación	100 - 81	80 - 61	60 - 41	40 - 21 = 38	≤ 20

### Características geotécnicas

Clase	I	II	III	IV	V
Tiempo de Auto Soporte (T.A.S.) y Vano	20 años para 15 m	1 año para 10 m	1 semana para 5 m	10 horas para 2.5 m	30 minutos para 1 m
Cohesión (Kp/cm <sup>2</sup> )	> 4	4 - 3	3 - 2	2 - 1	< 1
Ángulo de fricción interna	> 45°	45° - 35°	35° - 25°	25° - 15°	< 15°

$$RMR = 1 + 2 + 3 + 4 + 5 + 6$$

JALP - 2007

Calle José Olaya Balandra Mz. "J2" Lote "07" Urb. Los Próceres - Lima 33  
Teléfono: 2823668 - Móvil: 943584726 (RPC) - E-mail: [geotecmineirl@gmail.com](mailto:geotecmineirl@gmail.com)

Anexo 114 RMR para la estación geomecánica 022. Fuente: GEOTECMIN



EGM23

# GEOTECMIN

SERVICIOS GEOLÓGICOS GEOTÉCNICOS Y MINEROS GENERALES E. I. R. L.

Experiencia y Calidad en Ingeniería de Rocas

## SISTEMA CSIR DE CLASIFICACIÓN GEOMECÁNICA - ÍNDICE "RMR" (SEGÚN BIENIAWSKI - 1989)

### Parámetros de clasificación

1	Resistencia de la roca intacta (MPa)	Índice de carga puntual	> 10	10 - 4	4 - 2	2 - 1	No se usa, es preferible emplear UCS			
		Resistencia a la compresión uniaxial UCS	> 250	250 - 100	100 - 50	50 - 25	25 - 5	5 - 1	< 1	
	Valuación		15	12	7	4	2	1	0	
2	RQD (%)	> 90	90 - 75	75 - 50	50 - 25	< 25				
	Valuación	20	17	13	8	3				
3	Espaciamiento entre discontinuidades (m)	> 2.00	2.00 - 0.60	0.60 - 0.20	0.20 - 0.06	< 0.06				
	Valuación	20	15	10	8	5				
4	Estado de las discontinuidades	Persistencia (m)	< 1	1 - 3	3 - 10	10 - 20	> 20			
		Valuación	6	4	2	1	0			
		Abertura (mm)	Cerrada	< 0.1	0.1 - 10	10 - 5.0	> 5.0			
		Valuación	6	5	4	1	0			
		Rugosidad	Muy rugosa	Rugosa	Ligeramente rugosa	Lisa	Lustrada			
		Valuación	6	5	3	1	0			
		Relleno	Sin relleno	Relleno duro (< 5 mm)	Relleno duro (> 5 mm)	Relleno blanco (< 5 mm)	Relleno blanco (> 5 mm)			
		Valuación	6	4	2	2	0			
		Descomposición	Fresca	Levemente descompuesta	Moder. descompuesta	Altamente descompuesta	Extrem. descompuesta			
		Valuación	6	5	3	1	0			
5	Agua freática	Caudal por 10 m de excavación (l/min)	0	0 - 10	10 - 25	25 - 125	> 125			
		Presión de agua / Esfuerzo principal mayor $\sigma$	0.0	0.0 - 0.1	0.1 - 0.2	0.2 - 0.5	> 0.5			
		Condición general	Completamente seco	Ligeramente húmedo	Húmedo	Goteando	Fluyendo			
		Valuación	15	10	7	4	0			

### Corrección por orientación de discontinuidades (6)

Dirección y buzamiento		Muy favorables	Favorables	Regulares	Desfavorables	Muy desfavorables
Valuación	Túneles y labores mineras	0	-2	-5	-10	-12
	Cimentaciones	0	-2	-7	-15	-25
	Taludes	0	-5	-25	-50	-60

### Orientación de discontinuidades en un túnel

Rumbo perpendicular al eje del túnel				Rumbo paralelo al eje del túnel		Buzamiento 0° - 20°
Avance con el buzamiento		Avance contra el buzamiento				
Buzamiento 45° - 90°	Buzamiento 20° - 45°	Buzamiento 45° - 90°	Buzamiento 20° - 45°	Buzamiento 45° - 90°	Buzamiento 20° - 45°	
Muy favorable	Favorable	Regular	Desfavorable	Muy desfavorable	Regular	Desfavorable

### Calificación

Clase	I	II	III	IV	V
Calidad	Muy buena	Buena	Regular	Pobre	Muy pobre
Valuación	100 - 81	80 - 61	60 - 41	40 - 21 = 36	≤ 20

### Características geotécnicas

Clase	I	II	III	IV	V
Tiempo de Auto Soporte (T. A. S.) y Vano	20 años para 15 m	1 año para 10 m	1 semana para 5 m	10 horas para 2.5 m	30 minutos para 1 m
Cohesión (Kp/cm <sup>2</sup> )	> 4	4 - 3	3 - 2	2 - 1	< 1
Ángulo de fricción interna	> 45°	45° - 35°	35° - 25°	25° - 15°	< 15°

$$RMR = 1 + 2 + 3 + 4 + 5 + 6$$

JALP - 2007

Calle José Olaya Balandra Mz. "J2" Lote "07" Urb. Los Próceres - Lima 33  
Teléfono: 2823668 - Móvil: 943584726 (RPC) - E-mail: [geotecmineir@gmail.com](mailto:geotecmineir@gmail.com)

Anexo 115 RMR para la estación geomecánica 023. Fuente: GEOTECMIN





Zona 1

# GEOTECMIN

SERVICIOS GEOLÓGICOS GEOTÉCNICOS Y MINEROS GENERALES E. I. R. L.

Experiencia y Calidad en Ingeniería de Rocas

ÍNDICE DE RESISTENCIA GEOLÓGICA "GSI"		CONDICIÓN ESTRUCTURAL				
<p>A partir de los códigos de caracterización que describen las condiciones estructural y superficial de la masa rocosa, escoger la casilla que le corresponde en esta tabla. Estimar el valor promedio del Índice de Resistencia Geológica "GSI" desde los contornos.</p>		CONDICIÓN SUPERFICIAL O DE DISCONTINUIDADES.				
		MUY BUENA (MUY RESISTENTE, FRESCA). SUPERFICIES DE LAS DISCONTINUIDADES MUY RUGOSAS, INALTERADAS, CERRADAS (Rc > 250 MPa).	BUENA (RESISTENTE, LEVEMENTE DESCOMPUESTA). SUPERFICIES RUGOSAS, LEVEMENTE ALTERADAS, MANCHAS DE OXIDACIÓN, LIGERAMENTE ABIERTAS (Rc 100 ~ 250 MPa).	REGULAR (RESISTENCIA REGULAR, DESCOMPUESTA). SUPERFICIES LISAS, ALTERADAS A MODERADAMENTE ALTERADAS, LIGERAMENTE ABIERTAS (Rc 50 ~ 100 MPa).	POBRE (SUAVE, ALTAMENTE DESCOMPUESTA). SUPERFICIES ESTRÍADAS, ALTAMENTE ALTERADAS, CON RELLENOS O RECUBRIMIENTOS COMPACTOS CONTENIENDO FRAGMENTOS ANGULARES DE ROCA, MUY ABIERTAS (Rc 25 ~ 50 MPa).	MUY POBRE (MUY SUAVE, EXTREMADAMENTE DESCOMPUESTA). SUPERFICIES ESTRÍADAS, ALTAMENTE ALTERADAS, CON RELLENOS O RECUBRIMIENTOS SUAVES DE ARCILLAS, MUY ABIERTAS (Rc < 25 MPa).
	<p><b>LEVEMENTE FRACTURADA.</b> MENOS DE TRES SISTEMAS DE DISCONTINUIDADES, MUY ESPACIADAS ENTRE SI (RQD 75 % ~ 90 %, donde RQD = 115 - 3.3 x Jn).</p>	85	80	75	70	65
	<p><b>FRACTURADA.</b> MASA ROCOSA MUY BIEN TRABADA, NO DISTURBADA, CONSISTENTE DE BLOQUES CÚBICOS FORMADOS POR TRES SISTEMAS DE DISCONTINUIDADES ORTOGONALES, SIN FINOS (RQD 50 % ~ 75 %).</p>	75	70	65	60	55
	<p><b>MUY FRACTURADA.</b> MASA ROCOSA TRABADA, PARCIALMENTE DISTURBADA, CON MÚLTIPLES BLOQUES ANGULOSOS FORMADOS POR CUATRO O MÁS SISTEMAS DE DISCONTINUIDADES, CON UNA MUY BAJA PROPORCIÓN DE FINOS (RQD 25 % ~ 50 %).</p>	65	60	55	50	45
	<p><b>INTENSAMENTE FRACTURADA.</b> PLEGAMIENTO Y FALLAMIENTO, CON MUCHAS DISCONTINUIDADES INTERSECTADAS FORMANDO BLOQUES ANGULOSOS, CON UNA BAJA PROPORCIÓN DE FINOS (RQD 10 % ~ 25 %).</p>	55	50	45	40	35
	<p><b>TRITURADA O BRECHADA.</b> MASA ROCOSA POBREMENTE TRABADA, EXTREMADAMENTE QUEBRADA, CON UNA COMBINACIÓN DE FRAGMENTOS ANGULOSOS Y REDONDEADOS, CON UNA PROPORCIÓN CADA VEZ MAYOR DE FINOS (SIN RQD).</p>	45	40	35	30	25
		35	30	25	20	15
		25	20	15	10	5

JALP - 2007

Calle José Olaya Balandra Mz. "J2" Lote "07" Urb. Los Próceres - Lima 33  
Teléfono: 2823668 - Móvil: 943584726 (RPC) - E-mail: [geotecmineirl@gmail.com](mailto:geotecmineirl@gmail.com)

Anexo 116 GSI para la Zona 1 (estaciones geomecánicas de la 001 a la 007). Fuente: GEOTECMIN








Zona 2

# GEOTECMIN

SERVICIOS GEOLÓGICOS GEOTÉCNICOS Y MINEROS GENERALES E. I. R. L.

Experiencia y Calidad en Ingeniería de Rocas

INDICE DE RESISTENCIA GEOLÓGICA "GSI"		CONDICIÓN SUPERFICIAL O DE DISCONTINUIDADES.															
<p>A partir de los códigos de caracterización que describen las condiciones estructural y superficial de la masa rocosa, escoger la casilla que le corresponde en esta tabla. Estimar el valor promedio del Índice de Resistencia Geológica "GSI" desde los contornos.</p>		MUY BUENA (MUY RESISTENTE, FRESCA). SUPERFICIES DE LAS DISCONTINUIDADES MUY RUGOSAS, INALTERADAS, CERRADAS (Rc > 250 MPa).	BUENA (RESISTENTE, LEVEMENTE DESCOMPUESTA). SUPERFICIES RUGOSAS, LEVEMENTE ALTERADAS, MANCHAS DE OXIDACIÓN, LIGERAMENTE ABIERTAS (Rc 100 ~ 250 MPa).	REGULAR (RESISTENCIA REGULAR, DESCOMPUESTA). SUPERFICIES LISAS, ALTERADAS A MODERADAMENTE ALTERADAS, LIGERAMENTE ABIERTAS (Rc 50 ~ 100 MPa).	POBRE (SUAVE, ALTAMENTE DESCOMPUESTA). SUPERFICIES ESTRIBADAS, ALTAMENTE ALTERADAS, CON RELLENOS O RECUBRIMIENTOS COMPACTOS CONTENIENDO FRAGMENTOS ANGULARES DE ROCA, MUY ABIERTAS (Rc 25 ~ 50 MPa).	MUY POBRE (MUY SUAVE, EXTREMADAMENTE DESCOMPUESTA). SUPERFICIES ESTRIBADAS, ALTAMENTE ALTERADAS, CON RELLENOS O RECUBRIMIENTOS SUAVES DE ARCILLAS, MUY ABIERTAS (Rc < 25 MPa).											
CONDICIÓN ESTRUCTURAL.																	
 <p><b>LEVEMENTE FRACTURADA.</b> MENOS DE TRES SISTEMAS DE DISCONTINUIDADES, MUY ESPACIADAS ENTRE SÍ (RQD 75 % ~ 90 %, donde RQD = 115 - 3.3 x Jn).</p>	85	80	75	70	65	60	55	50	45	40	35	30	25	20	15	10	5
 <p><b>FRACTURADA.</b> MASA ROCOSA MUY BIEN TRABADA, NO DISTURBADA, CONSISTENTE DE BLOQUES CÚBICOS FORMADOS POR TRES SISTEMAS DE DISCONTINUIDADES ORTOGONALES, SIN FINOS (RQD 50 % ~ 75 %).</p>																	
 <p><b>MUY FRACTURADA.</b> MASA ROCOSA TRABADA, PARCIALMENTE DISTURBADA, CON MÚLTIPLES BLOQUES ANGULOSOS FORMADOS POR CUATRO O MÁS SISTEMAS DE DISCONTINUIDADES, CON UNA MUY BAJA PROPORCIÓN DE FINOS (RQD 25 % ~ 50 %).</p>																	
 <p><b>INTENSAMENTE FRACTURADA.</b> PLEGAMIENTO Y FALLAMIENTO, CON MUCHAS DISCONTINUIDADES INTERSECTADAS FORMANDO BLOQUES ANGULOSOS, CON UNA BAJA PROPORCIÓN DE FINOS (RQD 10 % ~ 25 %).</p>																	
 <p><b>TRITURADA O BRECHADA.</b> MASA ROCOSA POBREMENTE TRABADA, EXTREMADAMENTE QUEBRADA, CON UNA COMBINACIÓN DE FRAGMENTOS ANGULOSOS Y REDONDEADOS, CON UNA PROPORCIÓN CADA VEZ MAYOR DE FINOS (SIN RQD).</p>																	

JALP - 2007

Calle José Olaya Balandra Mz. "J2" Lote "07" Urb. Los Próceres - Lima 33  
Teléfono: 2823668 - Móvil: 943584726 (RPC) - E-mail: [geotecmineirl@gmail.com](mailto:geotecmineirl@gmail.com)

Anexo 117 GSI para la Zona 2 (estaciones geomecánicas de la 008 a la 013). Fuente: GEOTECMIN





Zona 3

# GEOTECMIN

SERVICIOS GEOLÓGICOS GEOTÉCNICOS Y MINEROS GENERALES E. I. R. L.

Experiencia y Calidad en Ingeniería de Rocas

<p><b>ÍNDICE DE RESISTENCIA GEOLÓGICA "GSI"</b></p> <p>A partir de los códigos de caracterización que describen las condiciones estructural y superficial de la masa rocosa, escoger la casilla que le corresponde en esta tabla. Estimar el valor promedio del Índice de Resistencia Geológica "GSI" desde los contornos.</p>		CONDICIÓN ESTRUCTURAL		CONDICIÓN SUPERFICIAL O DE DISCONTINUIDADES.						
<p><b>LEVEMENTE FRACTURADA.</b> MENOS DE TRES SISTEMAS DE DISCONTINUIDADES, MUY ESPACIADAS ENTRE SI (RQD 75 % ~ 90 %, donde RQD = 115 - 3.3 x Jn).</p>	<p><b>FRACTURADA.</b> MASA ROCOSA MUY BIEN TRABADA, NO DISTURBADA, CONSISTENTE DE BLOQUES CÚBICOS FORMADOS POR TRES SISTEMAS DE DISCONTINUIDADES ORTOGONALES, SIN FINOS (RQD 50 % ~ 75 %).</p>	<p><b>MUY FRACTURADA.</b> MASA ROCOSA TRABADA, PARCIALMENTE DISTURBADA, CON MÚLTIPLES BLOQUES ANGULOSOS FORMADOS POR CUATRO O MÁS SISTEMAS DE DISCONTINUIDADES, CON UNA MUY BAJA PROPORCIÓN DE FINOS (RQD 25 % ~ 50 %).</p>	<p><b>INTENSAMENTE FRACTURADA.</b> PLEGAMIENTO Y FALLAMIENTO, CON MUCHAS DISCONTINUIDADES INTERSECTADAS FORMANDO BLOQUES ANGULOSOS, CON UNA BAJA PROPORCIÓN DE FINOS (RQD 10 % ~ 25 %).</p>	<p><b>TRITURADA O BRECHADA.</b> MASA ROCOSA POBREMENTE TRABADA, EXTREMADAMENTE QUEBRADA, CON UNA COMBINACIÓN DE FRAGMENTOS ANGULOSOS Y REDONDEADOS, CON UNA PROPORCIÓN CADA VEZ MAYOR DE FINOS (SIN RQD).</p>	<p><b>MUY BUENA (MUY RESISTENTE, FRESCA).</b> SUPERFICIES DE LAS DISCONTINUIDADES MUY RUGOSAS, INALTERADAS, CERRADAS (Rc &gt; 250 MPa).</p>	<p><b>BUENA (RESISTENTE, LEVEMENTE DESCOMPUESTA).</b> SUPERFICIES RUGOSAS, LEVEMENTE ALTERADAS, MANCHAS DE OXIDACIÓN, LIGERAMENTE ABIERTAS (Rc 100 ~ 250 MPa).</p>	<p><b>REGULAR (RESISTENCIA REGULAR, DESCOMPUESTA).</b> SUPERFICIES LISAS, ALTERADAS A MODERADAMENTE ALTERADAS, LIGERAMENTE ABIERTAS (Rc 50 ~ 100 MPa).</p>	<p><b>POBRE (SUAVE, ALTAMENTE DESCOMPUESTA).</b> SUPERFICIES ESTRIADAS, ALTAMENTE ALTERADAS, CON RELLENOS O RECUBRIMIENTOS COMPACTOS CONTENIENDO FRAGMENTOS ANGULARES DE ROCA, MUY ABIERTAS (Rc 25 ~ 50 MPa).</p>	<p><b>MUY POBRE (MUY SUAVE, EXTREMADAMENTE DESCOMPUESTA).</b> SUPERFICIES ESTRIADAS, ALTAMENTE ALTERADAS, CON RELLENOS O RECUBRIMIENTOS SUAVES DE ARCILLAS, MUY ABIERTAS (Rc &lt; 25 MPa).</p>	
					85					
					80					
					75					
					70					
					65					
					60					
					55					
					50					
					45					
					40					
					35					
					30					
					25					
					20					
					15					
					10					
					5					

JALP - 2007

Calle José Olaya Balandra Mz. "J2" Lote "07" Urb. Los Próceres - Lima 33  
Teléfono: 2823668 - Móvil: 943584726 (RPC) - E-mail: [geotecmineirl@gmail.com](mailto:geotecmineirl@gmail.com)

Anexo 118 GSI para la Zona 3 (estaciones geomecánicas de la 014 a la 023). Fuente: GEOTECMIN

**ANEXO N° 4**  
**INFORME DE**  
**LABORATORIO**  
**DE LOS ENSAYOS**  
**DE CARGA**  
**PUNTUAL Y**  
**PROPIEDADES**  
**FISICAS DE LA**  
**ROCA**

**Informe de emisión de resultados**

**Universidad Cesar Vallejo**  
**Facultad de ingeniería de minas**



**Datos del operador:**  
 Nombre: Ricardo Rudecindo Querebalú Nevado  
 Teléfono: 976716496

**Proyecto: Diseño de taludes con fines de estabilización para la carretera Olmos – Jaén, en el tramo comprendido del KM 10 -KM 15, Sector La Pilca.**



DESCRIPCION	MUESTRA FORMA	Muestra N°	D mm	(D)2 mm	P KN	Is MPa	F (De/50) <sup>0.45</sup>	Is 50 MPa	sc1 MPa
Diorita alterada	Cilíndrica	01	54	2916	9.85	3.377914951989026	1.035239156	3.4969498239369	83.9267957744856
Diorita alterada	Cilíndrica	02	54	2916	10.39	3.563100137174211	1.035239156	3.688660778751714	88.52785869004114
Diorita alterada	Cilíndrica	03	54	2916	8.960	3.072702331961591	1.035239156	3.18098176877915	76.34356245069959
Diorita alterada	Cilíndrica	04	54	2916	6.430	2.205075445816187	1.035239156	2.282780443443073	54.78673064263374
Granito alterado	Cilíndrica	05	54	2916	3.678	1.261316872427984	1.035239156	1.305764614460905	31.33835074706173
									66.9846596609843

**Anexo 119 informe de laboratorio para ensayo de carga puntual para la Diorita alterada. Fuente: Elaboración propia.**

 <b>UCV</b> LABORATORIO MECÁNICA DE ROCAS Y PETROLOGÍA UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO		Tipo de Documento: Emisión de resultados de laboratorio	
		Código: UCV-LAB-2018	
		Versión: 01	
		Fecha de aprobación: 18/06/2018	Page: 2/3

<b>Informe de emisión de resultados</b>
Universidad Cesar Vallejo
Facultad de ingeniería de minas
Ensayo de propiedades físicas
<b>Datos del operador:</b>
Nombre: Ricardo Rudecindo Querebalú Nevado
Teléfono: 976716496
<b>Proyecto: Diseño de taludes con fines de estabilización para la carretera Olmos – Jaén, en el tramo comprendido del KM 10 -KM 15, Sector La Pilca.</b>

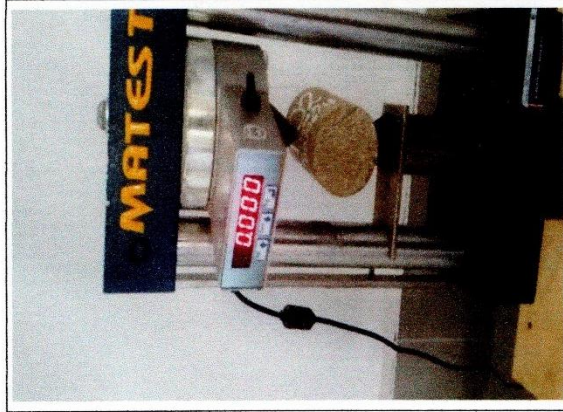


Tipo de roca	Masa (g)	Volumen roca (cc)	Densidad roca (g/cc)	Promedio densidad (g/cc)	Promedio densidad Kn/m3
Diorita alterada	33.94	20	1.6985	1.8454	18.103374
Diorita alterada	59.97	30	1.9923		

**Anexo 120 Informe de laboratorio para ensayo de propiedades físicas para la Diorita alterada. Fuente: Elaboración propia.**



- P Carga aplicada a la roca en KN
- Is Índice de Carga Puntual
- F Factor de corrección
- Is(50) Índice de Carga Puntual para diámetros de 50 mm
- F\*Is
- Sc1 Resistencia a la compresión no confinada en MPA donde  $K = 22$



OBSERVACIONES:



*Janyna Floyes Arrasco*  
 Jefa de laboratorio  
 Ing. Janyna Floyes Arrasco

*Ricardo Rudecindo Querebalú Nevado*


Realizó: Ricardo Rudecindo Querebalú Nevado

 <b>LABORATORIO MECÁNICA DE ROCAS Y PETROLOGÍA</b>			Tipo de Documento: Emisión de resultados de laboratorio
	<b>UCV</b> UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO		Código: UCY-LAB-2018
	FACULTAD DE INGENIERÍA DE MINAS		Versión: 01
<b>Datos del operador:</b> Nombre: Ricardo Rudecindo Querebalú Nevado Teléfono: 976716496			Fecha de aprobación: 18/06/2018
Pag: 1/3			

**Informe de emisión de resultados**

Universidad Cesar Vallejo

Facultad de ingeniería de minas



**Proyecto: Diseño de taludes con fines de estabilización para la carretera Olmos – Jaén, en el tramo comprendido del KM 10 -KM 15, Sector La Pilca.**

DESCRIPCION	MUESTRA FORMA	Muestra N°	D	(D)/2	P	Is	F	Is 50	sc1
			mm	mm	KN	MPa	(De/50) ^0.45	MPa	MPa
Lutita metamorfozada	Cilíndrica	01	54	2916	3.974	1.362825789	1.035239156	1.41085062	33.86041487
Lutita metamorfozada	Cilíndrica	02	54	2916	3.602	1.235253772	1.035239156	1.278783073	30.69079374
Lutita metamorfozada	Cilíndrica	03	54	2916	4.010	1.375171468	1.035239156	1.42363135	34.16715239
Lutita metamorfozada	Cilíndrica	04	54	2916	3.571	1.224622771	1.035239156	1.267777444	30.42665865
Lutita metamorfozada	Cilíndrica	05	54	2916	3.741	1.282921811	1.035239156	1.328130893	31.87514142
<b>Σ</b>									32.20403221

**Anexo 122 informe de laboratorio para ensayo de carga puntual para la Lutita metamorfozada. Fuente: Elaboración propia.**

 <b>UCV</b> LABORATORIO MECÁNICA DE ROCAS Y PETROLOGÍA UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO	Tipo de Documento: Emisión de resultados de laboratorio	
	Código: UCV-LAB-2018	
	Versión: 01	
	Fecha de aprobación: 18/06/2018	Pag: 2/3

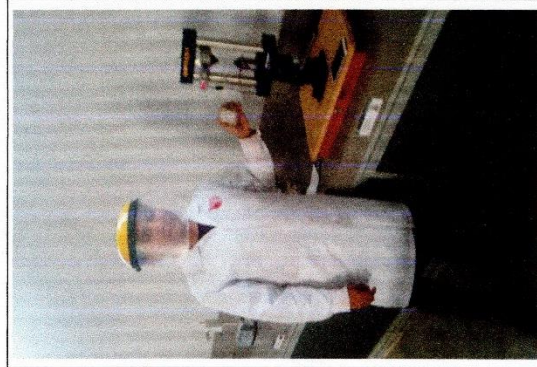
<b>Informe de emisión de resultados</b>
Universidad Cesar Vallejo
Facultad de ingeniería de minas
Ensayo de propiedades físicas
<b>Datos del operador:</b>
Nombre: Ricardo Rudecindo Querebalú Nevado
Teléfono: 976716496
<b>Proyecto: Diseño de taludes con fines de estabilización para la carretera Olmos – Jaén, en el tramo comprendido del KM 10 -KM 15, Sector La Pilca.</b>



Tipo de roca	Masa (g)	Volumen roca (cc)	Densidad roca (g/cc)	Promedio Densidad	Promedio Densidad Kn/m3
Lutita	53.93	25	2.1572	2.178	20.775618
Lutita	39.04	20	1.952		
Lutita	41.88	20	2.094		
Lutita	45.36	20	2.268		

**Anexo 123 Informe de laboratorio para ensayo de propiedades físicas para la Lutita metamorfozada. Fuente: Elaboración propia.**

- P Carga aplicada a la roca en KN
- Is Índice de Carga Puntual
- F Factor de corrección
- Is(50) Índice de Carga Puntual para diámetros de 50 mm  
F\*Is
- Sc1 Resistencia a la compresión no confinada  
en MPA donde  $K = 22$



OBSERVACIONES:

*Ricardo Rudecindo Querebatú Nevado*

Realizó: Ricardo Rudecindo Querebatú Nevado



*Janyna Jacina Flores Arrasco*  
 Jefa de laboratorio

Ing. Janyna Jacina Flores Arrasco

			Tipo de Documento: Emisión de resultados de laboratorio
	<b>Código: UCV-LAB-2018</b> Versión: 01		
	Fecha de aprobación: 18/06/2018		Pag: 1/4

**Informe de emisión de resultados**

**Universidad César Vallejo**

Facultad de ingeniería de minas

Ensayo de carga puntual - ASTM D5731

**Datos del operador:**

**Nombre:** Ricardo Rudecindo Querebalú Nevado      **Teléfono:** 976716496

**Proyecto:** Diseño de taludes con fines de estabilización para la carretera Olmos – Jaén, en el tramo comprendido del KM 10 -KM 15, Sector La Pilca.



