



FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE MINAS

DETERMINACIÓN DE ZONAS VULNERABLES PARA PREVENIR LA
CAÍDA DE ROCA EN LA CARRETERA CHICLAYO – SANTA CRUZ
TRAMO PUENTE CUMBIL – CATACHE KM 04+000 AL KM 09+000

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO
DE MINAS

AUTOR:

VÁSQUEZ TORRES CRISTIAN ROGELIO

ASESOR:

MSc. SICCHA RUIZ ORLANDO ALEX

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN

ANÁLISIS DE ESTABILIDAD DE TALUDES

CHICLAYO-PERÚ

2018

ACTA DE SUSTENTACIÓN



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO



ACTA DE SUSTENTACIÓN

En la ciudad de Chiclayo, siendo las 12:00 horas del día 18 de Diciembre del 2018, de acuerdo a lo dispuesto por la Resolución de Dirección de Investigación N° 3164-2018-UCV-CH, de fecha 17 de Diciembre, se procedió a dar inicio al acto protocolar de sustentación de la tesis "DETERMINACIÓN DE ZONAS VULNERABLES PARA PREVENIR LA CAÍDA DE ROCAS EN LA CARRETERA CHICLAYO - SANTA CRUZ TRAMO PUENTE CUMBIL - CATACHE TRAMO KM 04+000 AL KM 09+000", presentada por el Bachiller VÁSQUEZ TORRES CRISTIAN ROGELIO 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:

Aprobado por Unanimidad

Siendo las 13:00 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

Ing. Janyna Jacinta Flores Arrasco

Presidente

Mg. Javier Ángel Salazar Ipanaqué

Secretario

Mg. Marco Antonio Cotrina Teatino

Vocal

DEDICATORIA

A DIOS

POR HABERME DADO LA SABIDURÍA Y EL ENTENDIMIENTO NECESARIO, LE DOY GRACIAS POR HABERME DADO LA CAPACIDAD DE SOBREVIVIR Y ESTAR LOGRANDO UNO DE MIS GRANDES RETOS EN LA VIDA.

A MIS PADRES

QUE GRACIAS A SU INMENSO AMOR Y CARIÑO ME LLENARON DE ESPERANZA, CONFIANZA Y DESEOS DE TRIUNFAR EN LA CARRERA. RECONOZCO TODO EL SACRIFICIO QUE HAN HECHO PARA EDUCARME CON BUENOS PRINCIPIOS Y VALORES MORALES QUE HAN CIMENTADO TODA MI FORMACIÓN PROFESIONAL.

A MIS PROFESORES

POR TODA SU VALIOSA AYUDA QUE ME HAN BRINDADO, SUS CONSEJOS QUE ME HAN SIDO DE MUCHA AYUDA EN MI FORMACIÓN ACADÉMICO

AGRADECIMIENTO

A LA UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO

POR TENERNOS COMO ALUMNOS EN TAN PRESTIGIOSA INSTITUCIÓN Y DARNOS LA OPORTUNIDAD DE REALIZAR ESTE TRABAJO.

AGRADECIMIENTO ESPECIAL A MI COMPAÑERA JANET HUAMÁN VERA

POR TODA SU VALIOSA AYUDA QUE ME HA BRINDADO DURANTE LA REALIZACIÓN DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN.

A LA MAGISTER ANA MARÍA GUERRERO MILLONES

POR HABERME GUIADO METODOLÓGICAMENTE EN LA INVESTIGACIÓN, POR BRINDARME SU TIEMPO Y PACIENCIA A LO LARGO DE ESTE CICLO ACADÉMICO.

A MI FAMILIA

POR SER EL PILAR QUE ME MOTIVA A SEGUIR ADELANTE, LES AGRADEZCO POR SU APOYO MORAL Y ECONÓMICO PARA SER UN GRAN PROFESIONAL Y UNA PERSONA CON VALORES Y ETICA.

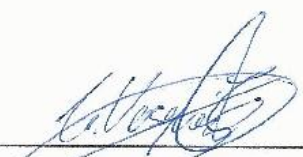
DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD

Yo Vásquez Torres, Cristian Rogelio con DNI N° 73262929 a efecto de cumplir con los criterios de evaluación de la experiencia curricular de desarrollo de proyecto de investigación, declaro bajo juramento que toda la documentación que acompaño es veraz y auténtica.