DESCRIPCION	MUESTRA N°	W1	W2	W (promedio)	D (promedio) mm	De	P	Is	F	Is 50	scI
Roca esquistosa	01	50.4 51.5	48.5 49	50.95 48.75	45 48 43 51	3032.745187	2.1050	0.6940906242	0.9486832981	0.6584721825463437	15.80333238111225
Roca esquistosa	02	48.5 49	48.5 49	48.75	39 42 45 41	2591.440361	3.250	1.2541288037769	0.91378833441	1.146008270738899	27.50419849773358
Roca esquistosa	03	53 54.3	53 54.3	53.65	54 51 49 50	3483.77438	4.248	1.219367139384038	1.009950494	1.231500444788276	29.55601067491825
Roca esquistosa	04	55 54	55 54	54.5	48 45 42 48	3174.66365	1.926	0.6066784429273318	0.9565563235	0.5803221009132731	13.92773042191855

**Anexo 125 informe de laboratorio para ensayo de carga puntual para la Roca Esquistosa. Fuente: Elaboración propia.**





		Tipo de Documento: Emisión de resultados de laboratorio	
		Código: UCV-LAB-2018	
LABORATORIO MECÁNICA DE ROCAS Y PETROLOGÍA		Versión: 01	
UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO		Fecha de aprobación: 18/06/2018	
Pag: 2/4			

Roca esquistosa	Irregular	05	47 48	47.5	48 38 45 53	44	2661.070648	2.436	0.9154210174129883	0.938083152	0.858741033421823	20.60978480212375
Roca esquistosa	Irregular	06	52 49	50.5	45 44 48 40	43.25	2780.914321	3.587	1.289863543408319	0.9300537619	1.199642440884571	28.7914185812297
Roca esquistosa	Irregular	07	56 49	52.5	49 50 45 48	48	3208.563653	3.247	1.01197930013452	0.9797958971	0.9915331662219322	23.79679598932637
Roca esquistosa	Irregular	08	52 55	53.5	45 48 40 43	44	2997.205888	1.874	0.6252490052495186	0.938083152	0.586535557629333	14.07685338310399
Roca esquistosa	Irregular	09	60 57	58.5	48 55 47 50	52.5	3910.436952	2.547	0.6513338614748237	1.024695077	0.6674186013366518	16.01804643207964
Roca esquistosa	Irregular	10	57 55	56	44 46 45 42	44.25	3155.087592	2.874	0.9109097342613492	0.9407443861	0.8569332187502071	20.56639725000497
											0.877710701723131	21.06505684135514



**Anexo 126 informe de laboratorio para ensayo de carga puntual para la Roca Esquistosa. Fuente: Elaboración propia.**

		Tipo de Documento: Emisión de resultados de laboratorio	
		Código: UCY-LAB-2018	
LABORATORIO MECÁNICA DE ROCAS Y PETROLOGÍA		Versión: 01	
UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO		Fecha de aprobación: 18/06/2018	
		Pág: 3/4	

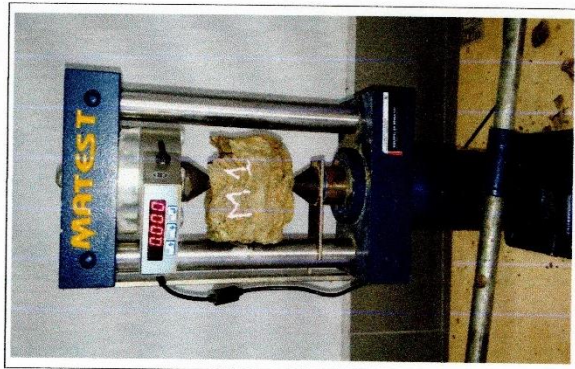
<b>Informe de emisión de resultados</b>
<b>Universidad Cesar Vallejo</b>
<b>Facultad de ingeniería de minas</b>
<b>Ensayo de propiedades físicas</b>
<b>Datos del operador:</b>
<b>Nombre:</b> Ricardo Rudecindo Querebalú Nevado
<b>Teléfono:</b> 976716496
<b>Proyecto:</b> Diseño de taludes con fines de estabilización para la carretera Olmos – Jaén, en el tramo comprendido del KM 10 -KM 15, Sector La Pilca.



Tipo de roca	Masa (g)	Volumen roca (cc)	Densidad roca (g/cc)	Promedio Densidad (g/cc)	Promedio Densidad Kn/m3
Roca esquistosa	46.40	20	2.32	2.178133333	21.367488
Roca esquistosa	53.36	25	2.1344		
Roca esquistosa	41.6	20	2.08		

**Anexo 127 Informe de laboratorio para ensayo de propiedades físicas para la Roca Esquistosa. Fuente: Elaboración propia.**

- P Carga aplicada a la roca en KN
- Is Índice de Carga Puntual
- F Factor de corrección
- Is(50) Índice de Carga Puntual para diámetros de 50 mm
- F\*Is
- Sc1 Resistencia a la compresión no confinada en MPA donde  $K = 22$



OBSERVACIONES:

*[Handwritten signature]*

Realizó: Ricardo Rudecindo Querebalú Nevado

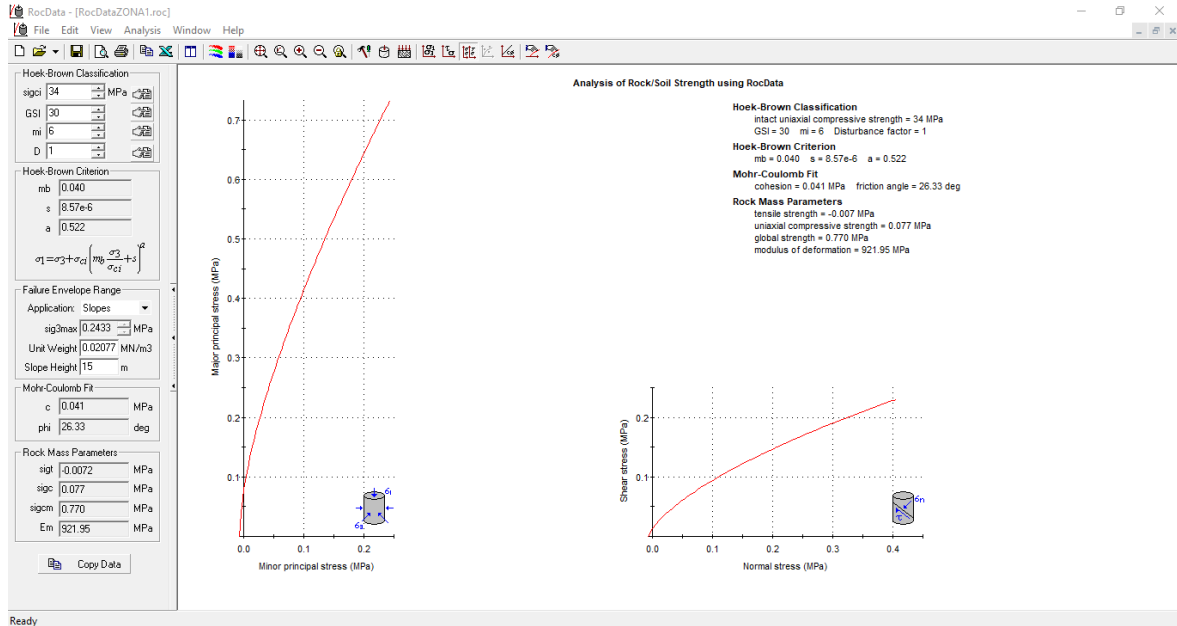


*[Handwritten signature]*  
 Jefa de laboratorio  
 Ing. Janyrna Jacinta Flores Arrasco



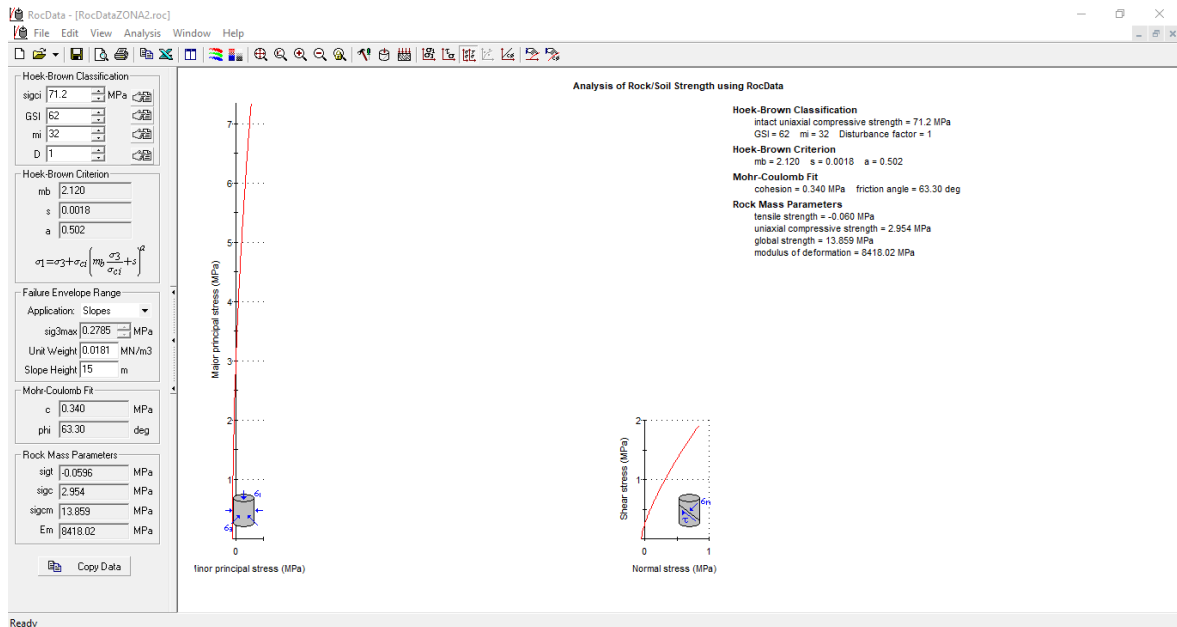
**ANEXO N°5**  
**ANALISIS CON EL**  
**SOFTWARE**  
**ROCDATA**

## Zona 1: Estación geomecánica de la 1 (km 10+00-10+200) a la 7 (km 11+200-11+400)



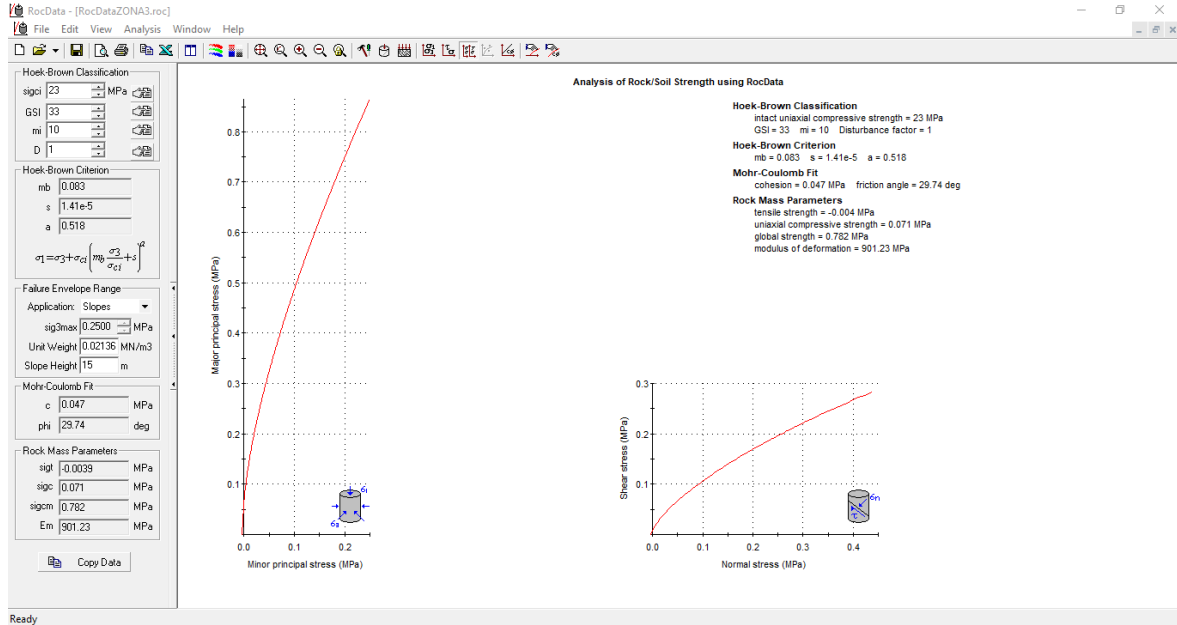
*Anexo 129 Calculo de los criterios de rotura para la Zona 1. Software RocData*

## Zona 2: Estación geomecánica de la 8 (km 11+400-11+600) a la 13 (km 12+400-12+600)



*Anexo 130 Calculo de los criterios de rotura para la Zona 2. Software RocData*

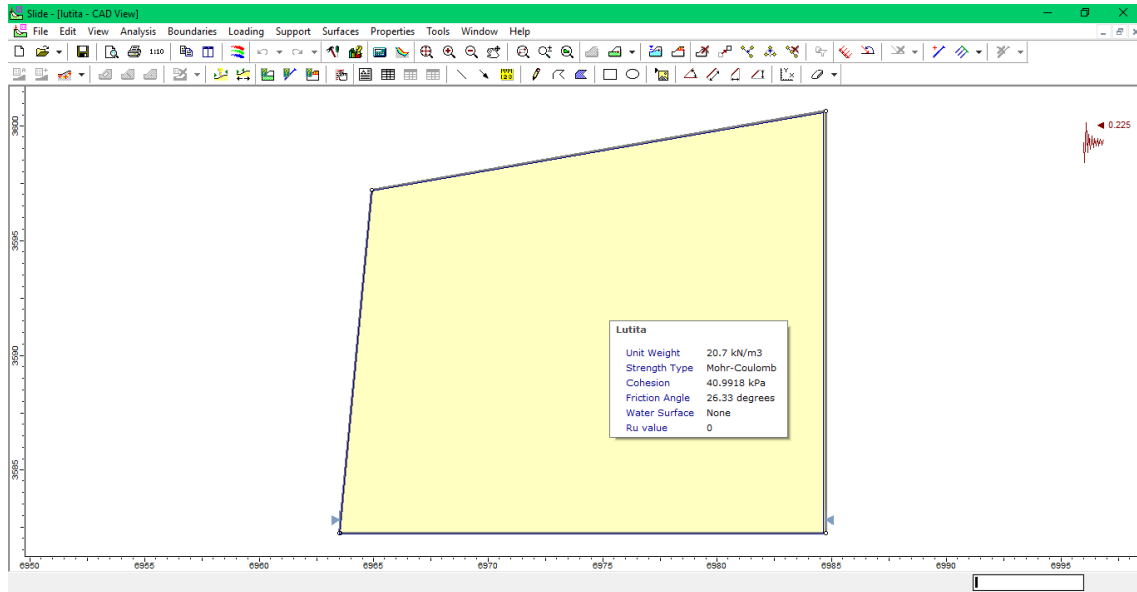
### Zona 3: Estación geomecánica de la 14 (km 12+600-12+800) a la 23 ( km 14+800-km 15)



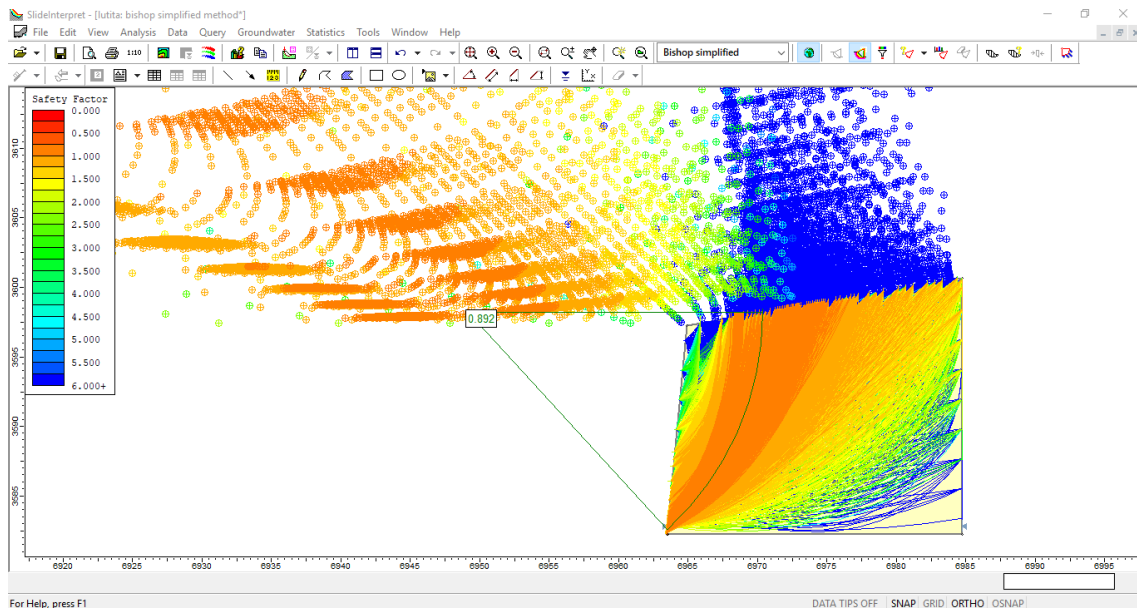
Anexo 131 Calculo de los criterios de rotura para la Zona 3. Software RocData

**ANEXO N° 6**  
**ANALISIS CON EL**  
**SOFTWARE SLIDE**

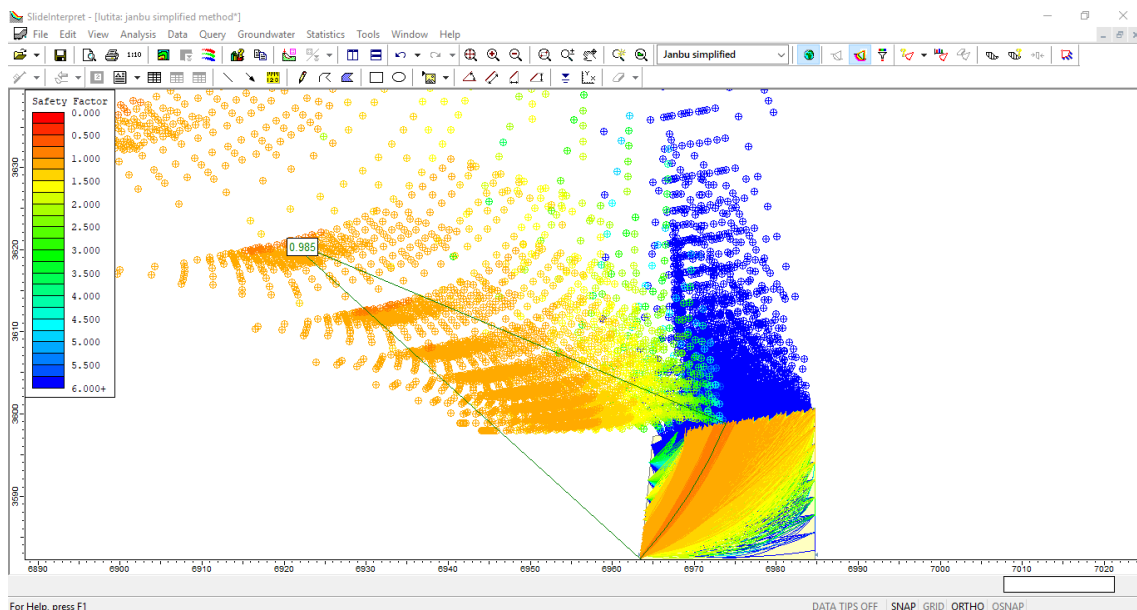
## Zona 1: Lutita Metamorfizada



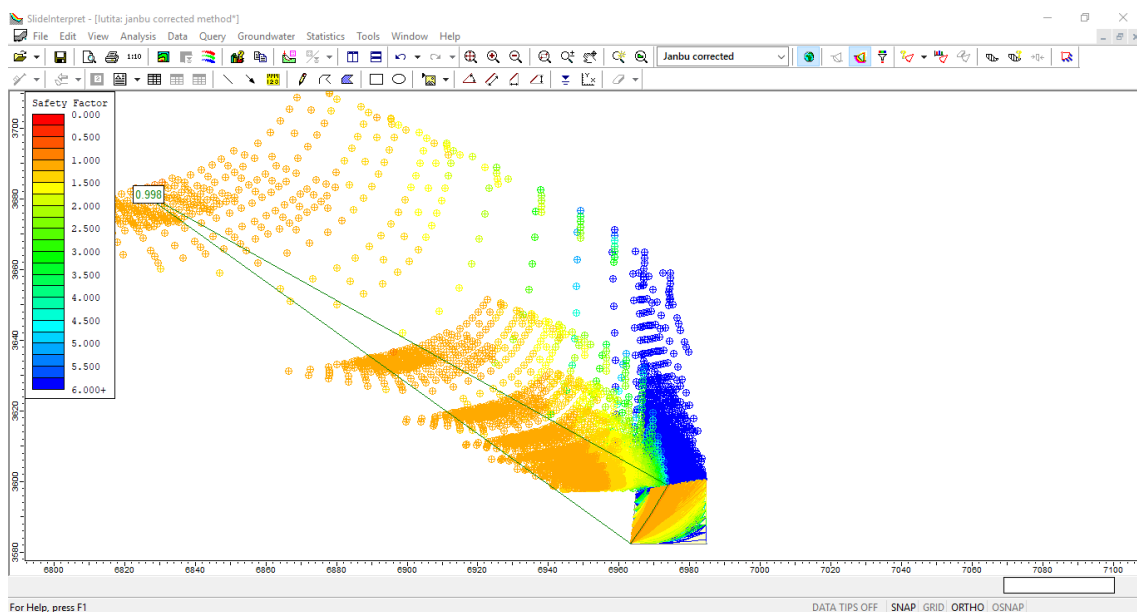
*Anexo 132 Talud con una pendiente de 85°. Fuente: Software Slide.*



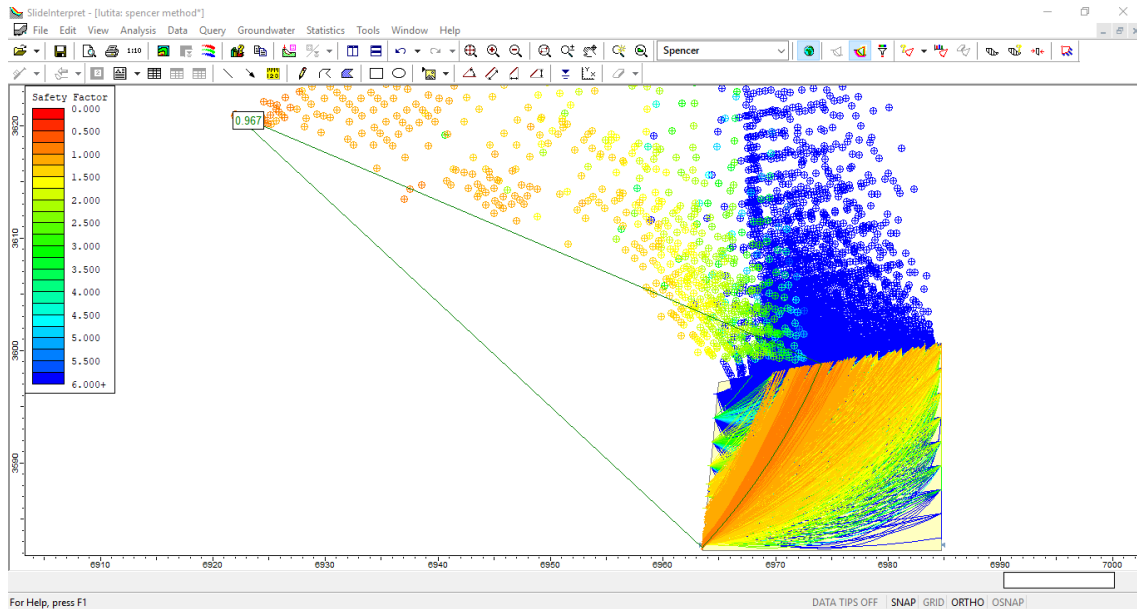
*Anexo 133 Análisis de la estabilidad para el modelo estático del talud, según el método de Bishop simplificado. Fuente: Software Slide.*



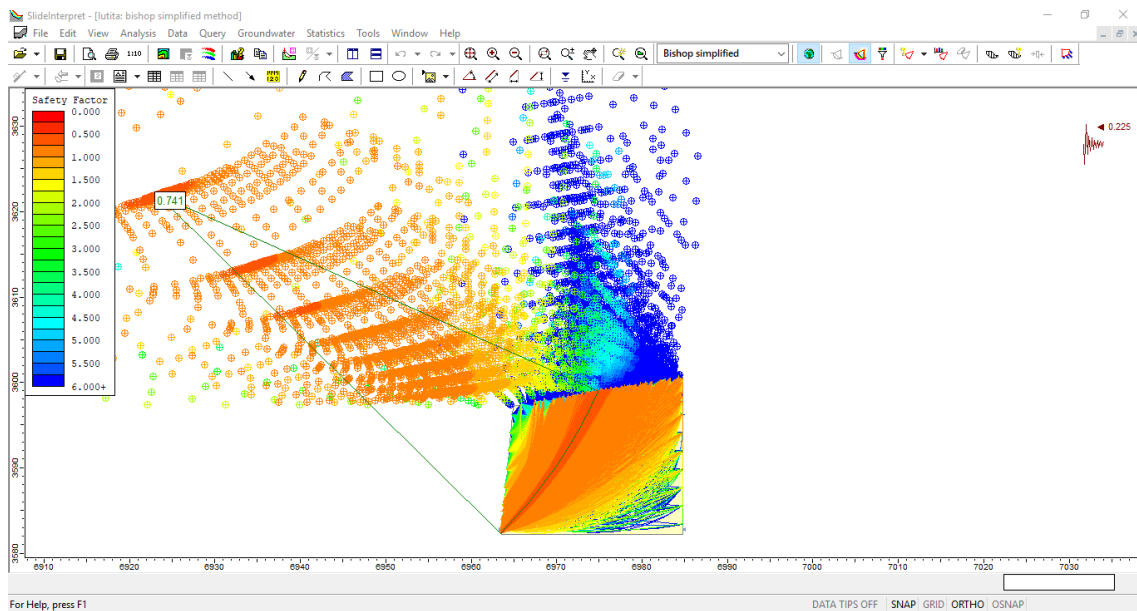
**Anexo 134** *Análisis de la estabilidad para el modelo estático del talud, según el método de Janbu simplicado. Fuente: Software Slide.*



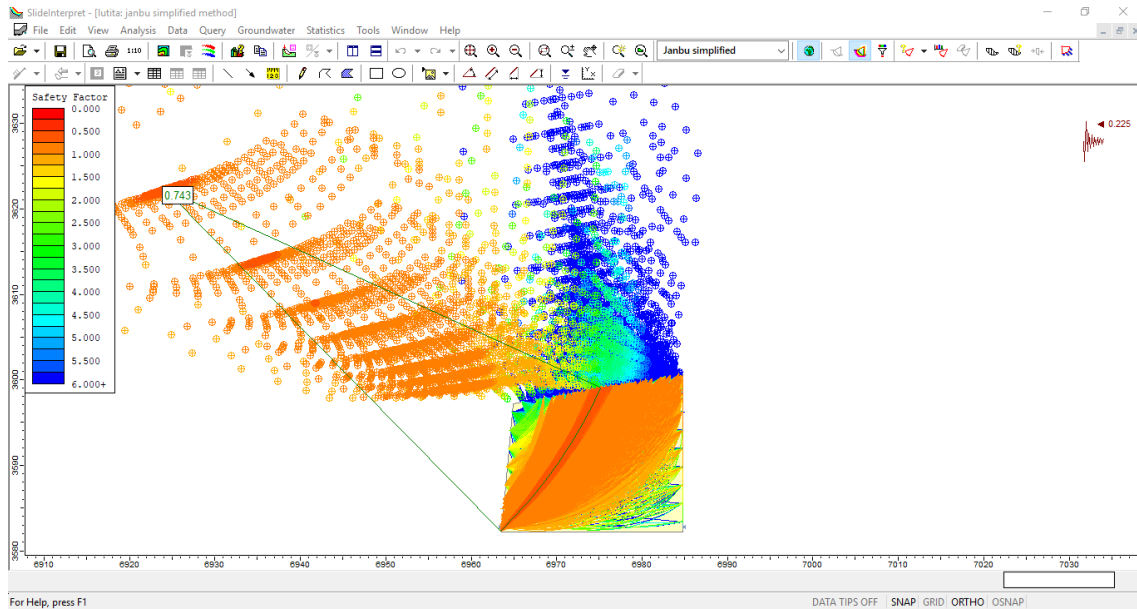
**Anexo 135** *Análisis de la estabilidad para el modelo estático del talud, según el método de Janbu corregido. Fuente: Software Slide.*



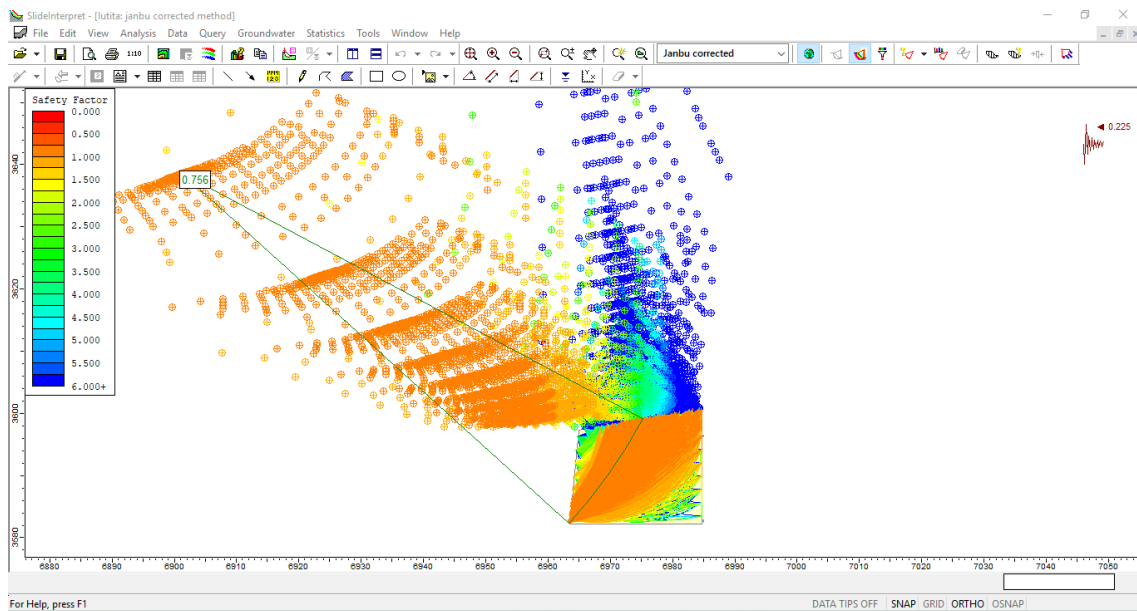
**Anexo 136** *Análisis de la estabilidad para el modelo estático del talud, según el método de Spencer. Fuente: Software Slide.*



**Anexo 137** *Análisis de la estabilidad para el modelo dinámico del talud, según el método de Bishop simplificado. Fuente: Software Slide.*

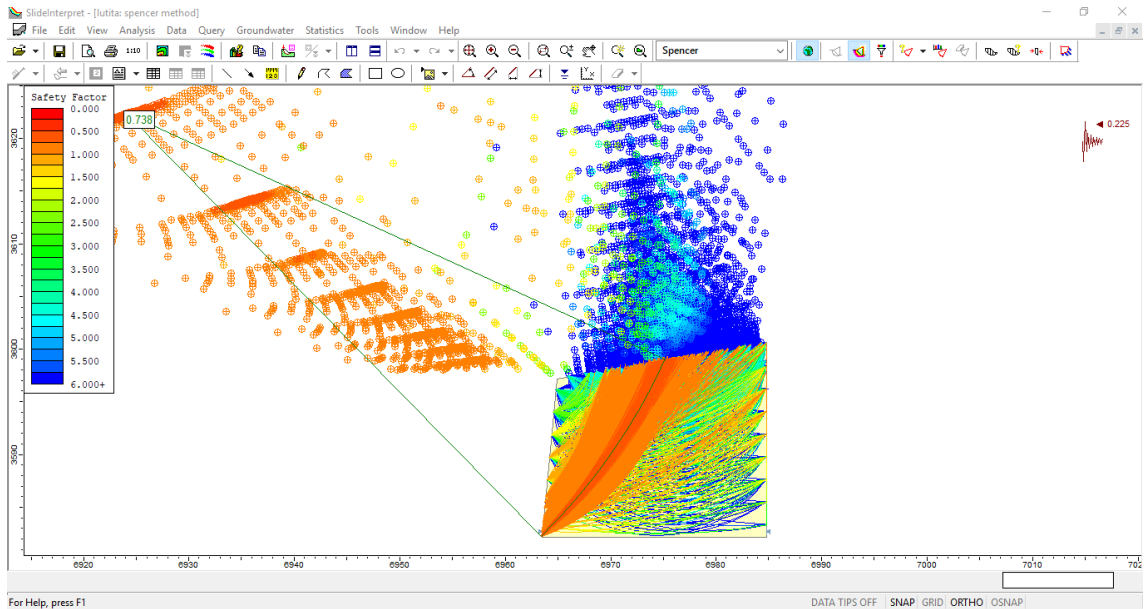


**Anexo 138** *Análisis de la estabilidad para el modelo dinámico del talud, según el método de Janbu simplificado. Fuente: Software Slide.*



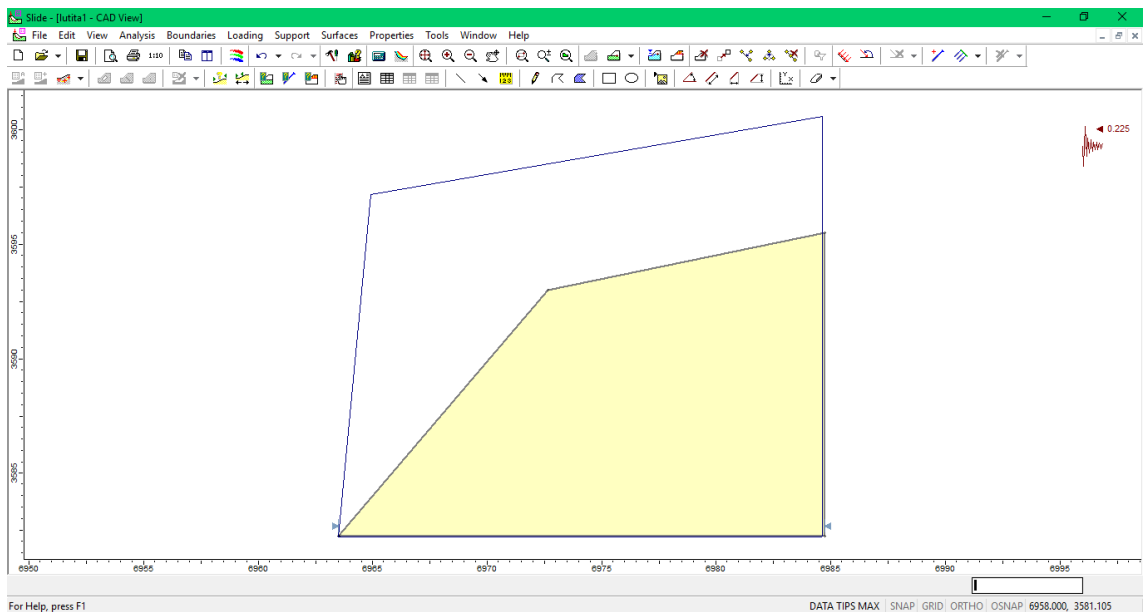
**Anexo 139** *Análisis de la estabilidad para el modelo dinámico del talud, según el método de Janbu corregido. Fuente: Software Slide.*



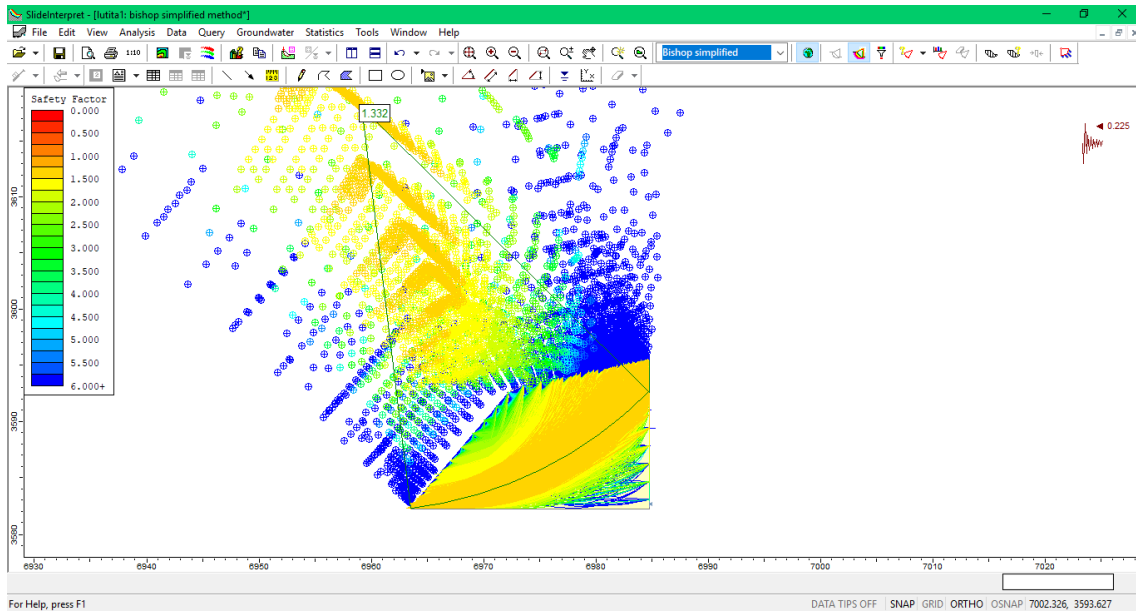


*Anexo 140 Análisis de la estabilidad para el modelo dinámico del talud, según el método de Spencer. Fuente: Software Slide.*

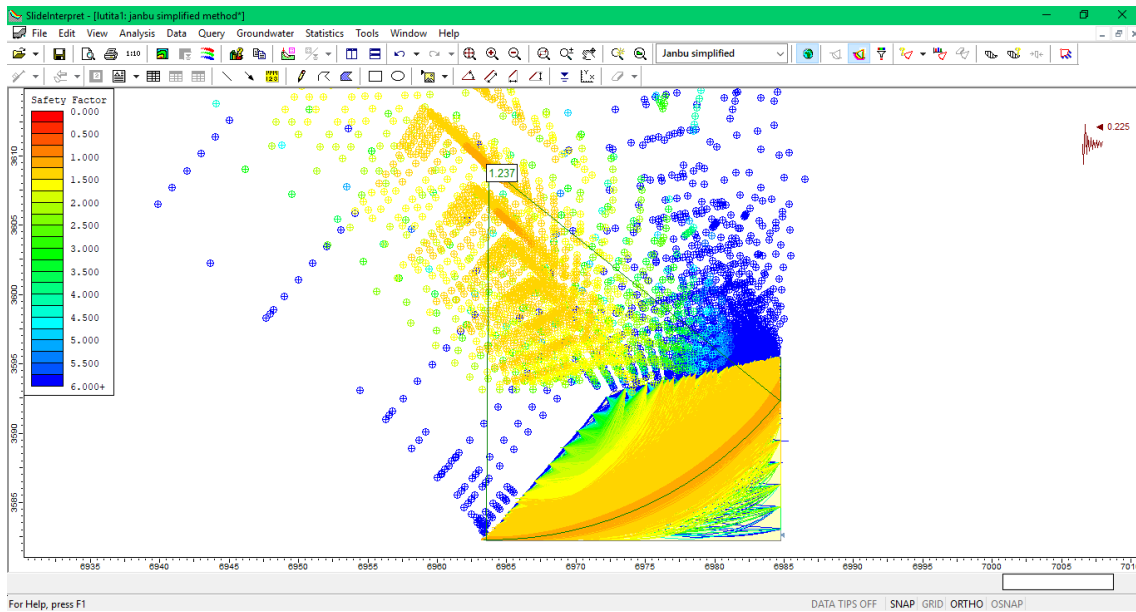
### Diseño de talud para la zona 1: Lutita metamorfizada



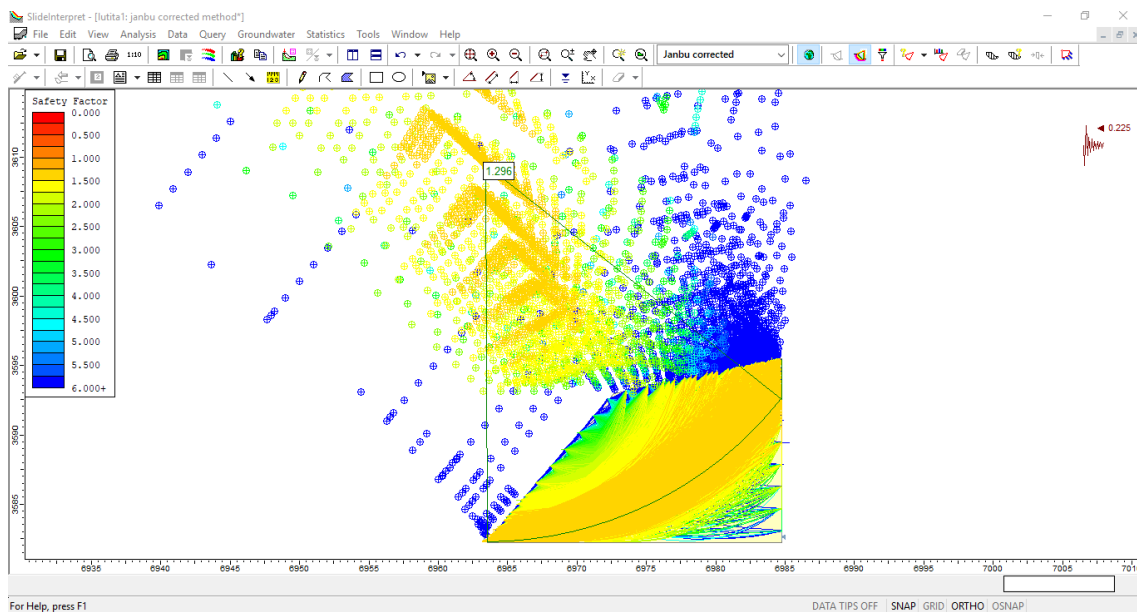
*Anexo 141 Ángulo del talud modificado a 26°. Fuente: Software Slide.*



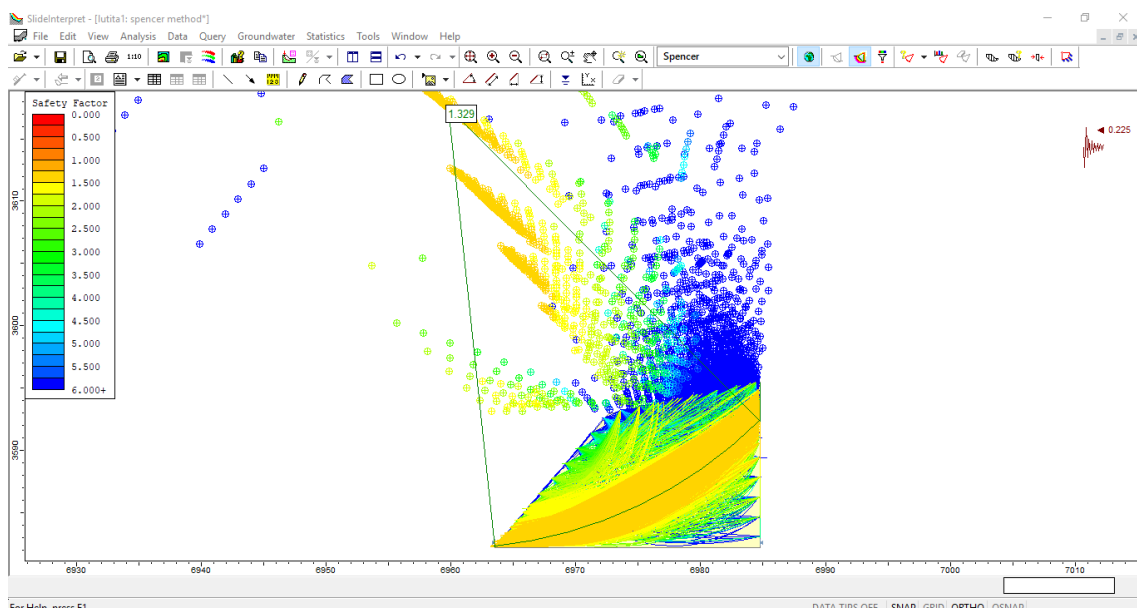
**Anexo 142** *Análisis de la estabilidad para el modelo dinámico del talud modificado, según el método de Bishop simplicado. Fuente: Software Slide.*



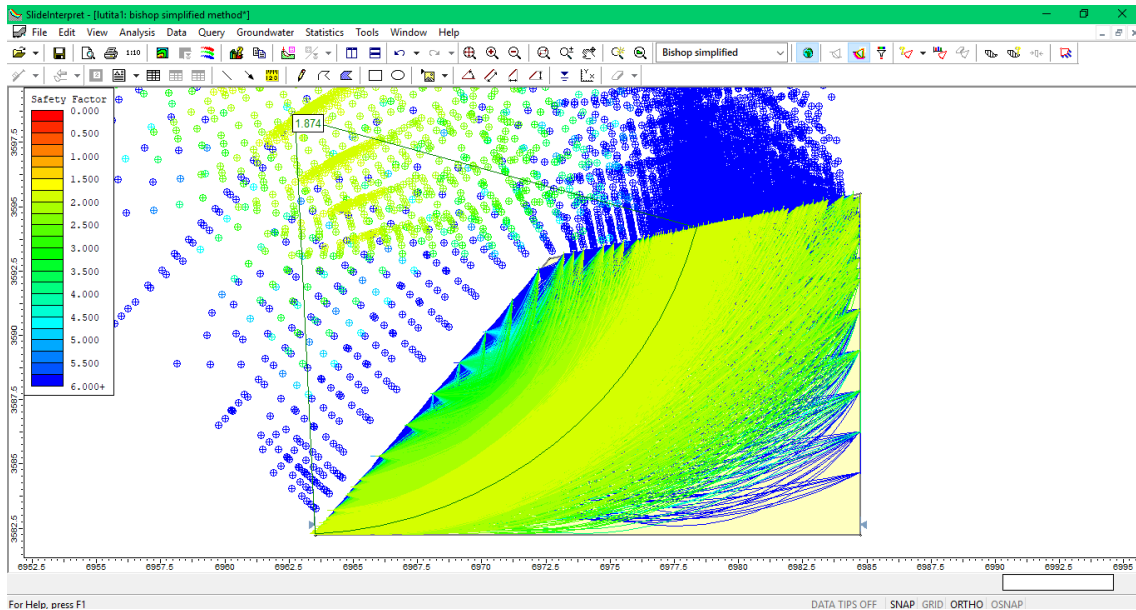
**Anexo 143** *Análisis de la estabilidad para el modelo dinámico del talud modificado, según el método de Janbu simplicado. Fuente: Software Slide.*



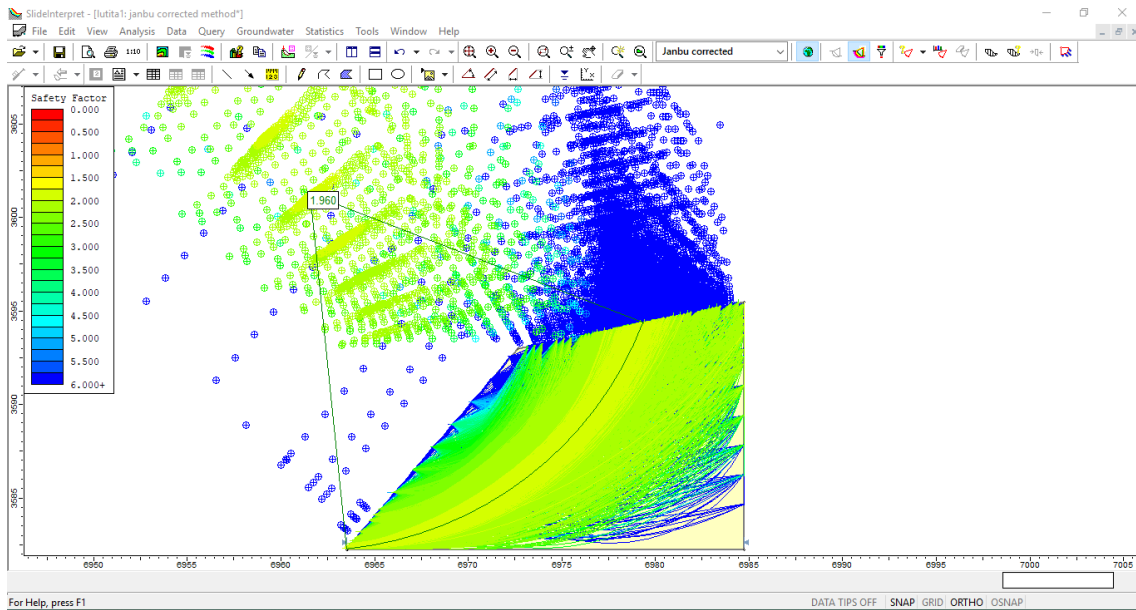
**Anexo 144** *Análisis de la estabilidad para el modelo dinámico del talud modificado, según el método de Janbu corregido. Fuente: Software Slide.*



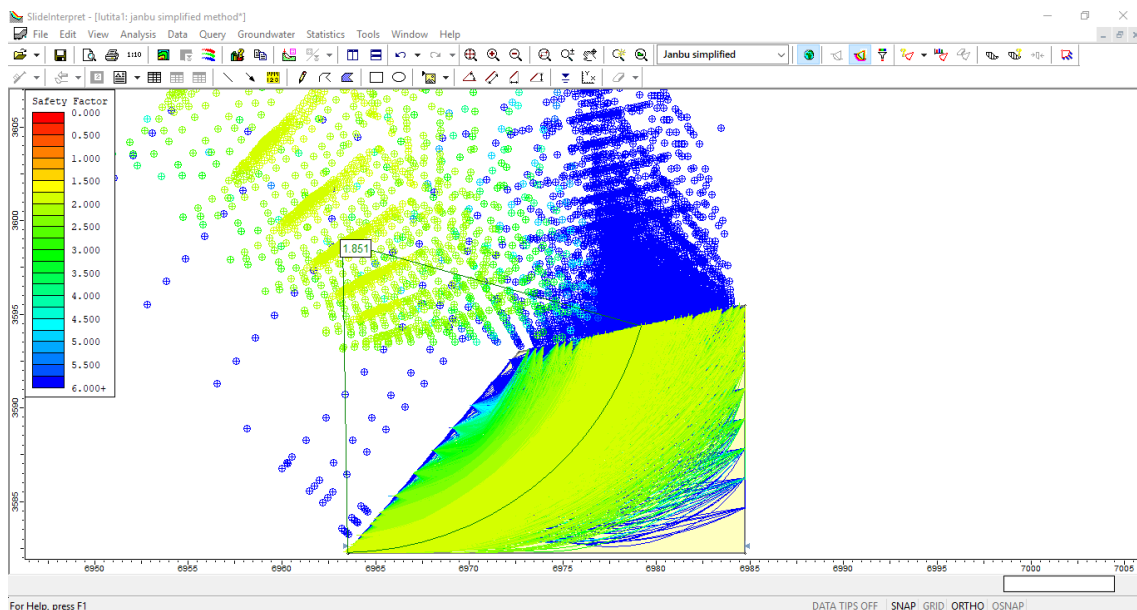
**Anexo 145** *Análisis de la estabilidad para el modelo dinámico del talud modificado, según el método de Spencer. Fuente: Software Slide.*



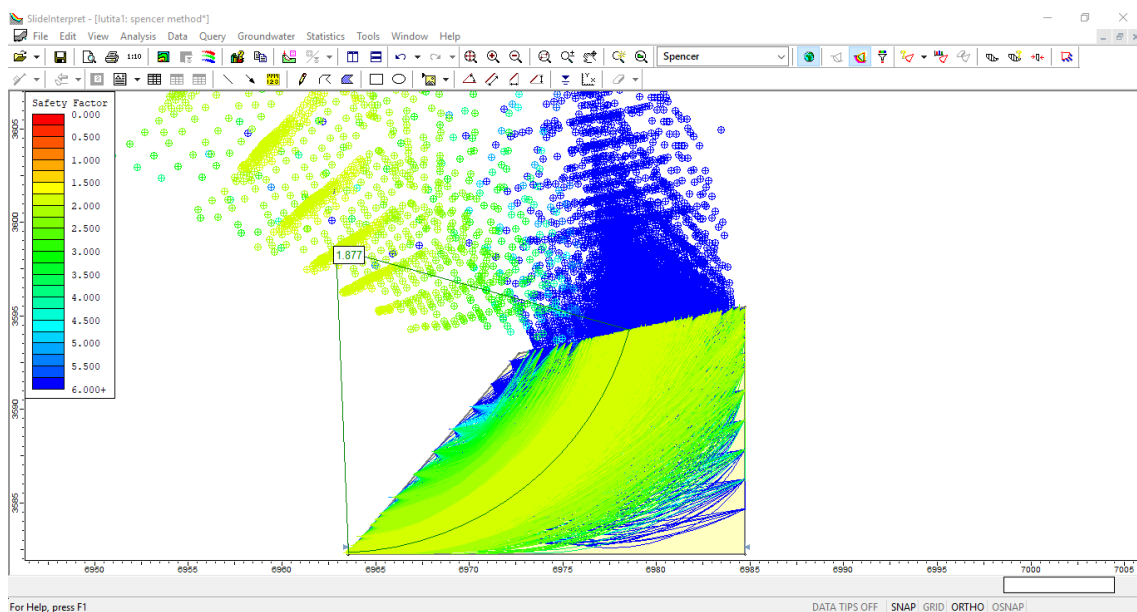
**Anexo 146** *Análisis de la estabilidad para el modelo estático para el talud modificado, según el método de Bishop simplicado. Fuente: Software Slide.*



**Anexo 147** *Análisis de la estabilidad para el modelo estático para el talud modificado, según el método de Janbu simplicado. Fuente: Software Slide.*

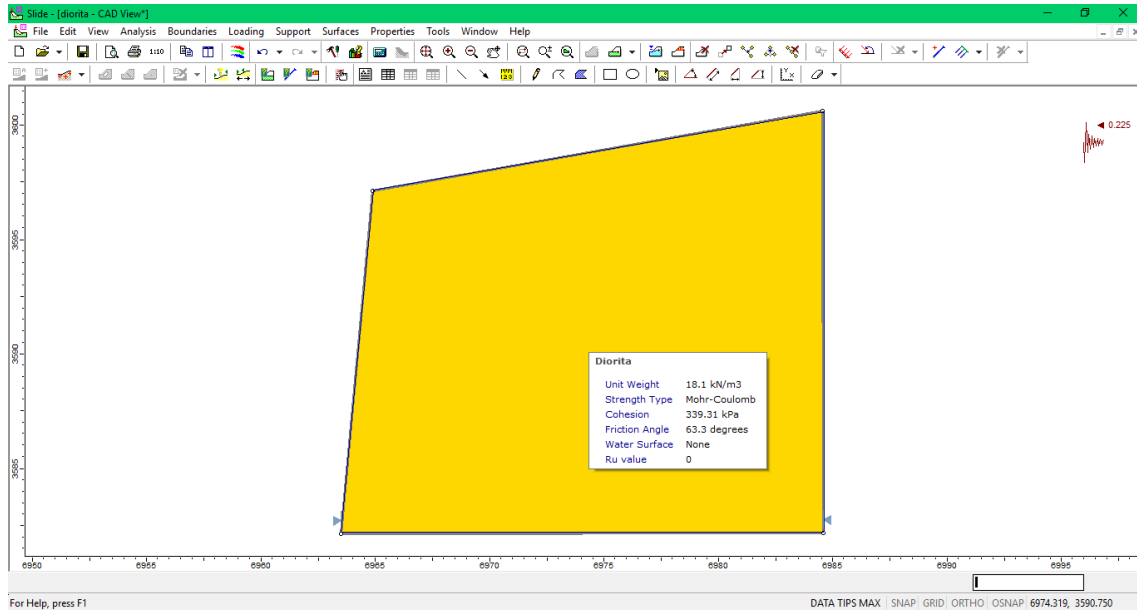


**Anexo 148** *Análisis de la estabilidad para el modelo dinámico del talud modificado, según el método de Janbu corregido. Fuente: Software Slide.*