Así mismo, declaro también bajo juramento que todos los datos e información que se especifican en la presente investigación 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, 4 de julio del 2018



Bach. VÁSQUEZ TORRES, CRISTIAN ROGELIO
DNI: 73262929

PRESENTACIÓN

Señores miembros del jurado:

Cumpliendo con el Reglamento de Grados y Títulos de la universidad César Vallejo, ante ustedes presento mi tesis titulada: “DETERMINACIÓN DE ZONA VULNERABLES PARA PREVENIR LA CAÍDA DE ROCA EN LA CARRETERA CHICLAYO - SANTA CRUZ TRAMOS CUMBIL - CATACHE KM 4+000 AL 9+000”, 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 detalla los resultados desarrollados a través de tablas y gráficos; el cuarto capítulo se expone la discusión de los resultados obtenidos, en el quinto capítulo nos señala las conclusiones propuestas para la tesis; en el sexto capítulo se describe sobre las recomendaciones y por último en el séptimo capítulo, las referencias bibliográficas utilizadas en la investigación. Los anexos presentados son: cuestionario, tablas de estaciones geomecánicas, informes de laboratorio de mecánica de rocas, fotografías y mapas.

El autor.

ÍNDICE

ACTA DE SUSTENTACIÓN	ii
DEDICATORIA	iii
AGRADECIMIENTO.....	iv
DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD.....	v
PRESENTACIÓN.....	vi
ÍNDICE	vii
RESUMEN.....	xv
ABSTRACT.....	xvi
CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN	17
1.1. REALIDAD PROBLEMÁTICA	18
1.2. TRABAJOS PREVIOS	23
NIVEL INTERNACIONAL	23
NIVEL NACIONAL.....	28
NIVEL LOCAL	30
1.3. TEORÍAS RELACIONAS AL TEMA	32
1.3.1. CAÍDA DE ROCA EN TALUDES	32
A. TALUD	32
B. CAÍDA DE ROCAS.....	32
C. LOS DESLIZAMIENTOS	32
D. FISURAS	33
E. CRITERIO DE ROTURA LINEAL DE MOHR-COULOMB.....	33
F. CRITERIO DE ROTURA NO LINEAL DE HOEK & BROWN	34
G. TIPOS DE ROTURA.....	35
1.3.2. ZONAS VULNERABLES.....	36
A. VULNERABILIDAD	37
B. MEDIDAS DE CONTROL	37
C. CAÍDA DE ROCA.....	37
D. FACTOR DE SEGURIDAD.....	38
E. CLASIFICACIONES GEOMECÁNICAS	39
F. MEDIDAS DE CONTROL USADAS EN TALUDES	41
1.3.3. TEORÍAS GENÉRICAS.....	46
1.3.4. NORMATIVA	48
1.3. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	50
1.4. JUSTIFICACIÓN SOCIAL, ECONÓMICA AMBIENTAL.....	50

JUSTIFICACIÓN TÉCNICA	50
JUSTIFICACIÓN SOCIAL	50
JUSTIFICACIÓN ECONÓMICA	50
JUSTIFICACIÓN AMBIENTAL	51
1.5. HIPÓTESIS	51
1.6. OBJETIVOS	51
1.7.1. OBJETIVO GENERAL	51
1.7.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	51
CAPÍTULO II: MÉTODO	52
2.1. DISEÑO DE INVESTIGACIÓN	53
2.2. DEFINICIÓN CONCEPTUAL DE VARIABLES	53
2.4. POBLACIÓN Y MUESTRA	58
2.5. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS, VALIDEZ Y CONFIABILIDAD	58
2.5.1. TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN DE DATOS	58
2.5.2. INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS	58
2.6. MÉTODOS DE ANÁLISIS DE DATOS	59
2.7. DESCRIPCIÓN DE PROCESOS	60
2.7.1. ASPECTOS ÉTICOS	62
Capítulo III: RESULTADOS	64
3.1. GEOLOGÍA	65
3.1.1. UBICACIÓN	65
3.1.2. LUGAR DE ESTUDIO	65
3.1.3. GEOLOGÍA LOCAL	65
3.1.4. GEOLOGÍA REGIONAL	66
3.1.5. PELIGROS QUE SE ENCUENTRAN EN LA CARRETERA	66
i. PELIGROS HIDROMETEOROLÓGICOS	66
ii. OTROS PELIGROS GEOLÓGICOS	67
3.2. MODELAMIENTO GEOMECÁNICO	74
3.3. CLASIFICACIÓN GEOMECÁNICA SEGÚN BIENIASWKY	77
3.4. DETERMINACIÓN DE LOS PARÁMETROS DE RESISTENCIA MEDIANTE ENSAYOS DE LABORATORIO	87
3.4.1. ENSAYO DE COMPRESIÓN UNIAXIAL	88
3.4.2. ENSAYO CON ESCLERÓMETRO TIPO L EN CAMPO	89
3.4.3. ENSAYO DE CARGA PUNTUAL	94
3.4.4. PROCESAMIENTO DE LOS ENSAYOS PARA DETERMINAR LA COHESIÓN Y EL ÁNGULO DE FRICCIÓN	100