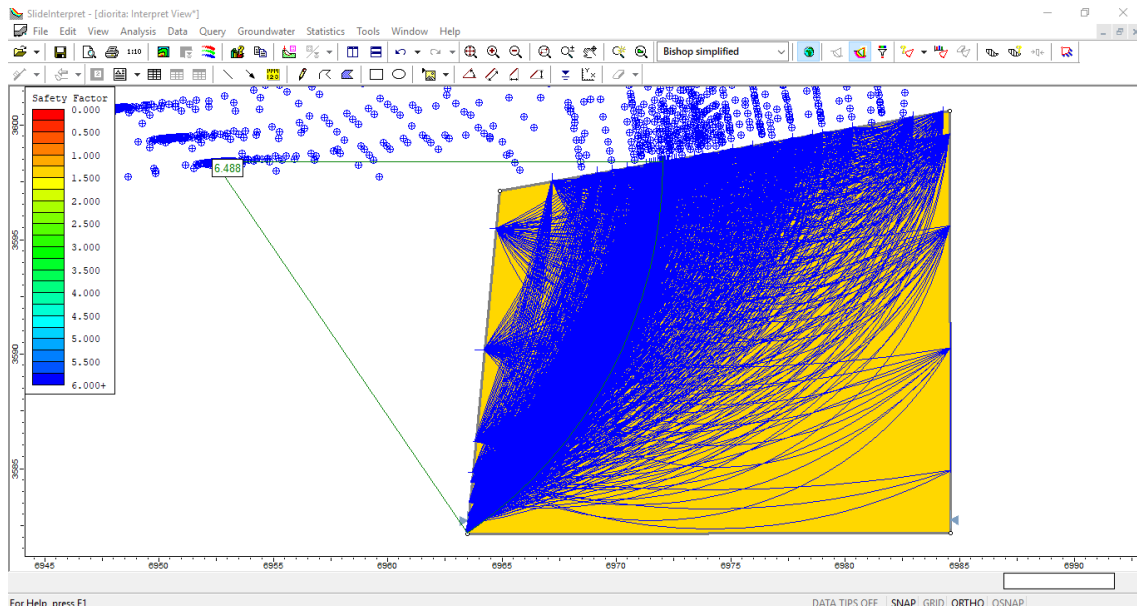


**Anexo 149** *Análisis de la estabilidad para el modelo dinámico del talud modificado, según el método de Spencer. Fuente: Software Slide.*

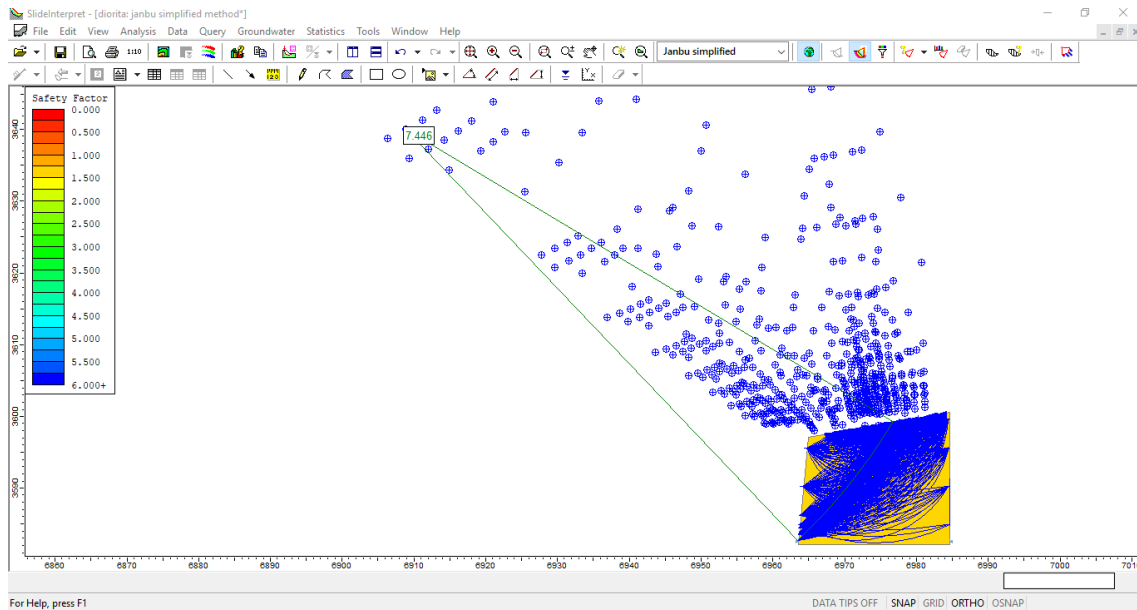
## Zona 2: Diorita alterada



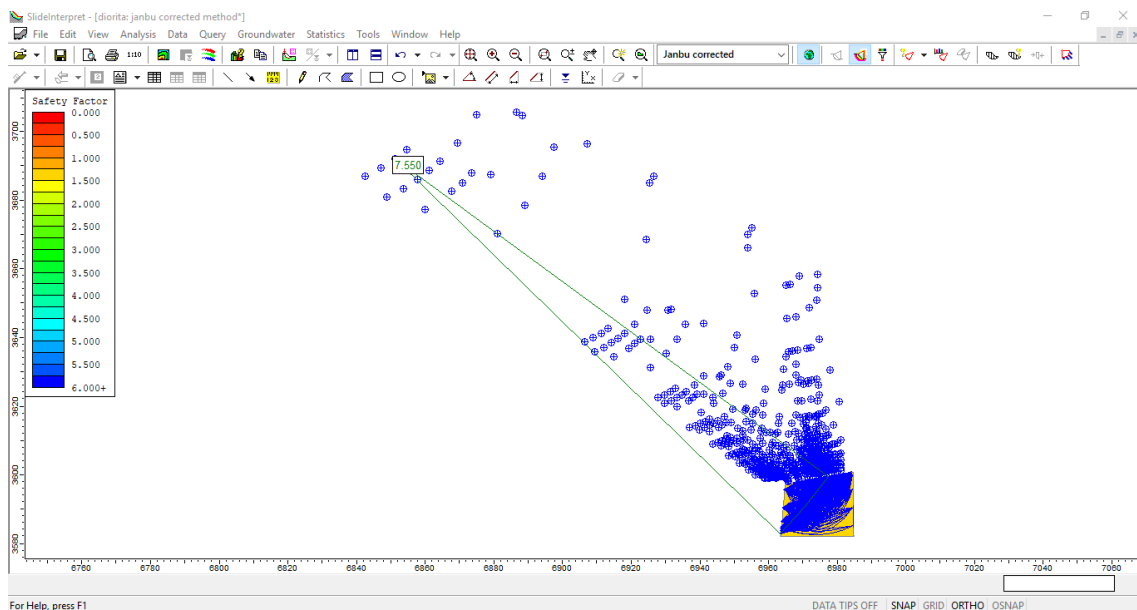
*Anexo 150 Talud con una pendiente de 85°. Fuente: Software Slide.*



*Anexo 151 Análisis de la estabilidad para el modelo estático del talud, según el método de Bishop simplificado. Fuente: Software Slide.*

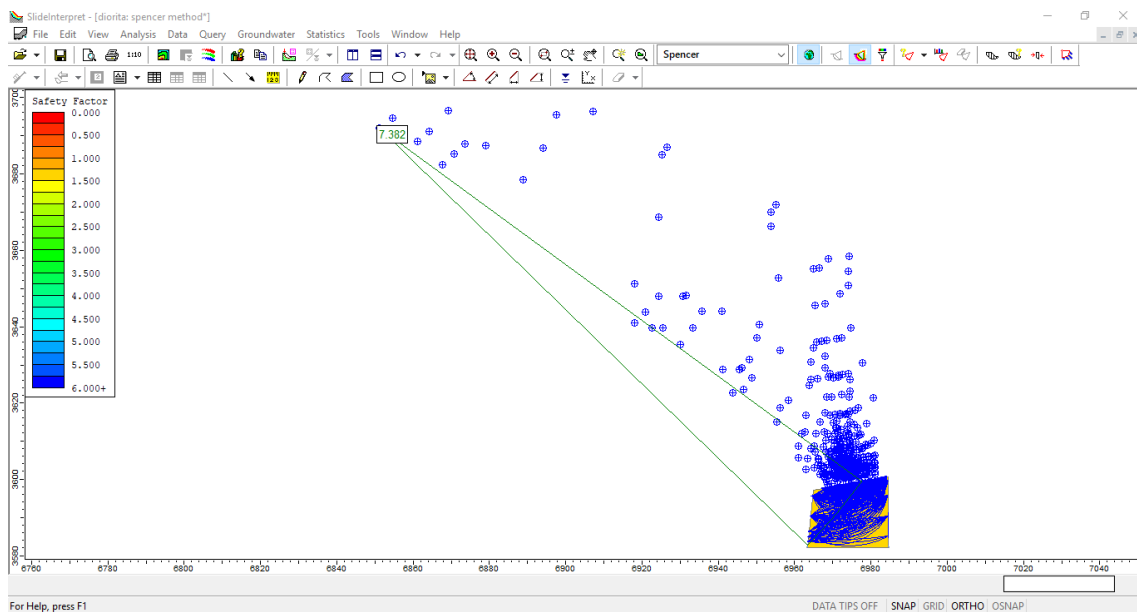


**Anexo 152** *Análisis de la estabilidad para el modelo estático del talud, según el método de Janbu simplificado. Fuente: Software Slide.*

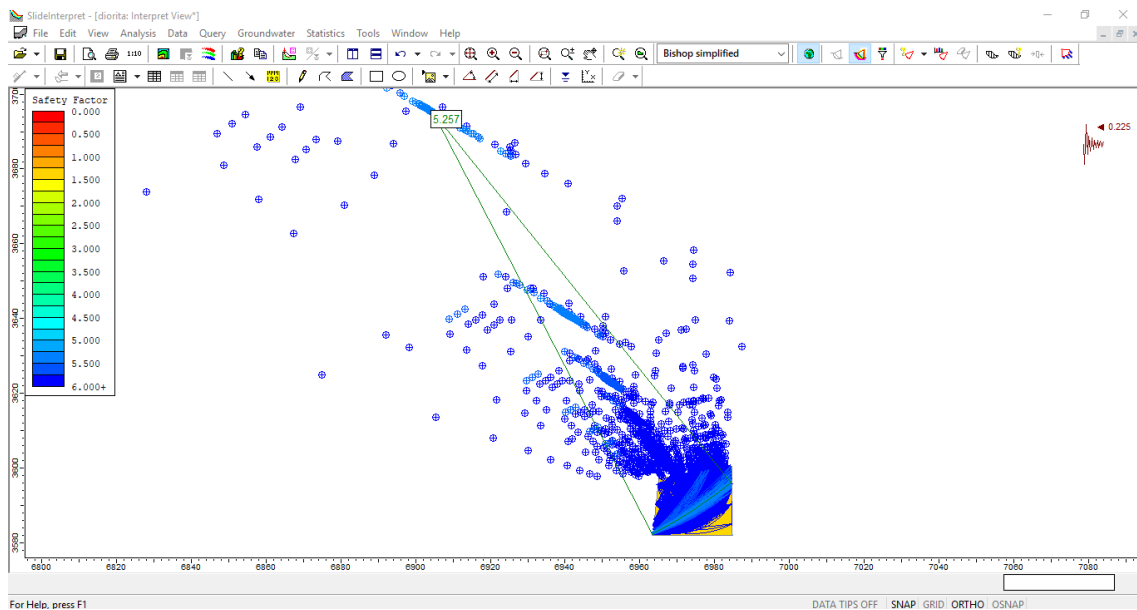


**Anexo 153** *Análisis de la estabilidad para el modelo estático del talud, según el método de Janbu corregido. Fuente: Software Slide.*



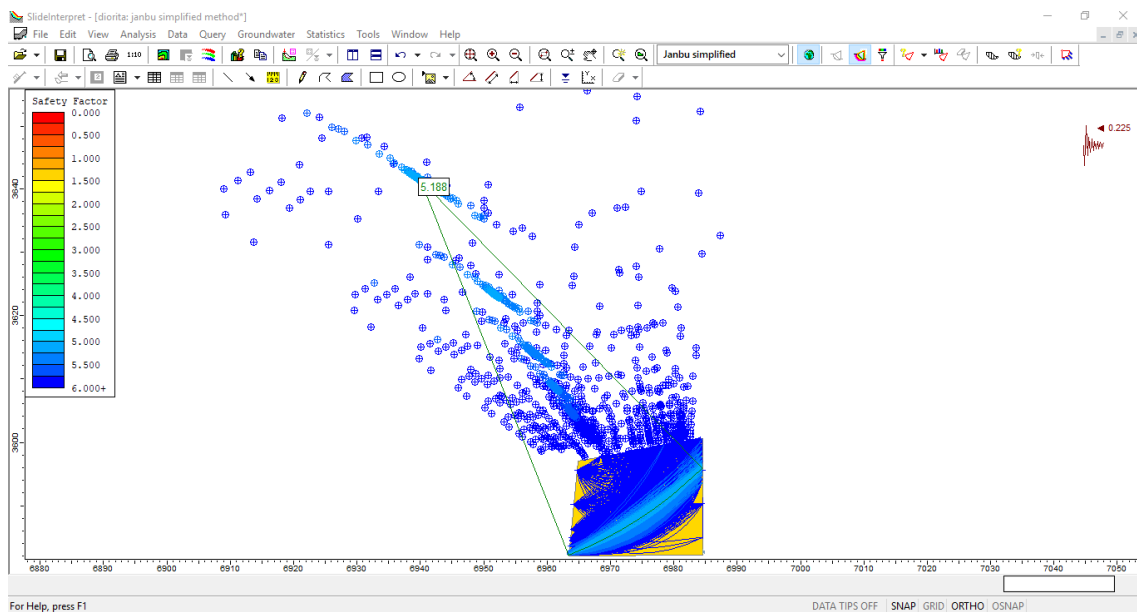


**Anexo 154** *Análisis de la estabilidad para el modelo estático del talud, según el método de Spencer. Fuente: Software Slide.*

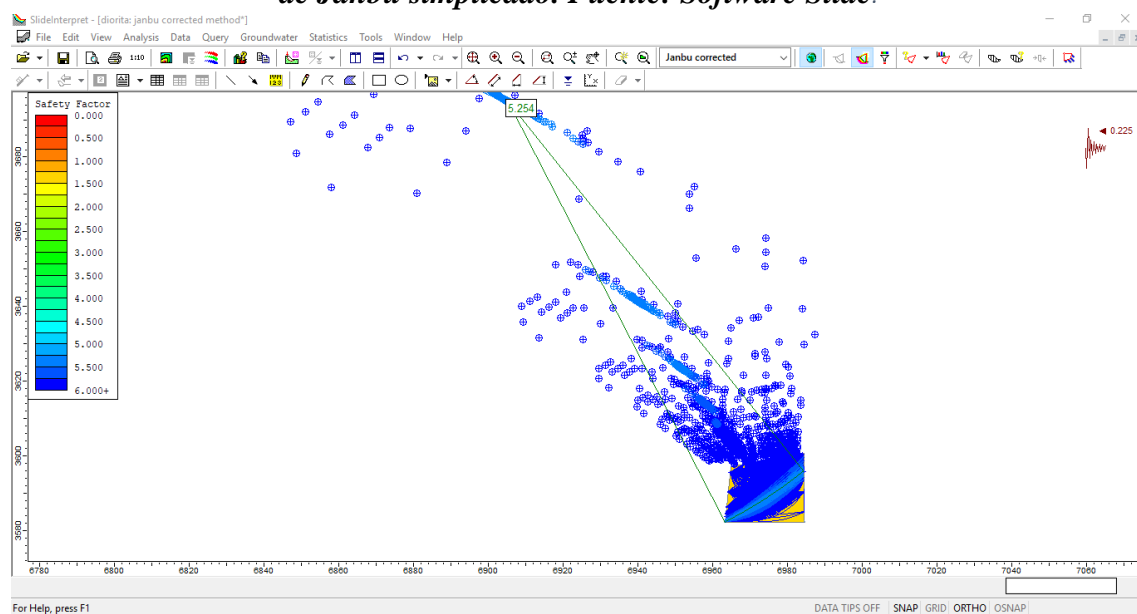


**Anexo 155** *Análisis de la estabilidad para el modelo dinámico del talud, según el método de Bishop simplificado. Fuente: Software Slide.*

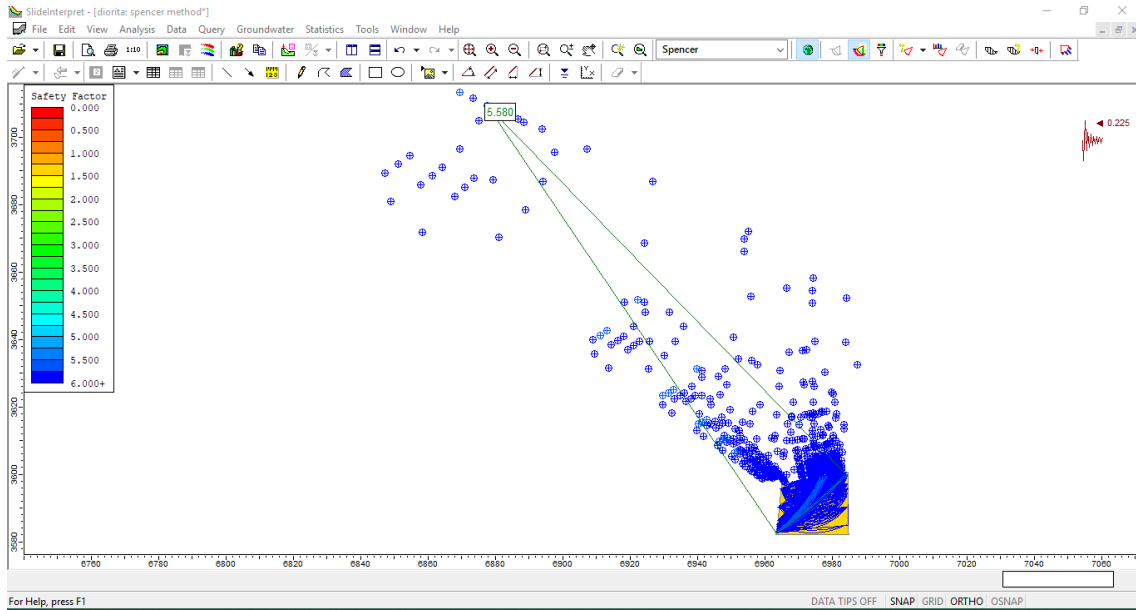




**Anexo 156** *Análisis de la estabilidad para el modelo dinámico del talud, según el método de Janbu simplificado. Fuente: Software Slide.*

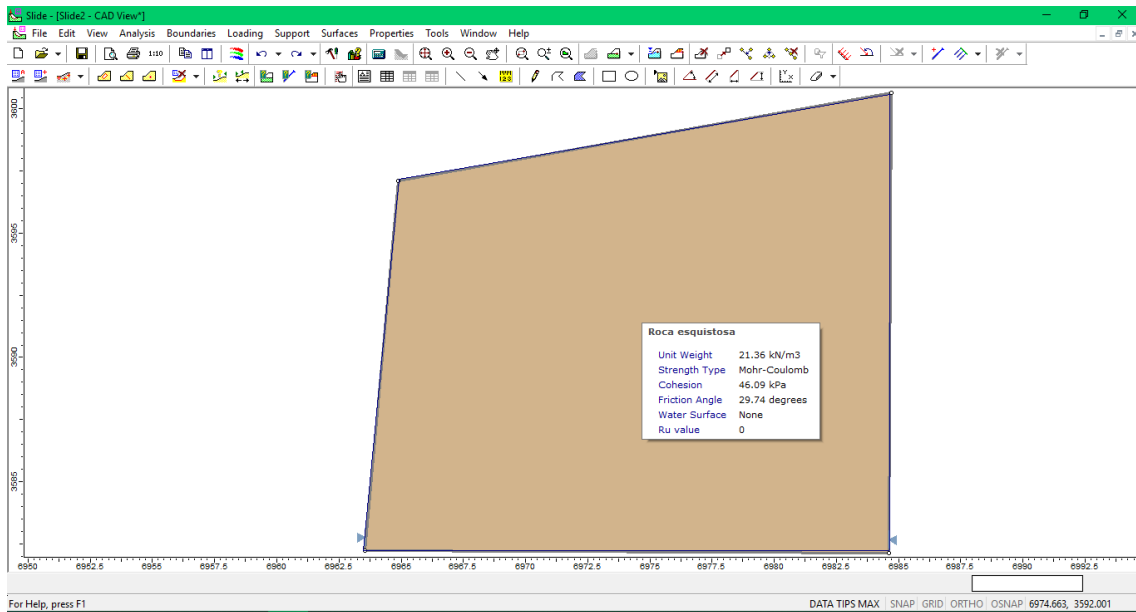


**Anexo 157** *Análisis de la estabilidad para el modelo dinámico, del talud según el método de Janbu corregido. Fuente: Software Slide.*

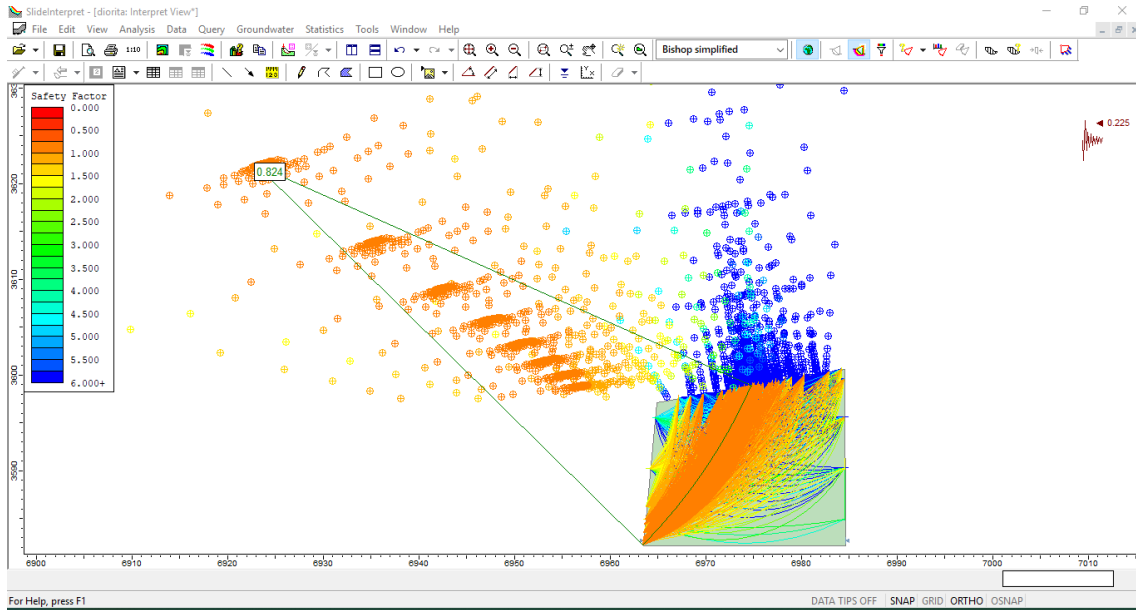


*Anexo 158 Análisis de la estabilidad para el modelo dinámico del talud, según el método de Spencer. Fuente: Software Slide.*

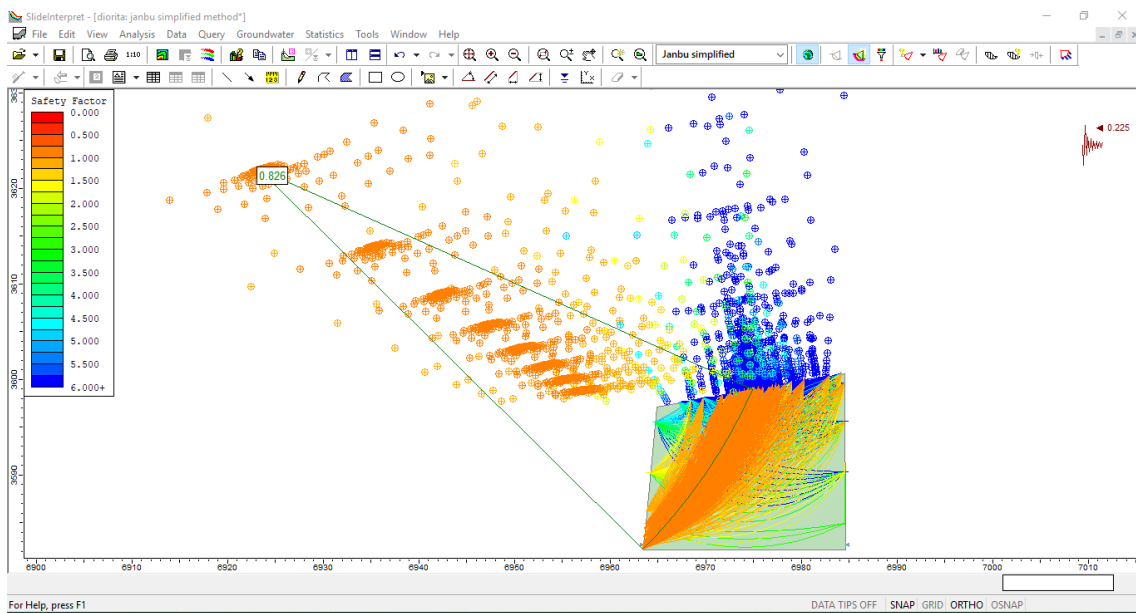
### Zona 3: Roca esquistosa



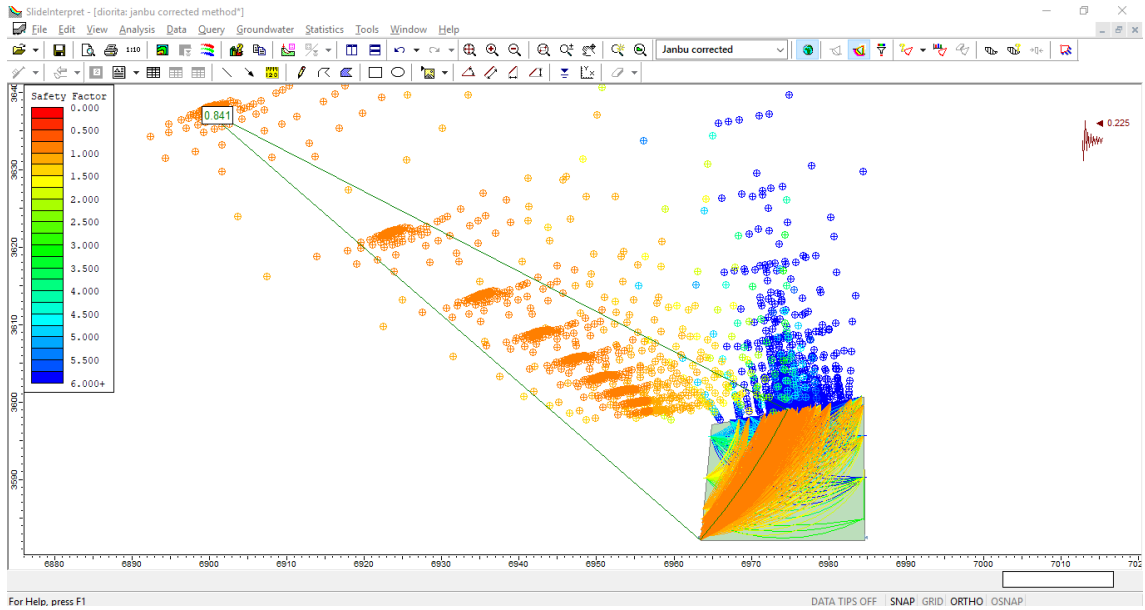
*Anexo 159 Talud con una pendiente de 85°. Fuente: Software Slide.*



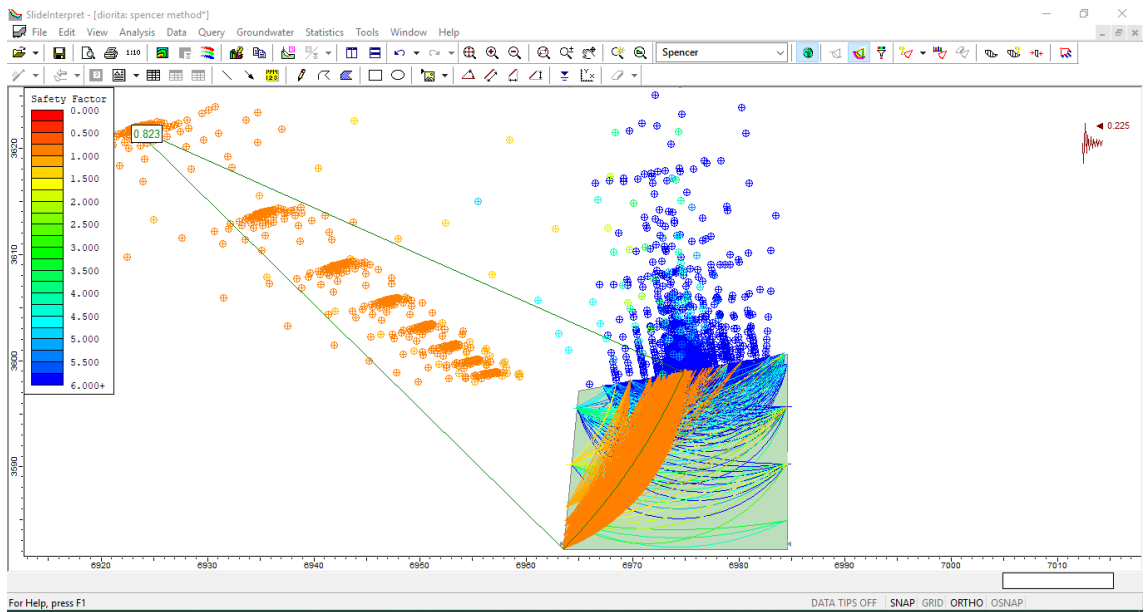
**Anexo 160** Análisis de la estabilidad para el modelo dinámico del talud, según el método de Bishop simplificado. Fuente: Software Slide.



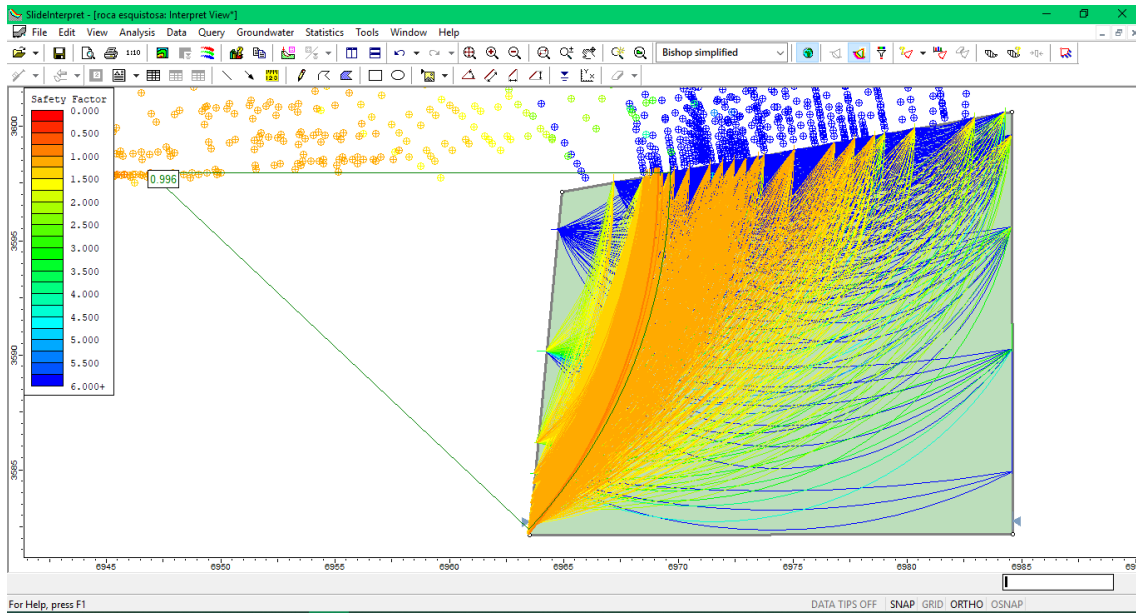
**Anexo 161** Análisis de la estabilidad para el modelo dinámico del talud, según el método de Janbu simplificado. Fuente: Software Slide.



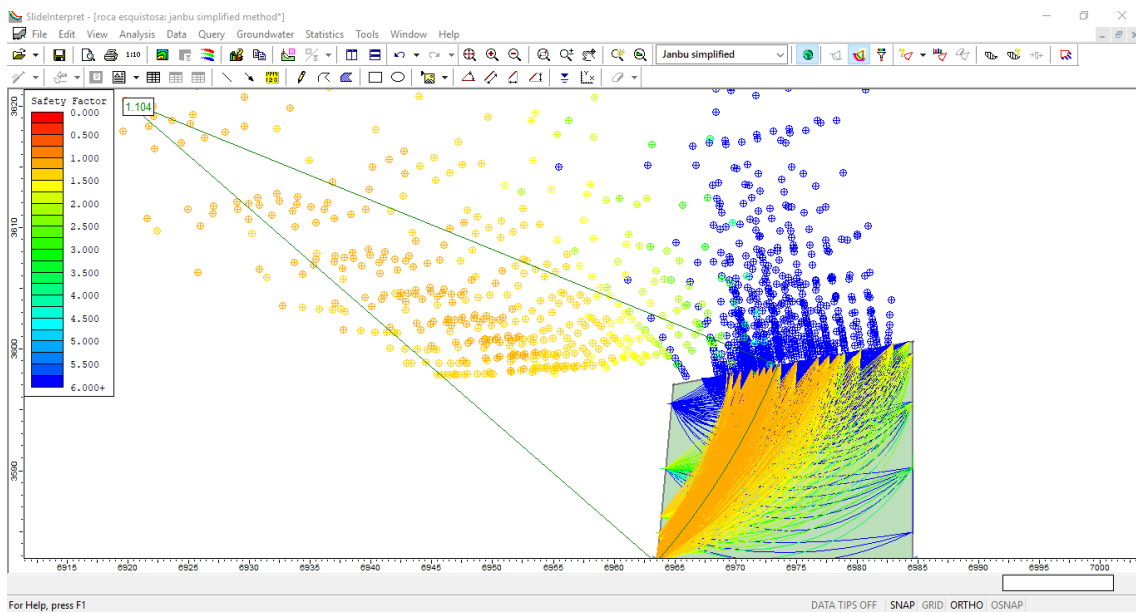
**Anexo 162** *Análisis de la estabilidad para el modelo dinámico del talud, según el método de Janbu corregido. Fuente: Software Slide.*



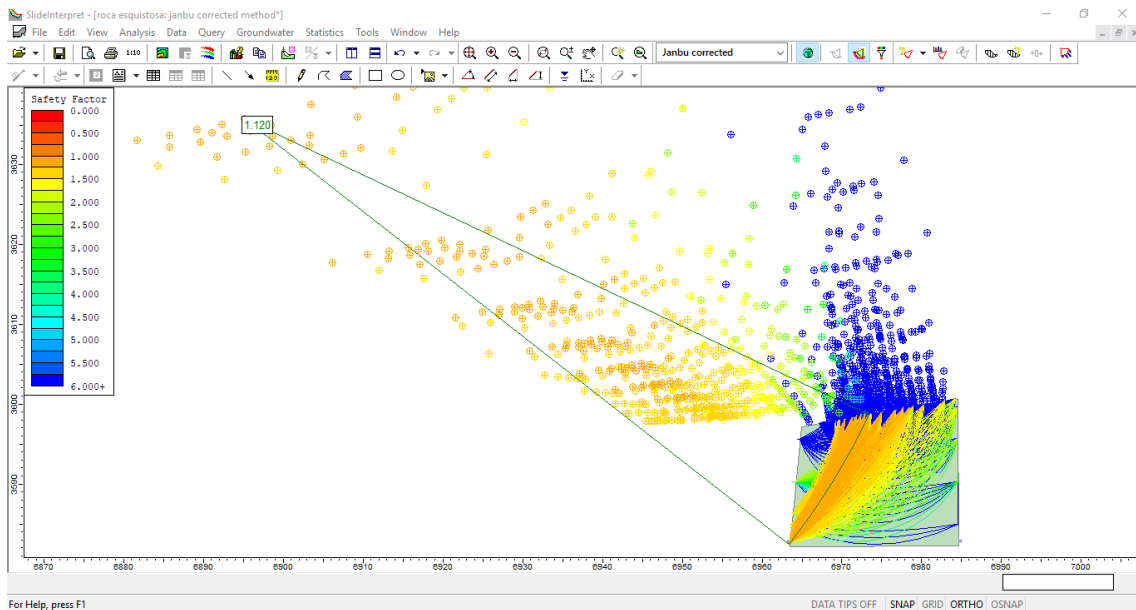
**Anexo 163** *Análisis de la estabilidad para el modelo dinámico del talud, según el método de Spencer. Fuente: Software Slide.*



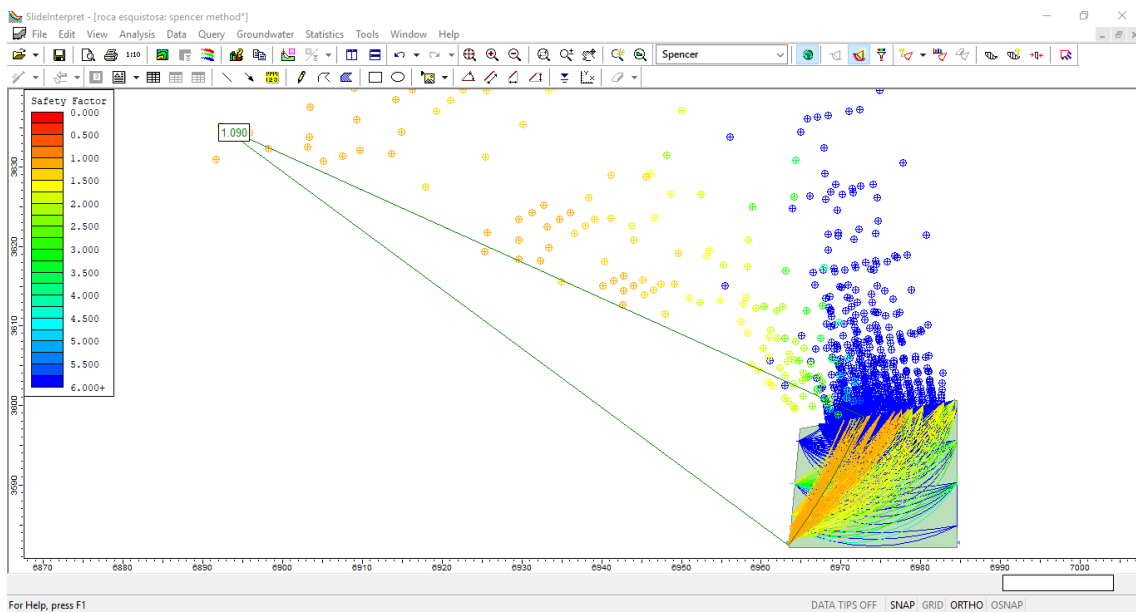
**Anexo 164** Análisis de la estabilidad para el modelo estático del talud, según el método de Bishop simplificado. Fuente: Software Slide.



**Anexo 165** Análisis de la estabilidad para el modelo estático del talud, según el método de Janbu simplificado. Fuente: Software Slide.

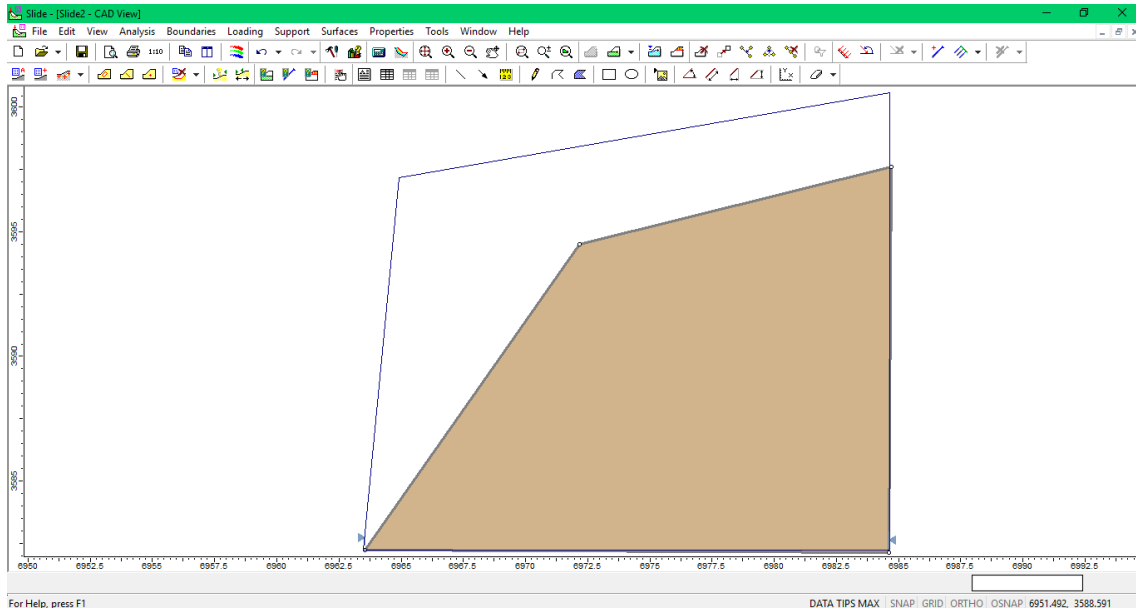


**Anexo 166** Análisis de la estabilidad para el modelo estático del talud, según el método de Janbu corregido. Fuente: Software Slide.

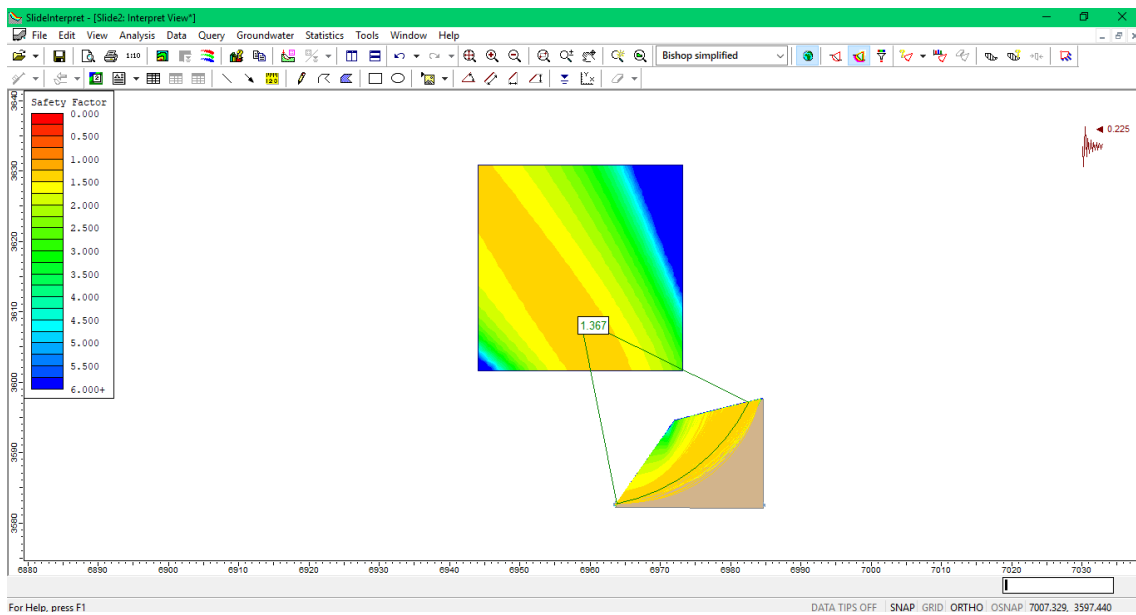


**Anexo 167** Análisis de la estabilidad para el modelo estático del talud, según el método de Spencer. Fuente: Software Slide.

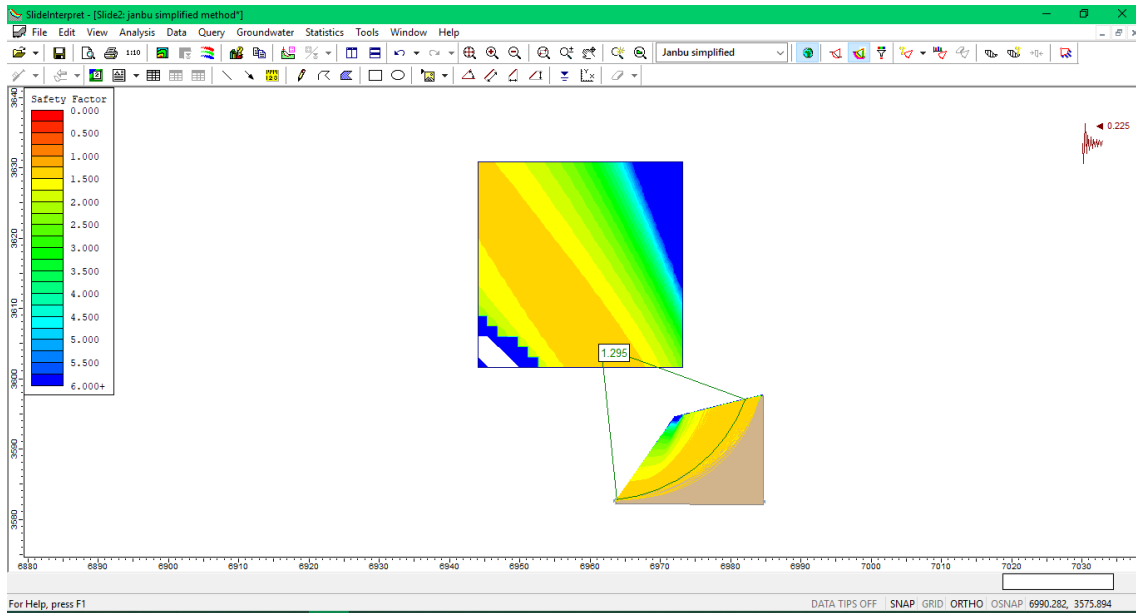
### Diseño de talud para la zona 3: Roca esquistosa



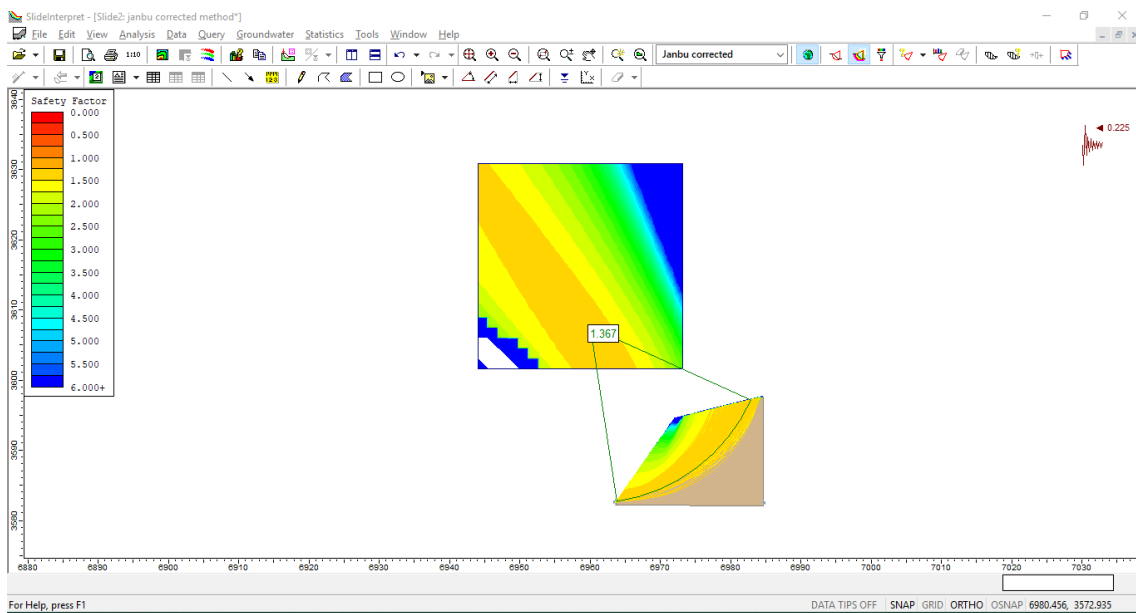
*Anexo 168 Ángulo del talud modificado a 26°. Fuente: Software Slide*



*Anexo 169 Análisis de la estabilidad para el modelo dinámico para el talud modificado, según el método de Bishop simplificado. Fuente: Software Slide.*

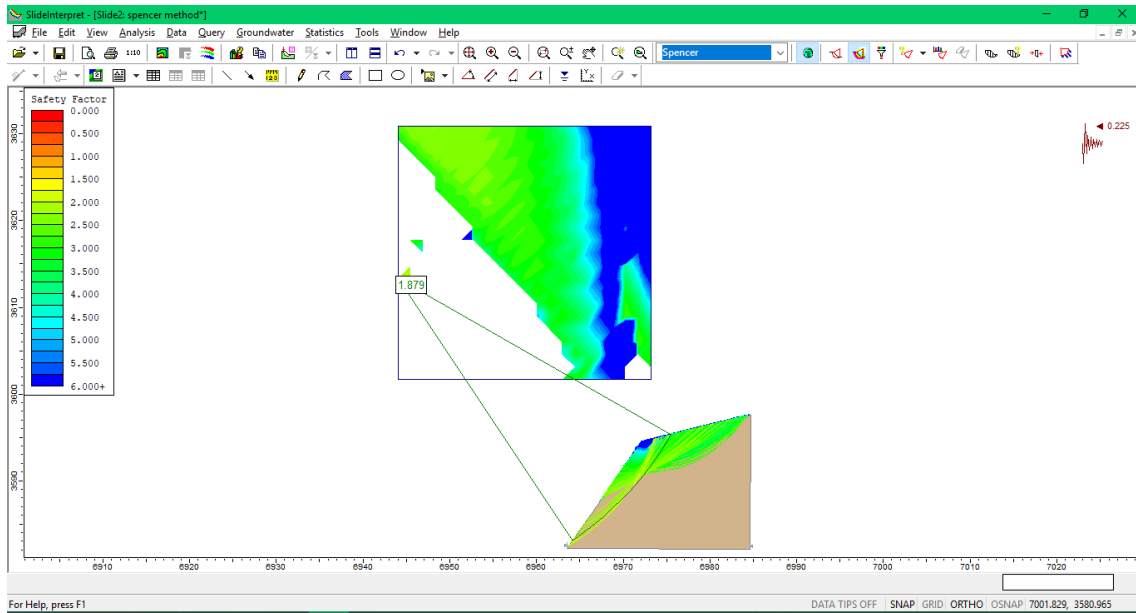


**Anexo 170** Análisis de la estabilidad para el modelo estático para el talud modificado, según el método de Janbu simplificado. Fuente: Software Slide.

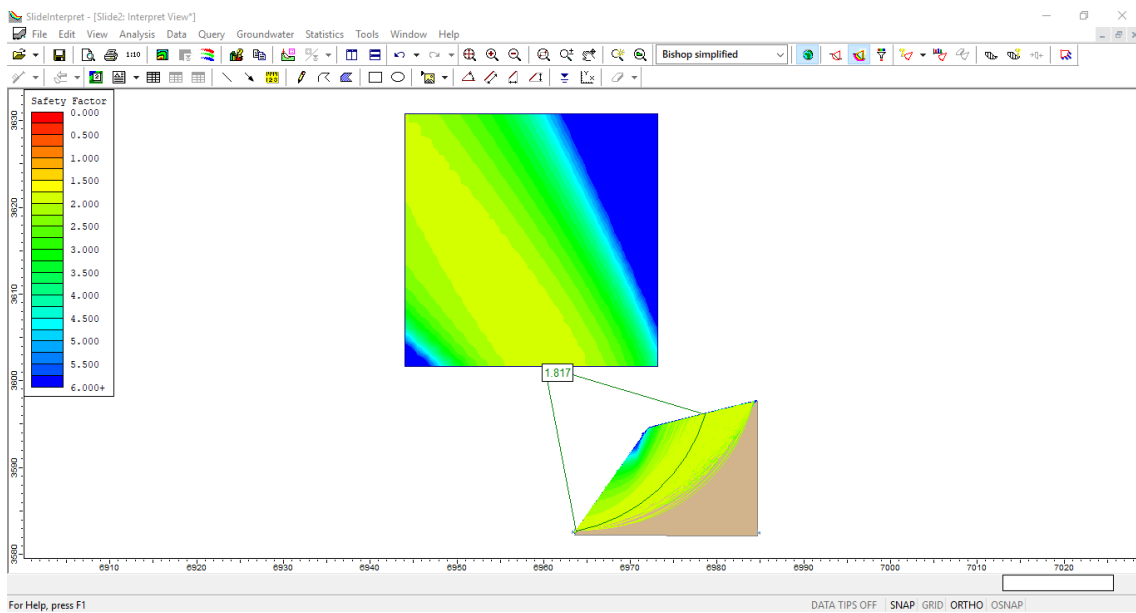


**Anexo 171** Análisis de la estabilidad para el modelo dinámico del talud modificado, según el método de Janbu corregido. Fuente: Software Slide.

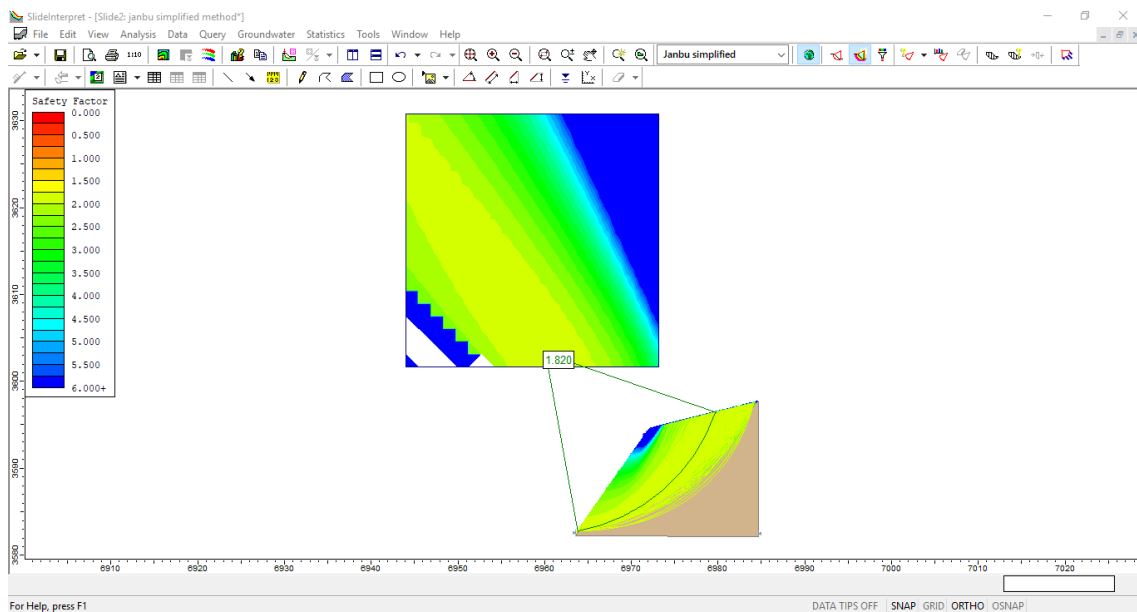




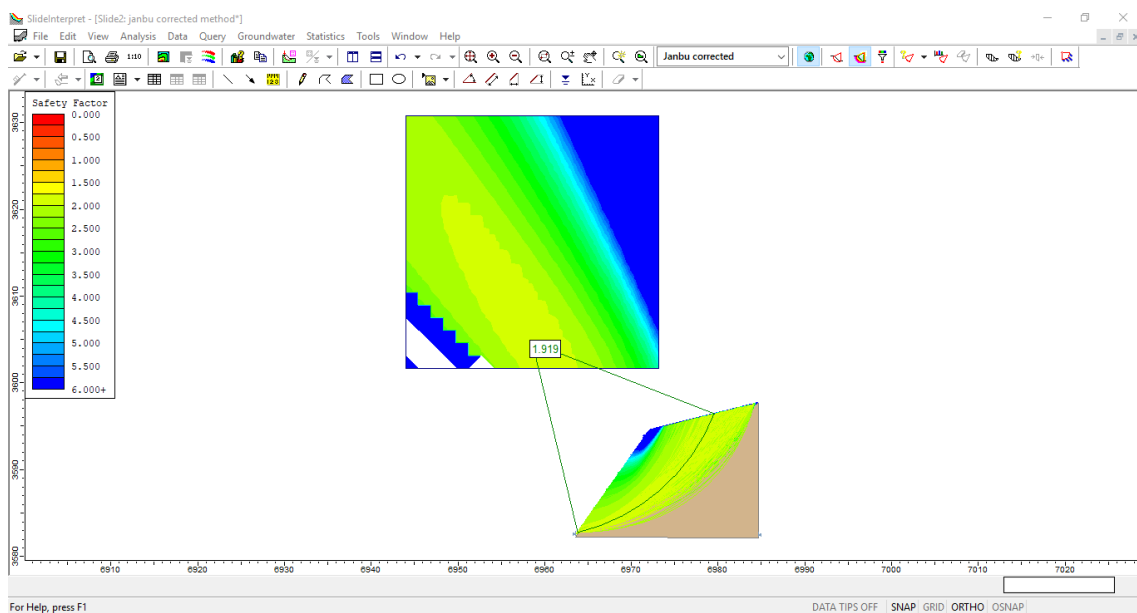
**Anexo 172** Análisis de la estabilidad para el modelo dinámico del talud modificado, según el método de Spencer. Fuente: Software Slide.