3.5. MEDIDAS DE PREVENCIÓN A PARTIR DEL COEFICIENTE DE SEGURIDAD	102
3.5.1 COEFICIENTE DE SEGURIDAD EN TALUDES	105
3.5.2. MALLA DE PROTECCIÓN DE TALUD	107
CAPÍTULO IV: DISCUSIÓN	111
CAPÍTULO V: CONCLUSIONES.....	114
CAPÍTULO VI: RECOMENDACIONES	116
REFERENCIAS	118
ANEXOS.....	121
Anexo 01: Fotografías del Lugar de Estudio.....	122
Anexo 02: Instrumentos de Recolección de Datos.....	126
Anexo 03: Mapas geológicos	131
Anexo 04: Datos tomados de cada tramo de las discontinuidades.....	137
Anexo 05: Reporte del Software Dips.....	164
Anexo 06: Ensayos de laboratorio fotos	204
Anexo 07: Resultado de los ensayos del laboratorio.....	219
Anexo 08: Cohesión y Ángulo de Fricción de Tipo de Roca.....	223
Anexo 09: Diseño de las cuñas en el software Swedge	231
ACTA DE APROBACIÓN DE TESIS.....	239
AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN	240

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Carretera Chiclayo - Santa Cruz Fuente: Google Earth	21
Figura 2: Criterio de rotura lineal de Mohr-Coulomb Fuente: (SACKSCHEWSHI CHAPMAN, 2017 pág. 20).....	34
Figura 3: Envoltentes de rotura del Criterio de Hoek & Brown en función de a) Esfuerzo principal b) Esfuerzo normal y tangencial Fuente: (SACKSCHEWSHI CHAPMAN, 2017 pág. 21).....	35
Figura 4: Métodos para aumentar el coeficiente de seguridad de taludes Fuente: (GONZÁLEZ DE VALLEJO, 2004 pág. 471)	38
Figura 5: Esquema de un Talud con Enmallados Fuente: (ALVARADO SALAZAR, y otros, 2014 pág. 72).....	42
Figura 6: Estacas de Contención Fuente: (ALVARADO SALAZAR, y otros, 2014 pág. 78)	43
Figura 7: Método Petterson Reforzado de pendiente con anclajes de tierra Fuente: (Assessment of Slope Stability on the Road, 2017)	44
Figura 8: Criterio Modificado de Ritchie Fuente: (ALVARADO SALAZAR, y otros, 2014)	45
Figura 9: Diagrama para el Dimensionamiento de Cunetas para la Intercepción de Rocas Fuente: (ALVARADO SALAZAR, y otros, 2014)	46
Figura 10: Gráfico de Miller	90
Figura 11: Ensayo de Carga Puntual Según el método de Louis	95
Figura 12: Zona de taludes inestables	122
Figura 13: Macizo rocoso fracturado.....	122
Figura 14: Filtraciones de agua.....	123
Figura 15: Aberturas de las discontinuidades	123
Figura 16: Afloramiento del macizo rocoso	124
Figura 17: Bloques del macizo rocoso	124
Figura 18: Rugosidad del macizo rocoso	125
Figura 19: Talud muy empinado	125
Figura 20: Hojas de cálculo del software Dips. Estación 01 Fuente: Software Dips ..	164
Figura 21: Gráfico de polos de las discontinuidades. Estación 01 Fuente: Software Dips	165
Figura 22: Grafico de contorno de polos o distribución polar. Estación 01 Fuente: Software Dips	166
Figura 23: Gráfico de sistemas principales. Estación 01 Fuente: Software Dips	167
Figura 24: Gráfico de Roseta. Estación 01 Fuente: Software Dips.....	168
Figura 25: Hojas de cálculo del software Dips. Estación 02 Fuente: Software Dips ..	169
Figura 26: Gráfico de polos de las discontinuidades. Estación 02 Fuente: Software Dips	170
Figura 27: Gráfico de contorno de polos o distribución polar. Estación 02 Fuente: Software Dips	171
Figura 28: Gráfico de sistemas principales. Estación 02 Fuente: Software Dips	172
Figura 29: Grafico de Roseta. Estación 02 Fuente: Software Dips.....	173
Figura 30: Hojas de cálculo del software Dips. Estación 03 Fuente: Software Dips ..	174
Figura 31: Gráfico de polos de las discontinuidades. Estación 03 Fuente: Software Dips	175