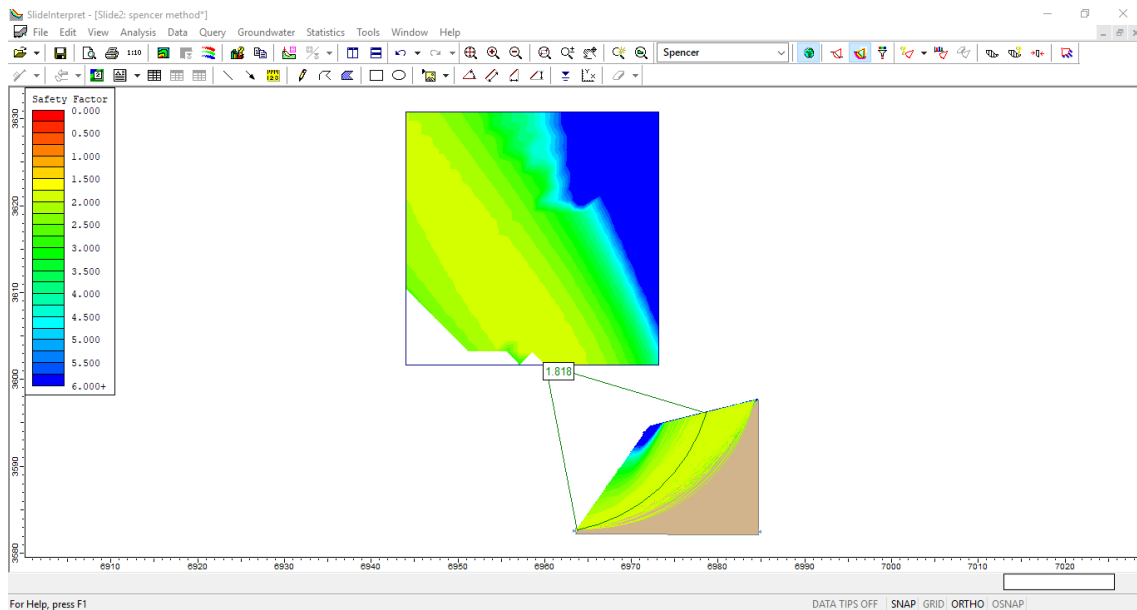
**Anexo 173** Análisis de la estabilidad para el modelo estático para el talud modificado, según el método de Bishop simplificado. Fuente: Software Slide.



**Anexo 174** Análisis de la estabilidad para el modelo estático para el talud modificado según el método de Janbu simplificado. Fuente: Software Slide.



**Anexo 175** Análisis de la estabilidad para el modelo dinámico del talud modificado, según el método de Janbu corregido. Fuente: Software Slide.



***Anexo 176 Análisis de la estabilidad para el modelo estático del talud modificado, según el método de Spencer. Fuente: Software Slide.***

**ANEXO N° 7**  
**ANALISIS CON EL**  
**SOFTWARE**  
**SWEDGE**

**EGM2: KM 10+200-10+400**

Deterministic Input Data

Geometry Forces

	Dip (deg)	Dip Direction (deg)	Cohesion (t/m2)	Friction Angle (deg)
Joint Set 1	80	187	4.18	26.33
Joint Set 2	83	324	4.18	26.33
Upper Face	10	195		
Slope Face	85	253		

Tension Crack

Dip (deg) 70  
Dip Direction (deg) 165  
Trace Length (m) 0

Slope Properties

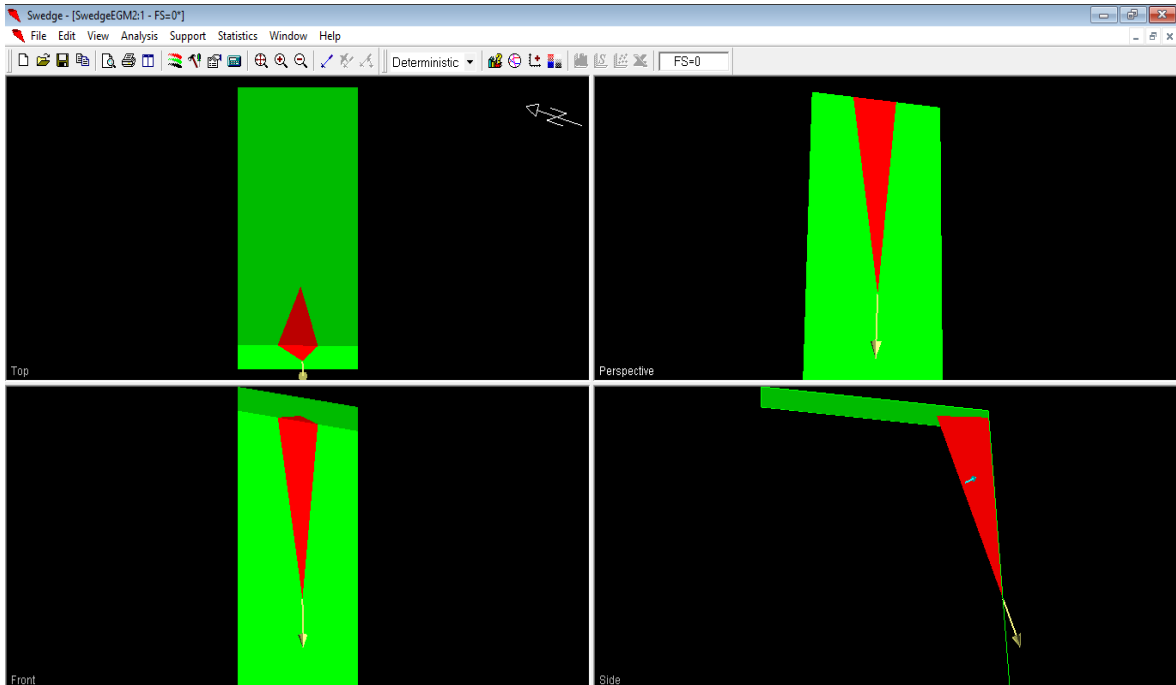
Slope Height (m) 15  
Unit Weight (t/m3) 2.11  
 Bench Width (m) 200  
 Overhanging

Distance in meters  
Force in Tonnes (1000 kg)

Safety Factor = 0  
Wedge Weight = 94.0139 tonnes  
Contact Lost on Both Planes

Aceptar Cancelar Aplicar

*Anexo 177 Ingreso de la data referente a la cuña y al talud del km 10+200-10+400. Fuente: Software Swedge.*



*Anexo 178 vistas de la cuña del talud del km 10+200-10+400. Fuente: Software Swedge.*

**EGM3: KM 10+400-10+600**

Deterministic Input Data

Geometry Forces

	Dip (deg)	Dip Direction (deg)	Cohesion (t/m <sup>2</sup> )	Friction Angle (deg)
Joint Set 1	80	271	4.18	26.33
Joint Set 2	79	236	4.18	26.33
Upper Face	10	243		
Slope Face	85	243		

Tension Crack

Dip (deg) 70  
 Dip Direction (deg) 165  
 Trace Length (m) 0

Slope Properties

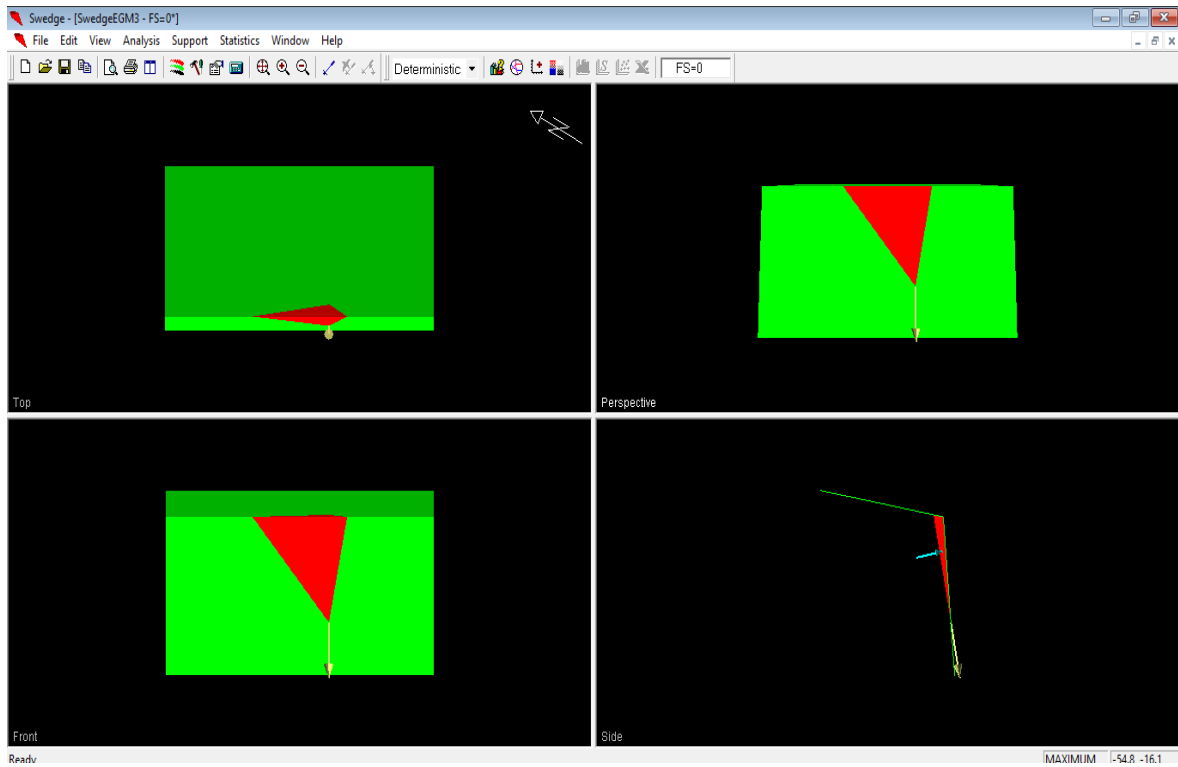
Slope Height (m) 15  
 Unit Weight (t/m<sup>3</sup>) 2.11  
 Bench Width (m) 200  
 Overhanging

Distance in meters  
 Force in Tonnes (1000 kg)

Safety Factor = 0  
 Wedge Weight = 144.384 tonnes  
 Contact Lost on Both Planes

Aceptar Cancelar Aplicar

*Anexo 179 Ingreso de la data referente a la cuña y al talud del km 10+400-10+600. Fuente: Software Swedge.*



*Anexo 180 vistas de la cuña del talud del km 10+400-10+600. Fuente: Software Swedge.*

**EGM4: KM 10+600-10+800**

Deterministic Input Data ? ▲ ✕

Geometry | Forces

	Dip (deg)	Dip Direction (deg)	Cohesion (t/m <sup>2</sup> )	Friction Angle (deg)
Joint Set 1	79	274	4.18	26.33
Joint Set 2	83	169	4.18	26.33
Upper Face	10	195		
Slope Face	85	237		

Tension Crack

Dip (deg)

Dip Direction (deg)

Trace Length (m)

Slope Properties

Slope Height (m)

Unit Weight (t/m<sup>3</sup>)

Bench Width (m)

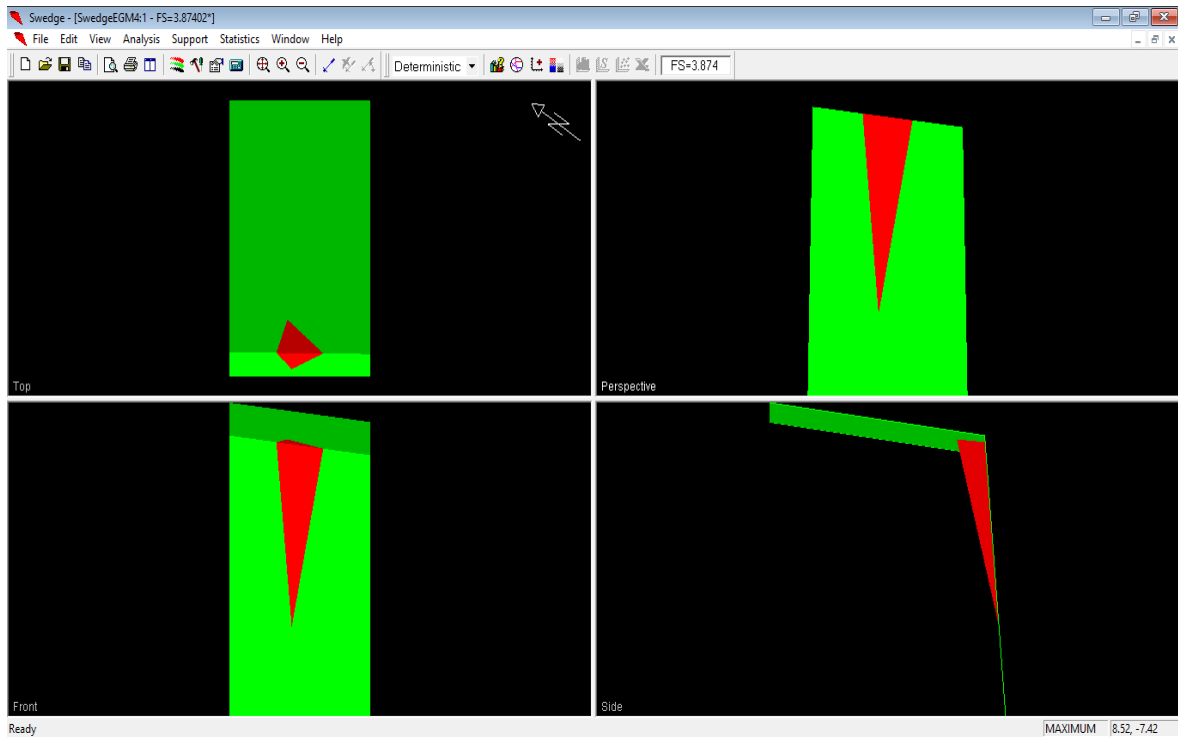
Overhanging

Distance in meters  
Force in Tonnes (1000 kg)

Safety Factor = 3.87402  
Wedge Weight = 69.1216 tonnes  
Sliding on Line of Intersection:  
Trend = 231.327 Plunge = 75.191

Aceptar Cancelar Aplicar

*Anexo 181 Ingreso de la data referente a la cuña y al talud del km 10+600-10+800. Fuente: Software Swedge.*



*Anexo 182 vistas de la cuña del talud del km 10+600-10+800. Fuente: Software Swedge.*

**EGM5: KM 10+800-10+1000**

Deterministic Input Data

Geometry Forces

	Dip (deg)	Dip Direction (deg)	Cohesion (t/m <sup>2</sup> )	Friction Angle (deg)
Joint Set 1	87	284	4.18	26.33
Joint Set 2	68	271	4.18	26.33
Upper Face	10	235		
Slope Face	85	235		

Tension Crack  
 Dip (deg) 70  
 Dip Direction (deg) 165  
 Trace Length (m) 0

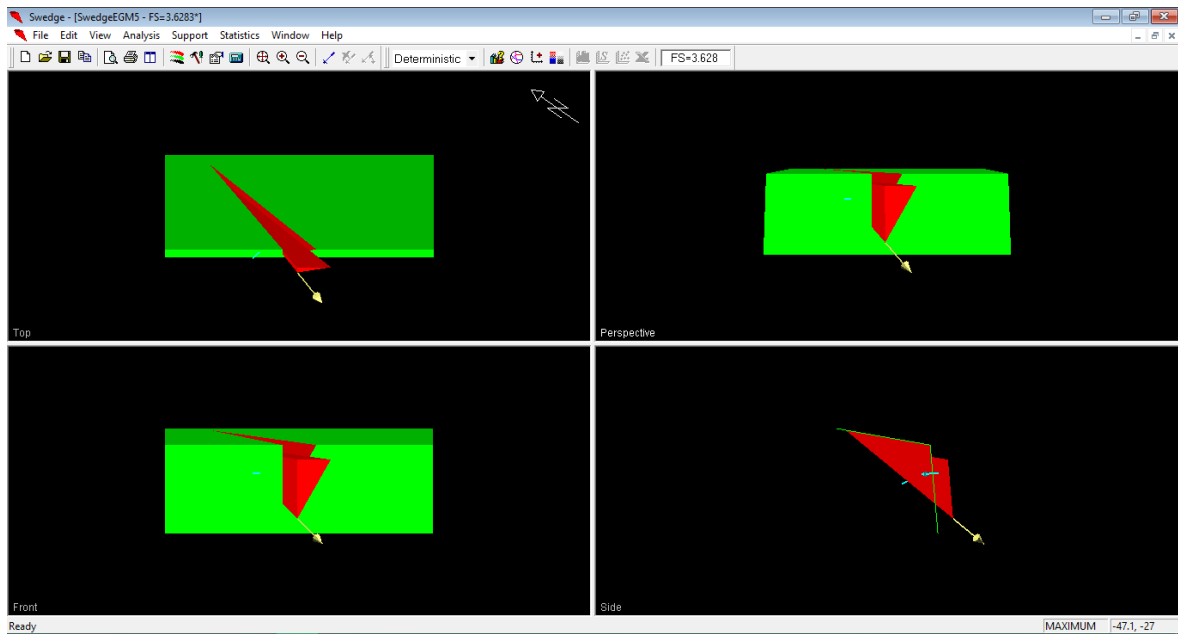
Slope Properties  
 Slope Height (m) 15  
 Unit Weight (t/m<sup>3</sup>) 2.1  
 Bench Width (m) 200  
 Overhanging

Distance in meters  
 Force in Tonnes (1000 kg)

Safety Factor = 3.6283  
 Wedge Weight = 960.995 tonnes  
 Sliding on Line of Intersection:  
 Trend = 195.913 Plunge = 32.4959

Aceptar Cancelar Aplicar

*Anexo 183 Ingreso de la data referente a la cuña y al talud del km 10+800-10+1000. Fuente: Software Swedge.*



*Anexo 184 vistas de la cuña del talud del km 10+800-10+1000. Fuente: Software Swedge.*



**EGM6: KM 11+00-11+200**

Deterministic Input Data

Geometry Forces

	Dip (deg)	Dip Direction (deg)	Cohesion (t/m2)	Friction Angle (deg)
Joint Set 1	85	128	4.18	26.33
Joint Set 2	84	275	4.18	26.33
Upper Face	10	219		
Slope Face	79	219		

Tension Crack

Dip (deg) 70  
Dip Direction (deg) 165  
Trace Length (m) 0

Slope Properties

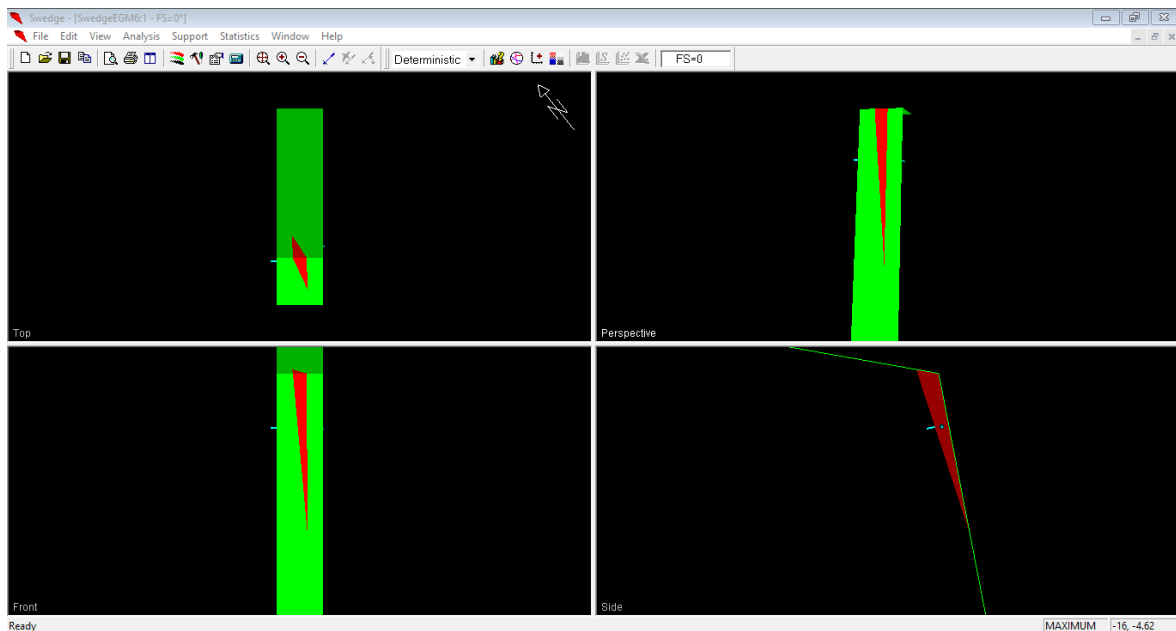
Slope Height (m) 15  
Unit Weight (t/m3) 2.11  
 Bench Width (m) 200  
 Overhanging

Distance in meters  
Force in Tonnes (1000 kg)

Safety Factor = 0  
Wedge Weight = 13.8687 tonnes  
Contact Lost on Both Planes

Aceptar Cancelar Aplicar

*Anexo 185 Ingreso de la data referente a la cuña y al talud del km 11+00-11+200. Fuente: Software Swedge.*



*Anexo 186 vistas de la cuña del talud del km 11+00-11+200. Fuente: Software Swedge.*

**EGM7: KM 11+200-11+400**

Deterministic Input Data

Geometry | Forces

	Dip (deg)	Dip Direction (deg)	Cohesion (t/m2)	Friction Angle (deg)
Joint Set 1	72	272	4.18	26.33
Joint Set 2	85	179	4.18	26.33
Upper Face	10	220		
Slope Face	85	220		

Tension Crack

Dip (deg)

Dip Direction (deg)

Trace Length (m)

Slope Properties

Slope Height (m)

Unit Weight (t/m3)

Bench Width (m)

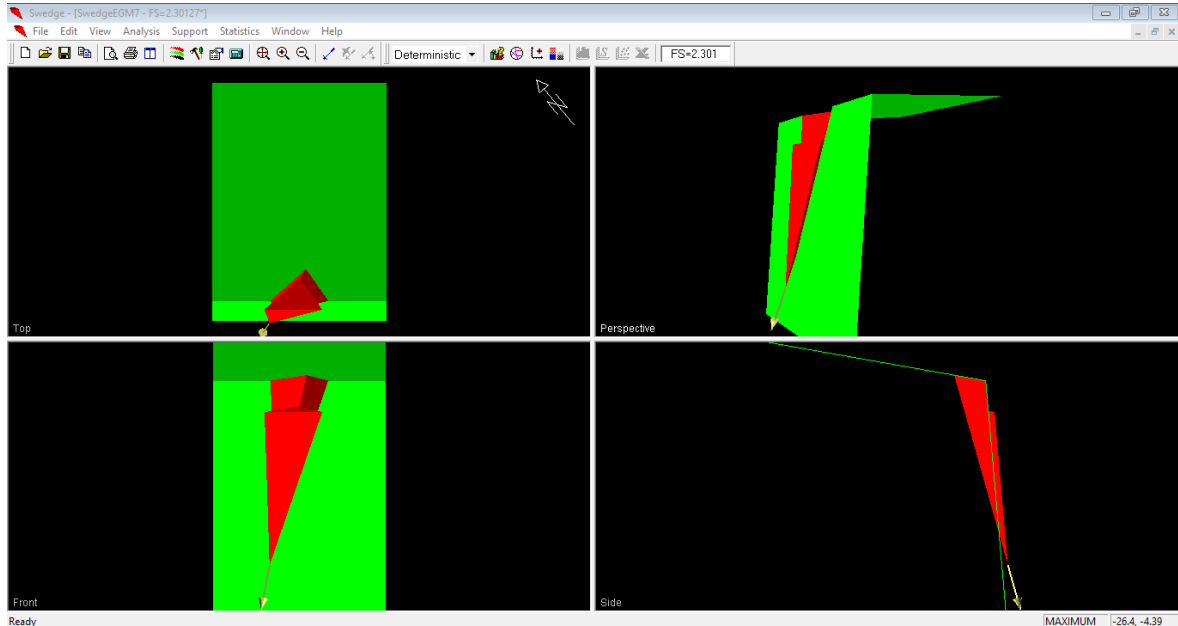
Overhanging

Distance in meters  
Force in Tonnes (1000 kg)

Safety Factor = 2.30127  
Wedge Weight = 90.3385 tonnes  
Sliding on Line of Intersection:  
Trend = 254.149 Plunge = 71.1525

Aceptar Cancelar Aplicar

*Anexo 187 Ingreso de la data referente a la cuña y al talud del km 11+200-11+400. Fuente: Software Swedge.*



*Anexo 188 vistas de la cuña del talud del km 11+200-11+400. Fuente: Software Swedge.*

**EGM8: KM 11+400-11+600**

Deterministic Input Data

Geometry | Forces

	Dip (deg)	Dip Direction (deg)	Cohesion (t/m2)	Friction Angle (deg)
Joint Set 1	79	278	34.6	63.3
Joint Set 2	77	185	34.6	63.3
Upper Face	10	210		
Slope Face	85	210		

Tension Crack

Dip (deg) 70  
Dip Direction (deg) 165  
Trace Length (m) 0

Slope Properties

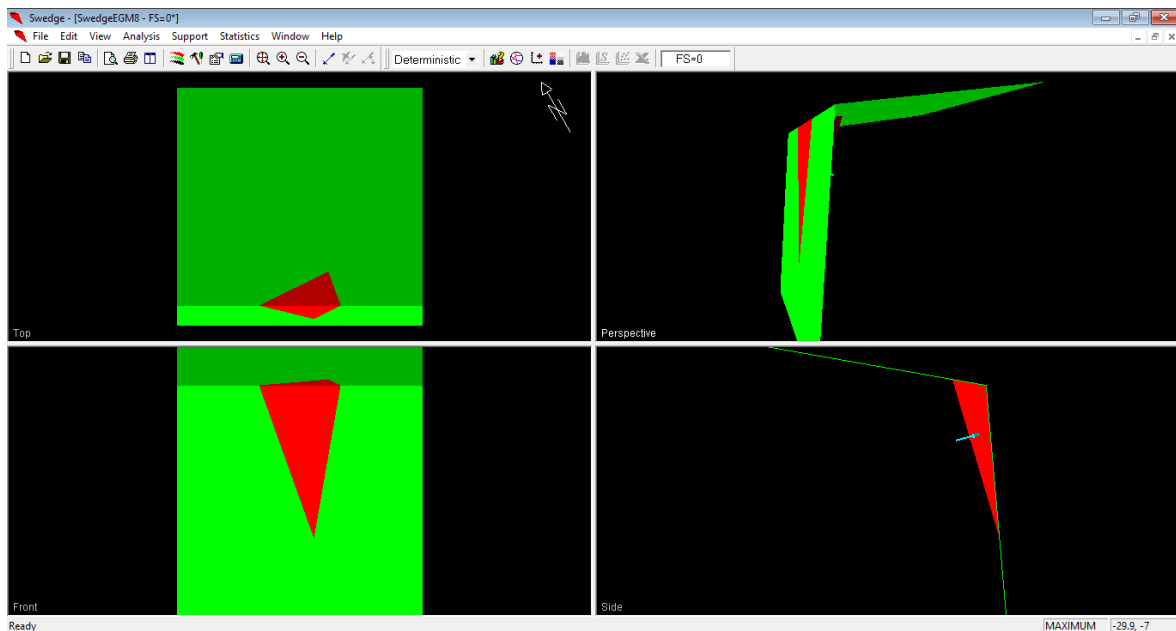
Slope Height (m) 15  
Unit Weight (t/m3) 2.11  
 Bench Width (m) 200  
 Overhanging

Safety Factor = 0  
Wedge Weight = 137.429 tonnes  
Contact Lost on Both Planes

Distance in meters  
Force in Tonnes (1000 kg)

Aceptar Cancelar Aplicar

*Anexo 189 Ingreso de la data referente a la cuña y al talud del km 11+400-11+600. Fuente: Software Swedge.*



*Anexo 190 vistas de la cuña del talud del km 11+400-11+600. Fuente: Software Swedge.*

**EGM9: KM 11+600-11+800**

**Deterministic Input Data** ? ▲ ✕

Geometry Forces

	Dip (deg)	Dip Direction (deg)	Cohesion (t/m2)	Friction Angle (deg)
Joint Set 1	72	280	34.6	63.3
Joint Set 2	75	172	34.6	63.3
Upper Face	10	219		
Slope Face	85	219		

Tension Crack

Dip (deg)

Dip Direction (deg)

Trace Length (m)

Slope Properties

Slope Height (m)

Unit Weight (t/m3)

Bench Width (m)

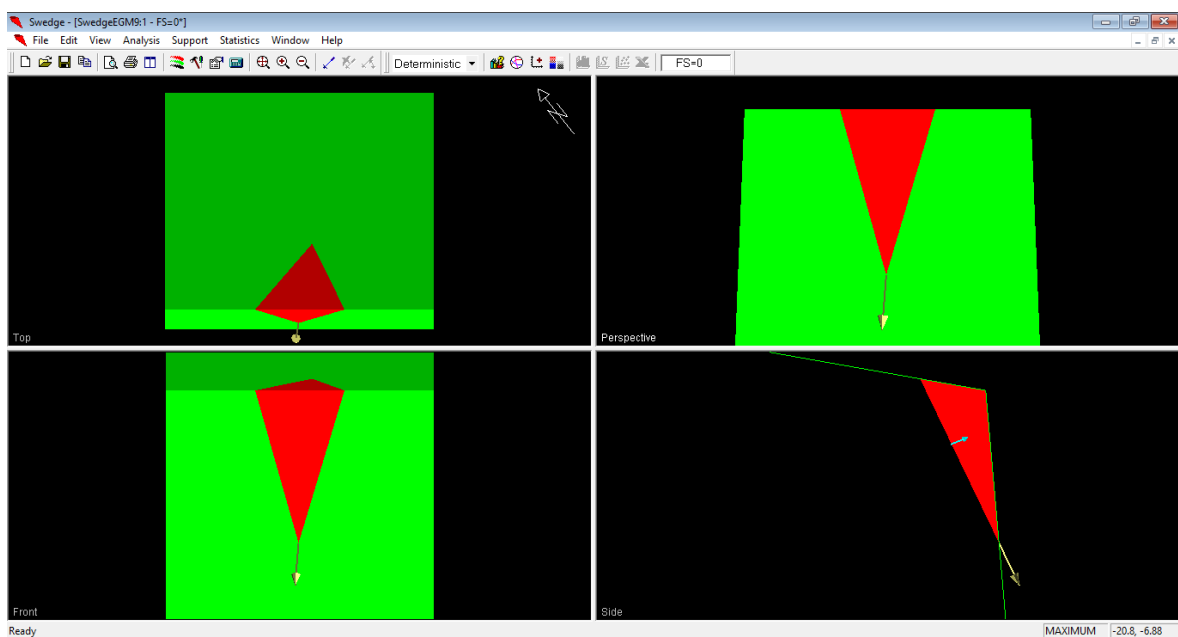
Overhanging

Safety Factor = 0  
Wedge Weight = 251.474 tonnes  
Contact Lost on Both Planes

Distance in meters  
Force in Tonnes (1000 kg)

Aceptar Cancelar Aplicar

*Anexo 191 Ingreso de la data referente a la cuña y al talud del km 11+600-11+800.  
Fuente: Software Swedge.*



Anexo 192 vistas de la cuña del talud del km 11+600-11+800. Fuente: Software Swedge.

### EGM10: KM 11+800-11+1000

Deterministic Input Data

Geometry Forces

	Dip (deg)	Dip Direction (deg)	Cohesion (t/m <sup>2</sup> )	Friction Angle (deg)
Joint Set 1	80	179	34.6	63.3
Joint Set 2	79	284	34.6	63.3
Upper Face	10	222		
Slope Face	85	222		

Tension Crack

Dip (deg) 70  
Dip Direction (deg) 165  
Trace Length (m) 0

Slope Properties

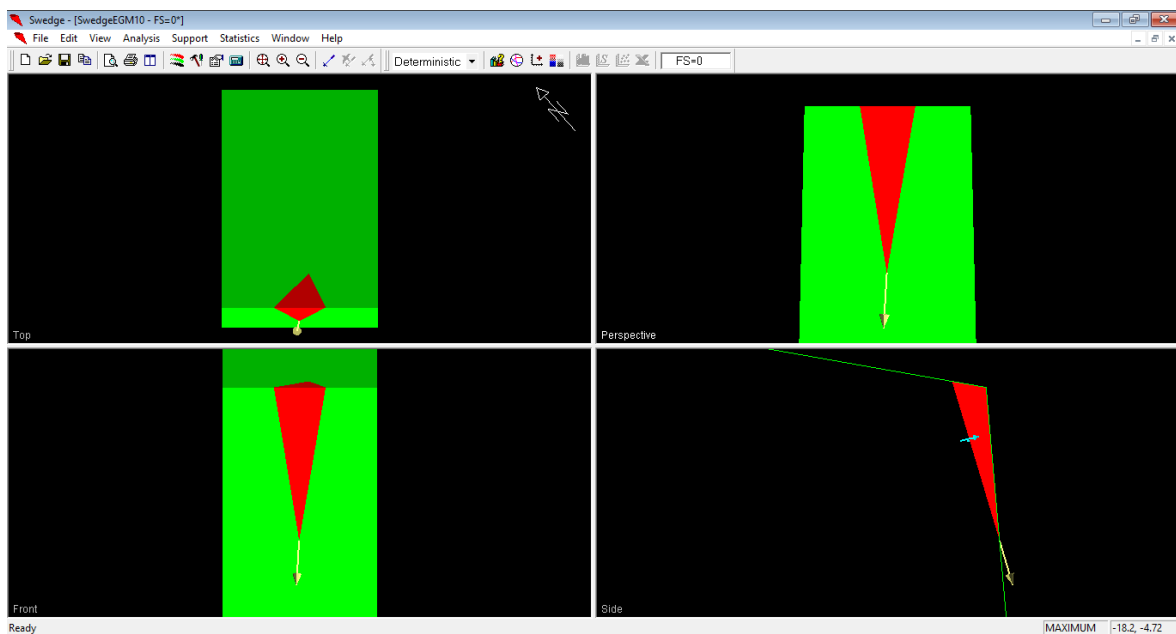
Slope Height (m) 15  
Unit Weight (t/m<sup>3</sup>) 1.8  
 Bench Width (m) 3.39127  
 Overhanging

Safety Factor = 0  
Wedge Weight = 75.0999 tonnes  
Contact Lost on Both Planes

Distance in meters  
Force in Tonnes (1000 kg)

Aceptar Cancelar Aplicar

Anexo 193 Ingreso de la data referente a la cuña y al talud del km 11+800-11+1000. Fuente: Software Swedge.



*Anexo 194 vistas de la cuña del talud del km 11+800-11+1000. Fuente: Software Swedge.*

**EGM12: KM 12+200-12+400**

Deterministic Input Data

Geometry Forces

	Dip (deg)	Dip Direction (deg)	Cohesion (t/m2)	Friction Angle (deg)
Joint Set 1	84	289	34.6	63.3
Joint Set 2	38	273	34.6	63.3
Upper Face	10	248		
Slope Face	85	248		

Tension Crack

Dip (deg) 70  
Dip Direction (deg) 165  
Trace Length (m) 0

Slope Properties

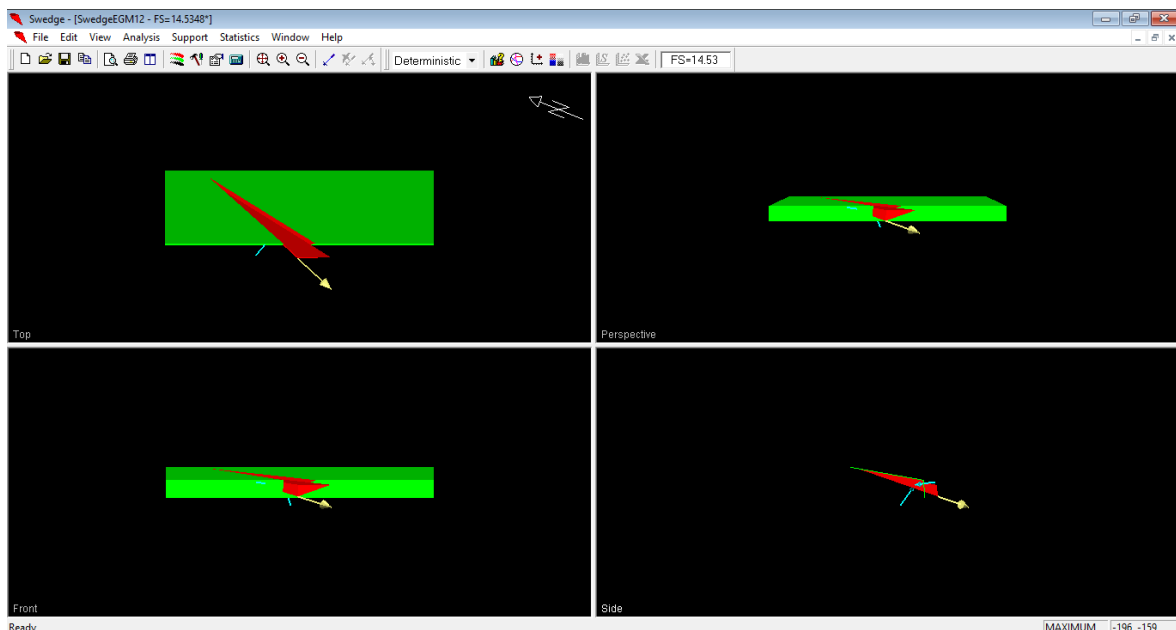
Slope Height (m) 15  
Unit Weight (t/m3) 1.8  
 Bench Width (m) 200  
 Overhanging

Distance in meters  
Force in Tonnes (1000 kg)

Safety Factor = 14.5348  
Wedge Weight = 15791.8 tonnes  
Sliding on Line of Intersection:  
Trend = 200.408 Plunge = 13.1559

Aceptar Cancelar Aplicar

*Anexo 195 Ingreso de la data referente a la cuña y al talud del km 12+200-12+400. Fuente: Software Swedge.*



*Anexo 196 vistas de la cuña del talud del km 12+200-12+400. Fuente: Software Swedge.*

**EGM15: KM 12+800-12+1000**

Deterministic Input Data

Geometry | Forces

	Dip (deg)	Dip Direction (deg)	Cohesion (t/m2)	Friction Angle (deg)
Joint Set 1	47	278	4.7	29.74
Joint Set 2	69	285	4.7	29.74
Upper Face	10	233		
Slope Face	85	233		

Tension Crack

Dip (deg) 70  
Dip Direction (deg) 165  
Trace Length (m) 0

Slope Properties

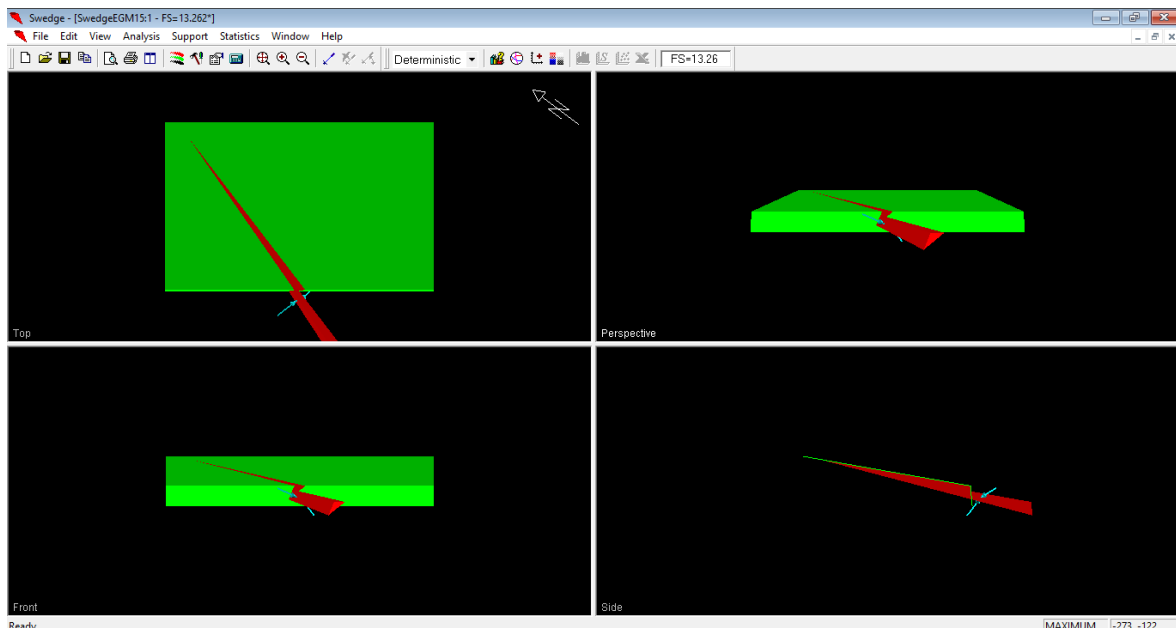
Slope Height (m) 15  
Unit Weight (t/m3) 2.1789  
 Bench Width (m) 200  
 Overhanging

Distance in meters  
Force in Tonnes (1000 kg)

Safety Factor = 13.262  
Wedge Weight = 11053.3 tonnes  
Sliding on Line of Intersection:  
Trend = 199.848 Plunge = 12.4174

Aceptar Cancelar Aplicar

*Anexo 197 Ingreso de la data referente a la cuña y al talud del km 11+800-12+1000. Fuente: Software Swedge.*



*Anexo 198 vistas de la cuña del talud del km 12+800-12+1000. Fuente: Software Swedge.*

**EGM17: KM 13+200-13+400**

	Dip (deg)	Dip Direction (deg)	Cohesion (t/m2)	Friction Angle (deg)
Joint Set 1	81	238	4.7	29.74
Joint Set 2	87	284	4.7	29.74
Upper Face	10	224		
Slope Face	85	224		

Tension Crack

Dip (deg)

Dip Direction (deg)

Trace Length (m)

Slope Properties

Slope Height (m)

Unit Weight (t/m3)

Bench Width (m)

Overhanging

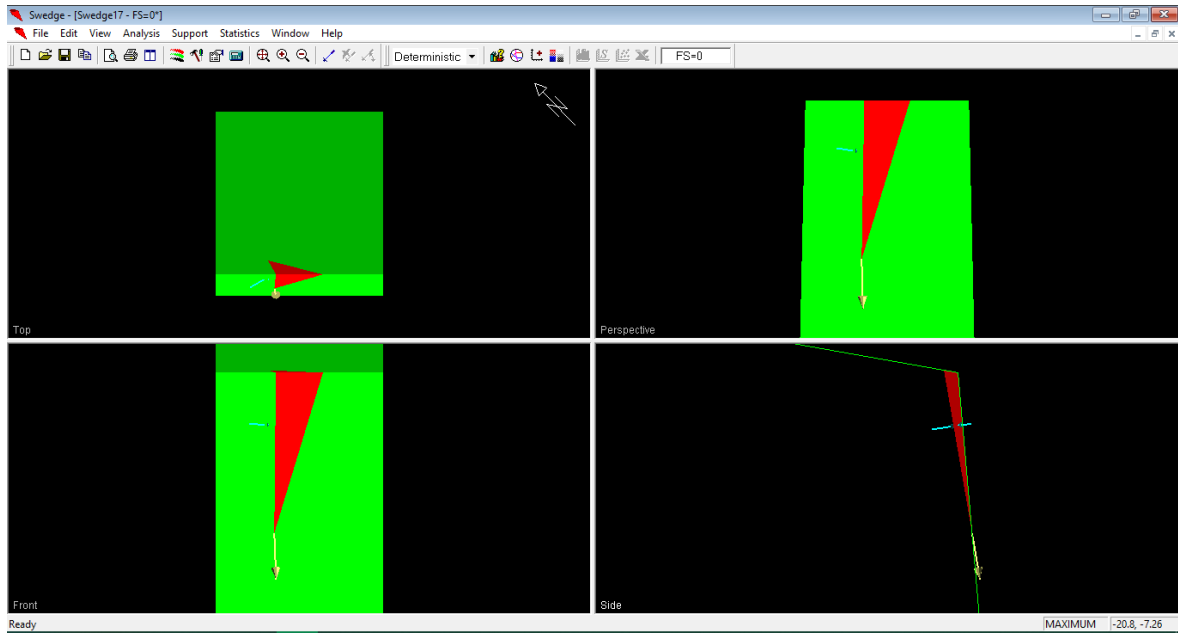
Safety Factor = 0  
Wedge Weight = 31.2907 tonnes  
Contact Lost on Both Planes

Distance in meters  
Force in Tonnes (1000 kg)

Aceptar Cancelar Aplicar

*Anexo 199 Ingreso de la data referente a la cuña y al talud del km 13+200-13+400. Fuente: Software Swedge.*





*Anexo 200 vistas de la cuña del talud del km 13+200-13+400. Fuente: Software Swedge.*

**EGM19: KM 13+600-13+800**

Deterministic Input Data

Geometry Forces

	Dip (deg)	Dip Direction (deg)	Cohesion (t/m <sup>2</sup> )	Friction Angle (deg)
Joint Set 1	81	237	4.7	29.74
Joint Set 2	72	286	4.7	29.74
Upper Face	10	253		
Slope Face	85	253		

Tension Crack

Dip (deg) 70  
Dip Direction (deg) 165  
Trace Length (m) 0

Slope Properties

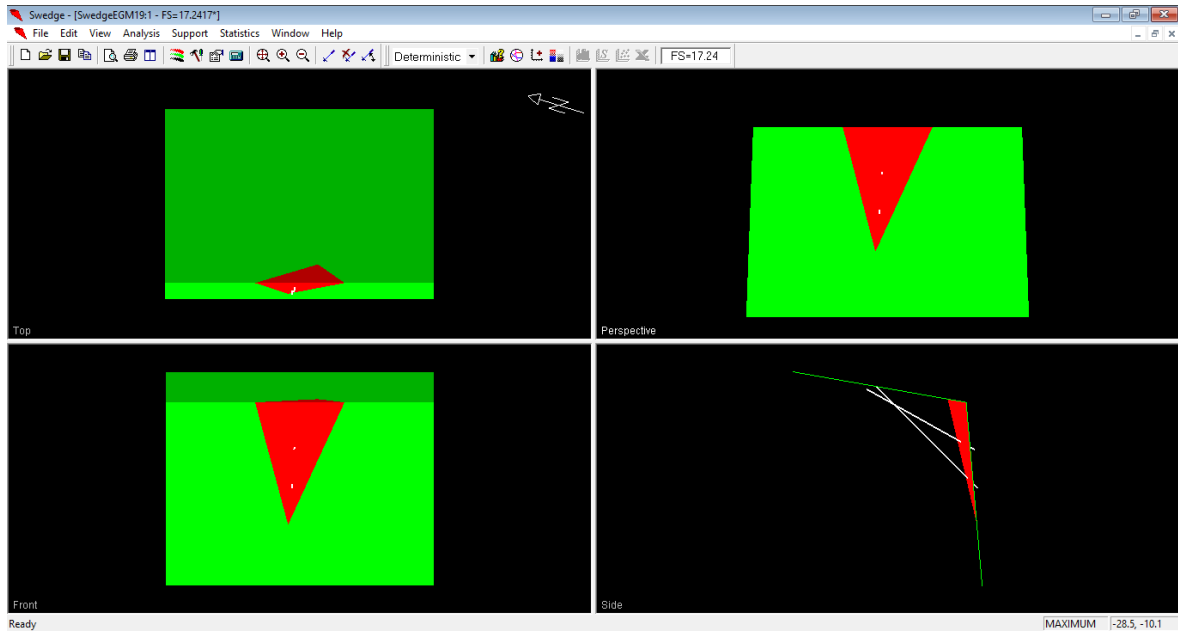
Slope Height (m) 15  
Unit Weight (t/m<sup>3</sup>) 2.1  
 Bench Width (m) 200  
 Overhanging

Distance in meters  
Force in Tonnes (1000 kg)

Safety Factor = 17.2417  
Wedge Weight = 129.043 tonnes  
Sliding on Line of Intersection:  
Trend = 298.593 Plunge = 71.5859

Aceptar Cancelar Aplicar

*Anexo 201 Ingreso de la data referente a la cuña y al talud del km 13+600-13+800. Fuente: Software Swedge.*



*Anexo 202 vistas de la cuña del talud del km 13+600-13+800. Fuente: Software Swedge.*

### EGM21: KM 14+00-14+200

Deterministic Input Data

Geometry | Forces

	Dip (deg)	Dip Direction (deg)	Cohesion (t/m <sup>2</sup> )	Friction Angle (deg)
Joint Set 1	78	144	4.7	29.74
Joint Set 2	62	285	4.7	29.74
Upper Face	10	225		
Slope Face	85	225		

Tension Crack

Dip (deg)

Dip Direction (deg)

Trace Length (m)

Slope Properties

Slope Height (m)

Unit Weight (t/m<sup>3</sup>)

Bench Width (m)

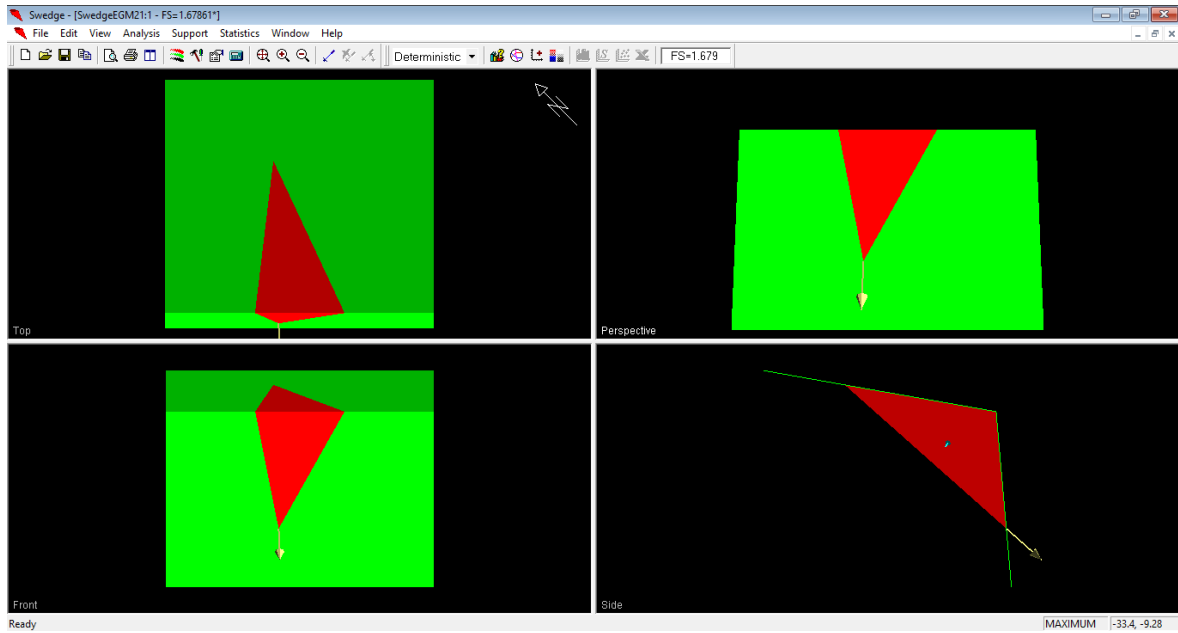
Overhanging

Safety Factor = 1.67861  
Wedge Weight = 1153.94 tonnes  
Sliding on Line of Intersection:  
Trend = 223.134 Plunge = 41.568

Distance in meters  
Force in Tonnes (1000 kg)

Aceptar Cancelar Aplicar

*Anexo 203 Ingreso de la data referente a la cuña y al talud del km 14+00-14+200. Fuente: Software Swedge.*



*Anexo 204 vistas de la cuña del talud del km 14+00-14+200. Fuente: Software Swedge.*

### EGM23: KM 14+800-KM 15

Deterministic Input Data

Geometry | Forces

	Dip (deg)	Dip Direction (deg)	Cohesion (t/m <sup>2</sup> )	Friction Angle (deg)
Joint Set 1	33	256	4.7	29.74
Joint Set 2	23	147	4.7	29.74
Upper Face	10	238		
Slope Face	85	238		

Tension Crack

Dip (deg)

Dip Direction (deg)

Trace Length (m)

Distance in meters  
Force in Tonnes (1000 kg)

Slope Properties

Slope Height (m)

Unit Weight (t/m<sup>3</sup>)

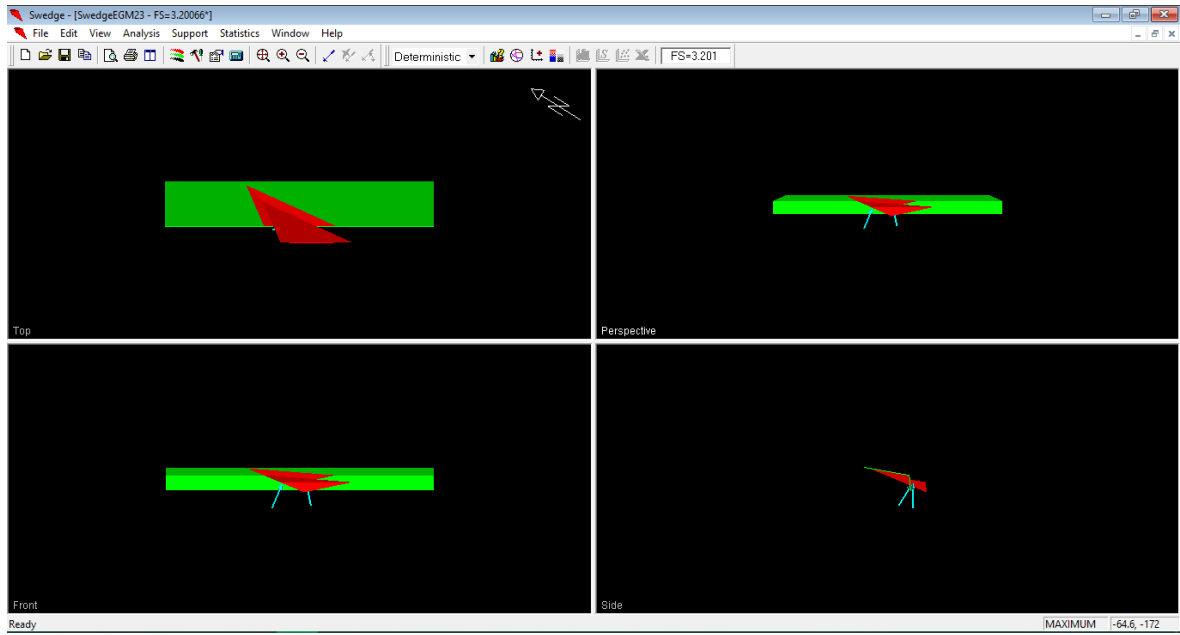
Bench Width (m)

Overhanging

Safety Factor = 3.20066  
Wedge Weight = 32931.1 tonnes  
Sliding on Line of Intersection:  
Trend = 193.003 Plunge = 16.4282

Aceptar Cancelar Aplicar

*Anexo 205 Ingreso de la data referente a la cuña y al talud del km 14+800- km 15. Fuente: Software Swedge.*



*Anexo 206 vistas de la cuña del talud del km 14+800-km 15. Fuente: Software Swedge.*

# **ANEXO N° 8**

# **ANALISIS CON EL**

# **SOFTWARE**

# **ROCPLANE**

**EGM11: KM 12+00-12+200**

Deterministic Input Data

Geometry | Strength | Forces

Slope

Angle (deg): 85

Height (m): 15

Unit Weight (t/m3): 1.8

Failure Plane

Angle (deg): 74

Waviness (deg): 0

\* Waviness = [Avg. Angle] - [Min. Angle]

Tension Crack

Angle (deg): 90

Minimum FS Location

Specify Location

Distance from Crest (m): 0

Upper Face

Angle (deg): 10

Bench Analysis

Width (m): 200

Safety Factor = 0  
Wedge Weight = 41.8426 tonnes/m  
Normal Force = 0 tonnes/m  
Resisting = 0 tonnes/m  
Driving = 45.4117 tonnes/m

Distance in meters  
Force in Tonnes (1000 kg)

Aceptar Cancelar Aplicar

**Anexo 207 Ingreso de la data referente a la falla planar y al talud del km 12+00-12+200. Fuente: Software RocPlane**

Deterministic Input Data

Geometry | Strength | Forces

Shear Strength Model:

Mohr-Coulomb  $\tau = c + \sigma_n \tan \phi$

Friction Angle (deg): 63.3

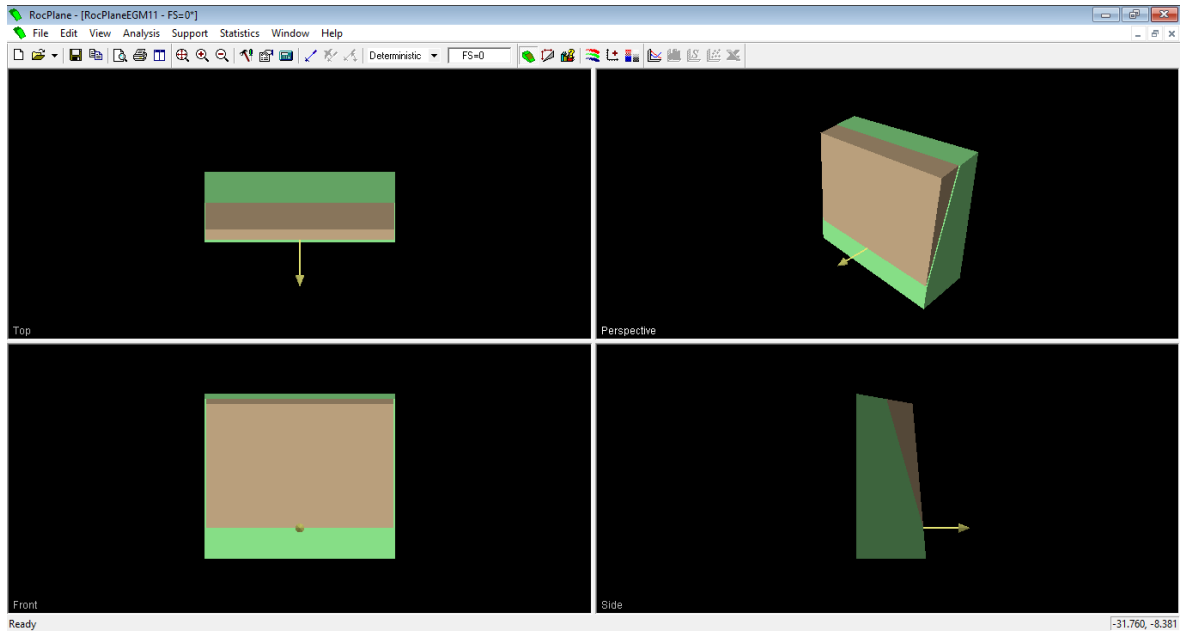
Cohesion (t/m2): 34.6

Safety Factor = 0  
Wedge Weight = 41.8426 tonnes/m  
Normal Force = 0 tonnes/m  
Resisting = 0 tonnes/m  
Driving = 45.4117 tonnes/m

Distance in meters  
Force in Tonnes (1000 kg)

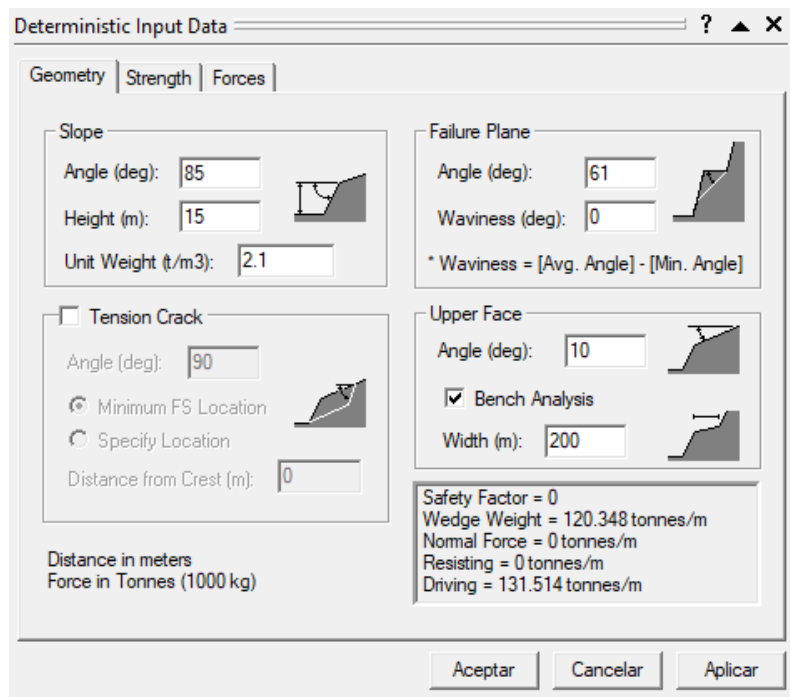
Aceptar Cancelar Aplicar

**Anexo 208 Ingreso de la data referente al criterio de Mohr – Coulomb del talud del km 12+00-12+200. Fuente: Software RocPlane**

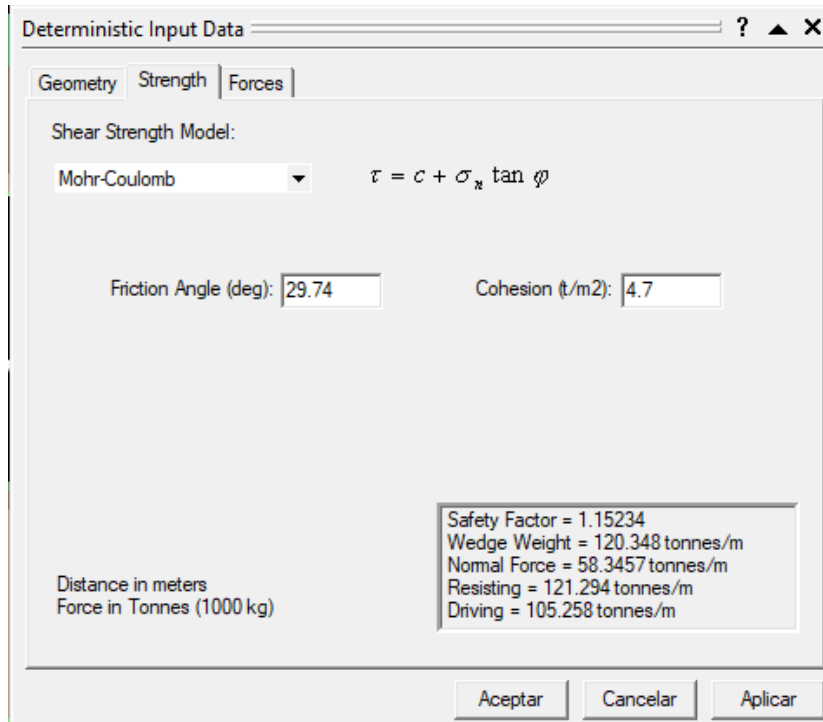


*Anexo 209 vistas de la falla planar del talud del km 12+00-12+200. Fuente: Software RocPlane.*

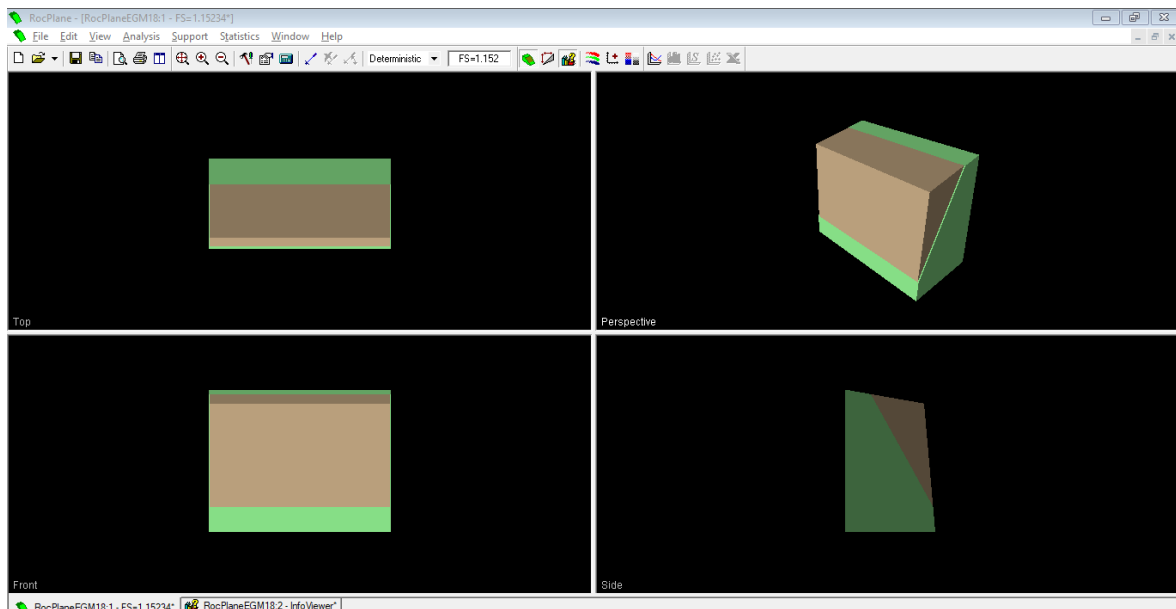
**EGM 18: KM 13+400-13+600**



*Anexo 210 Ingreso de la data referente a la falla planar y al talud del km 13+400-13+600. Fuente: Software RocPlane*



**Anexo 211 Ingreso de la data referente al criterio de Mohr – Coulomb del talud del km 13+400-13+600. Fuente: Software RocPlane**



**Anexo 212 vistas de la falla planar del talud del km 13+400-13+600. Fuente: Software RocPlane.**



EGM20: KM 13+800-14+00

Deterministic Input Data

Geometry | Strength | Forces

Slope  
 Angle (deg): 85  
 Height (m): 15  
 Unit Weight (t/m3): 2.1

Failure Plane  
 Angle (deg): 46  
 Waviness (deg): 0  
 \* Waviness = [Avg. Angle] - [Min. Angle]

Tension Crack  
 Angle (deg): 90  
 Minimum FS Location  
 Specify Location  
 Distance from Crest (m): 0

Upper Face  
 Angle (deg): 10  
 Bench Analysis  
 Width (m): 200

Safety Factor = 1.14454  
 Wedge Weight = 246.196 tonnes/m  
 Normal Force = 151.227 tonnes/m  
 Resisting = 202.695 tonnes/m  
 Driving = 177.098 tonnes/m

Distance in meters  
 Force in Tonnes (1000 kg)

Aceptar Cancelar Aplicar

Anexo 213 Ingreso de la data referente a la falla planar y al talud del km 13+800-14+00. Fuente: Software RocPlane

Deterministic Input Data

Geometry | Strength | Forces

Shear Strength Model:  
 Mohr-Coulomb  $\tau = c + \sigma_n \tan \phi$

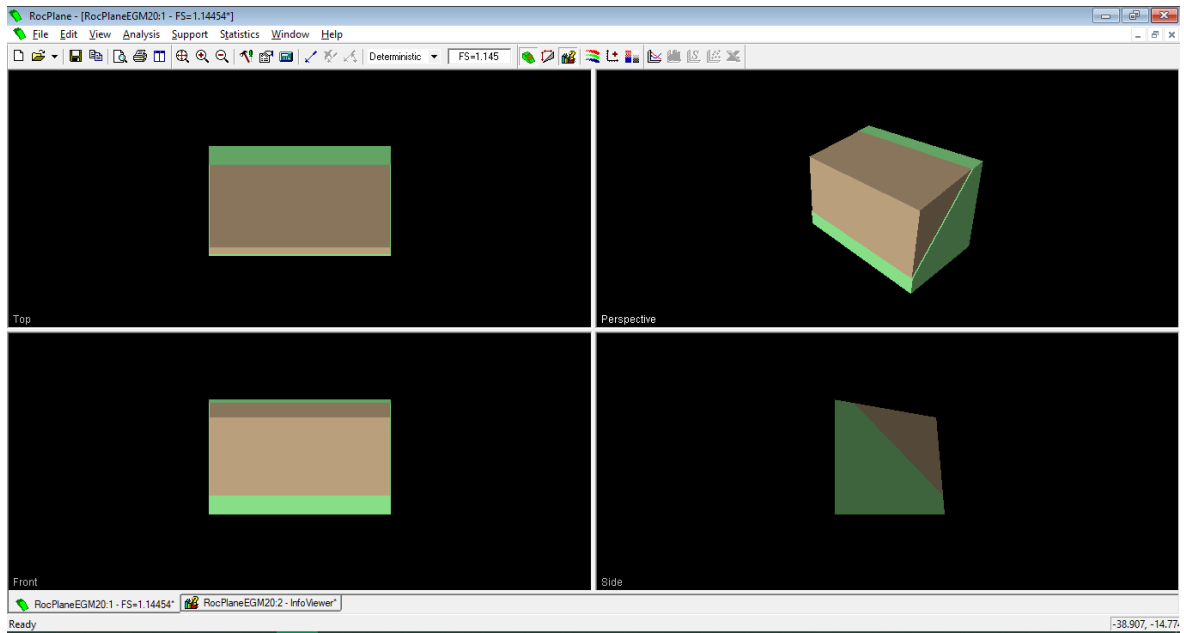
Friction Angle (deg): 29.74  
 Cohesion (t/m2): 4.7

Safety Factor = 1.14454  
 Wedge Weight = 246.196 tonnes/m  
 Normal Force = 151.227 tonnes/m  
 Resisting = 202.695 tonnes/m  
 Driving = 177.098 tonnes/m

Distance in meters  
 Force in Tonnes (1000 kg)

Aceptar Cancelar Aplicar

Anexo 214 Ingreso de la data referente al criterio de Mohr – Coulomb del talud del km 13+800-14+00. Fuente: Software RocPlane



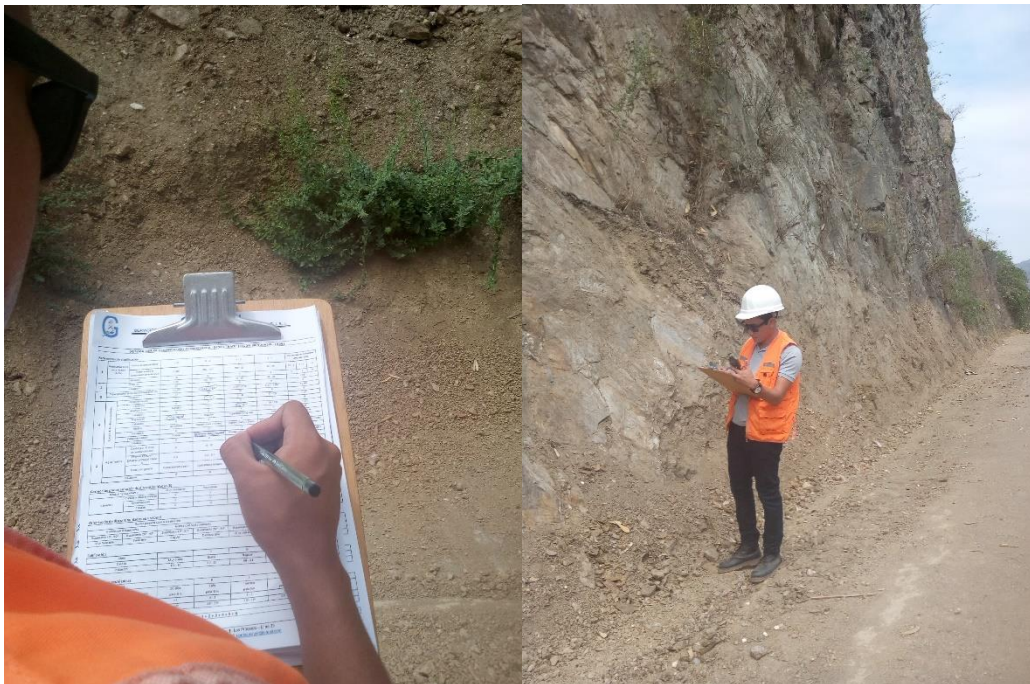
*Anexo 215 vistas de la falla planar del talud del km 13+800-14+00. Fuente: Software RocPlane.*

# **ANEXO N° 9**

# **FOTOGRAFIAS**

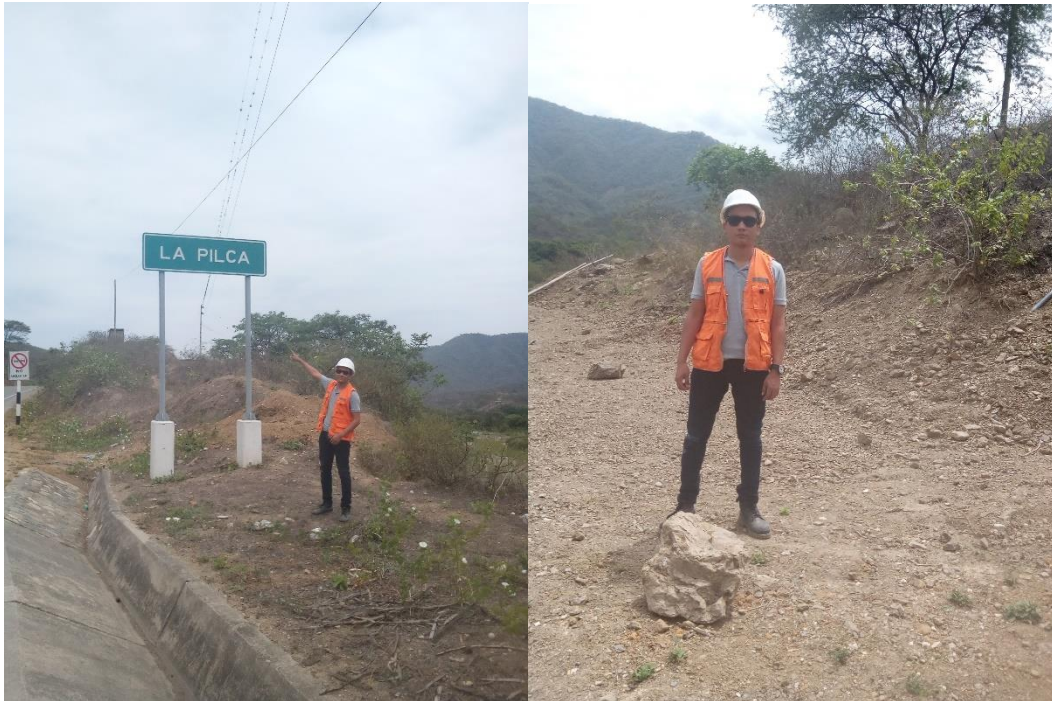


**Anexo 216 Toma de datos con la brújula en campo. Fuente: Propia.**



**Anexo 217 Toma de datos de RMR. Fuente: Propia.**

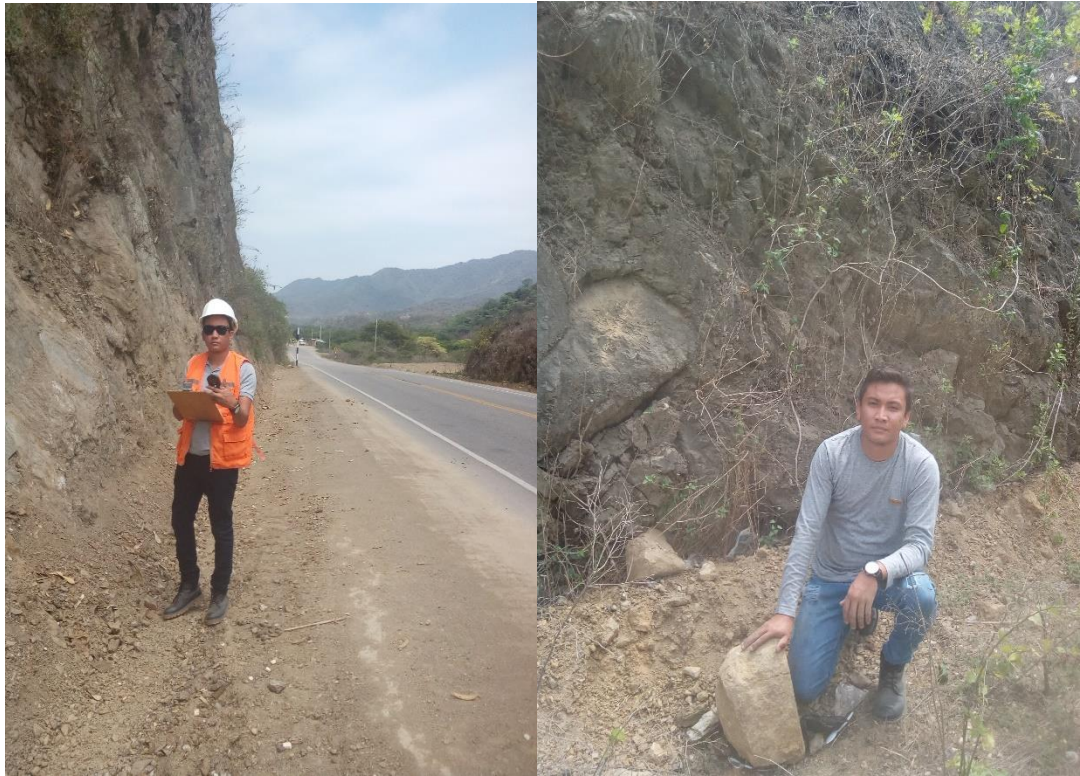




*Anexo 218 Sector la pilca y toma de muestras para su análisis en laboratorio. Fuente: Propia.*







***Anexo 219 Toma de datos y de muestras en campo. Fuente: Propia.***



***Anexo 220 Derrumbes en los taludes del sector La Pilca. Fuente: Propia***





*Anexo 221 Derrumbes en los taludes del sector La Pilca. Fuente: Propia*



*Anexo 222 Taludes en el sector La Pilca. Fuente: Propia.*





*Anexo 223 Herramientas utilizadas en campo. Fuente: Propia.*



*Anexo 224 Testigos antes de ser sometidos a ensayo de carga puntual. Fuente: Propia.*





*Anexo 225 Testigos obtenidos por medio de la perforación. Fuente: propia.*



*Anexo 226 aplicación del ensayo de carga puntual para muestras irregulares y testigo de roca. Fuente: Propia.*



*Anexo 227 Medición de las muestras y aplicación de carga, Fuente: propia.*



*Anexo 228 Muestra ya sometida al ensayo de carga puntual. Fuente: propia.*





*Anexo 229 Cortando los testigos al tamaño requerido para ensayo de carga puntual. Fuente: Propia.*



*Anexo 230 Ejecutando un ensayo de carga puntual. Fuente: Propia.*



*Anexo 231 Muestras ya sometidas a ensayos de carga puntual. Fuente: Propia.*



*Anexo 232 Empleando la maquina extractora de testigos. Fuente: Propia.*





*Anexo 233 Realizando la medicion del diametro de los testigos. Fuente: Propia.*

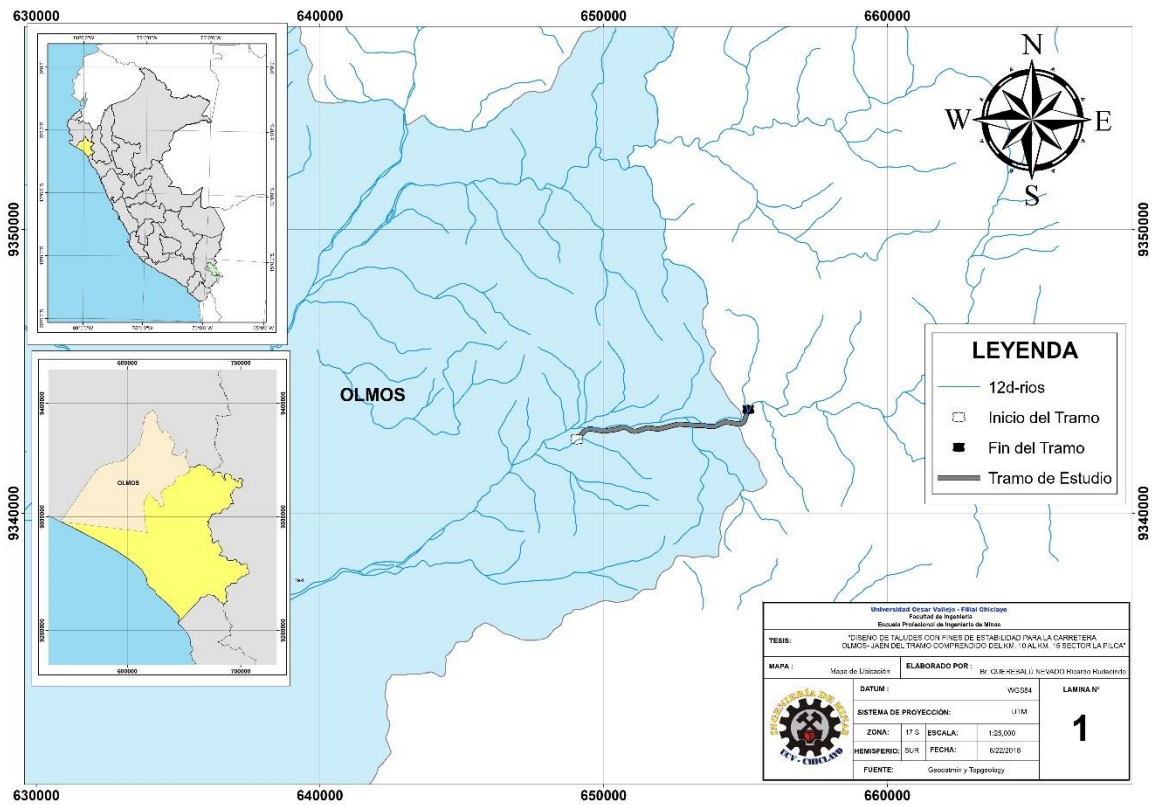


*Anexo 234 Ensayo de propiedades físicas. Fuente: Propia.*

# **ANEXO N°10**

# **PLANOS**

# Mapa de ubicación






# Mapa geológico



# AUTORIZACION DE PUBLICACIÓN DE TESIS EN REPOSITORIO INSTITUCIONAL UCV

	<b>AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN DE TESIS EN REPOSITORIO INSTITUCIONAL UCV</b>	Código : F08-PP-PR-02.02 Versión : 07 Fecha : 31-03-2017 Página : 1 de 1
---	--	---

Yo Ricardo Rudecindo Querebaló Nevado, identificado con DNI N° 73218435, egresado de la Escuela Profesional de Ingeniería de Minas de la Universidad César Vallejo, autorizo  , No autorizo ( ) la divulgación y comunicación pública de mi trabajo de investigación titulado "DISEÑO DE TALUDES CON FINES DE ESTABILIDAD PARA LA CARRETERA OLIVOS - JAÉN DEL TRAMO 10 Km AL 15 Km - SECTOR LA PILCA".

....."; en el Repositorio Institucional de la UCV (<http://repositorio.ucv.edu.pe/>), según lo estipulado en el Decreto Legislativo 822, Ley sobre Derecho de Autor, Art. 23 y Art. 33

Fundamentación en caso de no autorización:

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

  
 FIRMA

DNI: 73218435

FECHA: 18 de Marzo del 2019.

Elaboró	Dirección de Investigación	Revisó	Representante de la Dirección / Vicerrectorado de Investigación y Calidad	Aprobó	Rectorado
---------	----------------------------	--------	---	--------	-----------



**ACTA DE APROBACIÓN DE ORIGINALIDAD  
DE TESIS**

Código : F06-PP-PR-02.02  
Versión : 08  
Fecha : 12-09-2017  
Página : 1 de 11

Yo, **ANA MARÍA GUERRERO MILLONES** docente de la Facultad de INGENIERÍA y Escuela Profesional de INGENIERÍA DE MINAS de la Universidad César Vallejo CHICLAYO, revisor (a) de la tesis titulada

**"DISEÑO DE TALUDES CON FINES DE ESTABILIDAD PARA LA CARRETERA OLMOS - JAÉN TRAMO KM 10 AL KM 15 - SECTOR LA PILCA"**, del (de la) estudiante **QUEREBALU NEVADO, RICARDO RUDECINDO** constato que la investigación tiene un índice de similitud de 6% verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin.

El/la suscrito (a) analizó dicho reporte y concluyó que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio. A mi leal saber y entender la tesis cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad César Vallejo.

Pimentel, 16 de Julio 2018

MSc. ANA MARÍA GUERRERO MILLONES

DNI: 17535600



Elaboró	Dirección de Investigación	Revisó	Representante de la Dirección / Vicerrectorado de Investigación	Aprobó	Rectorado
---------	----------------------------	--------	---	--------	-----------



# UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

## AUTORIZACIÓN DE LA VERSIÓN FINAL DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

CONSTE POR EL PRESENTE EL VISTO BUENO QUE OTORGA EL ENCARGADO DE INVESTIGACIÓN DE

E.P. DE INGENIERIA DE MINAS

A LA VERSIÓN FINAL DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN QUE PRESENTA:

QUEREBALÚ NEVADO RICARDO RUDECINDO

INFORME TÍTULADO:

DISEÑO DE TALUDES CON FINES DE ESTABILIDAD PARA LA CARRETERA

OLMOS - JAÉN TRAFLO KM 20 AL KM 15 - SECTOR LA PILCA

PARA OBTENER EL TÍTULO O GRADO DE:

INGENIERO DE MINAS

SUSTENTADO EN FECHA: 18-12-2018

NOTA O MENCIÓN: APROBADO POR UNANIMIDAD

  
[Firma]  
FIRMA DEL ENCARGADO DE INVESTIGACIÓN