Figura 32: Grafico de contorno de polos o distribución polar. Estación 03 Fuente: Software Dips	176
Figura 33: Gráfico de sistemas principales. Estación 03 Fuente: Software Dips	177
Figura 34: Gráfico de Roseta. Estación 03 Fuente: Software Dips.....	178
Figura 35: Hojas de cálculo del software Dips. Estación 04 Fuente: Software Dips ..	179
Figura 36: Gráfico de polos de las discontinuidades. Estación 04 Fuente: Software Dips	180
Figura 37: Gráfico de contorno de polos o distribución polar. Estación 04 Fuente: Software Dips	181
Figura 38: Gráfico de sistemas principales. Estación 04 Fuente: Software Dips	182
Figura 39: Gráfico de Roseta. Estación 04 Fuente: Software Dips.....	183
Figura 40: Hojas de cálculo del software Dips. Estación 05 Fuente: Software Dips ..	184
Figura 41: Gráfico de polos de las discontinuidades. Estación 05 Fuente: Software Dips	185
Figura 42: Gráfico de contorno de polos o distribución polar. Estación 05 Fuente: Software Dips	186
Figura 43: Gráfico de sistemas principales. Estación 05 Fuente: Software Dips	187
Figura 44: Gráfico de Roseta. Estación 05 Fuente: Software Dips.....	188
Figura 45: Hojas de cálculo del software Dips. Estación 06 Fuente: Software Dips ..	189
Figura 46: Gráfico de polos de las discontinuidades. Estación 06 Fuente: Software Dips	190
Figura 47: Gráfico de contorno de polos o distribución polar. Estación 06 Fuente: Software Dips	191
Figura 48: Gráfico de sistemas principales. Estación 06 Fuente: Software Dips	192
Figura 49: Gráfico de Roseta. Estación 06 Fuente: Software Dips.....	193
Figura 50: Hojas de cálculo del software Dips. Estación 07 Fuente: Software Dips ..	194
Figura 51: Gráfico de polos de las discontinuidades. Estación 07 Fuente: Software Dips	195
Figura 52: Gráfico de contorno de polos o distribución polar. Estación 07 Fuente: Software Dips	196
Figura 53: Gráfico de sistemas principales. Estación 07 Fuente: Software Dips	197
Figura 54: Gráfico de Roseta. Estación 07 Fuente: Software Dips.....	198
Figura 55: Hojas de cálculo del software Dips. Estación 08 Fuente: Software Dips ..	199
Figura 56: Gráfico de polos de las discontinuidades. Estación 08 Fuente: Software Dips	200
Figura 57: Gráfico de contorno de polos o distribución polar. Estación 08 Fuente: Software Dips	201
Figura 58: Gráfico de sistemas principales. Estación 08 Fuente: Software Dips	202
Figura 59: Gráfico de Roseta. Estación 08 Fuente: Software Dips.....	203
Figura 60: Perforadora diamantina saca testigos Fuente: Propia	204
Figura 61: Se perfora la roca para poder sacar testigos Fuente: Propia.....	204
Figura 62: Testigos de la roca andesita Fuente: Propia	205
Figura 63: Roca dacita después de la perforación Fuente: Propia	205
Figura 64: Cortadora diamantina Fuente: Propia	206
Figura 65: Pulido de las testigos para su posterior ensayo Fuente: Propia	206
Figura 66: Toma de datos de cada tipo de roca Fuente: Propia.....	207
Figura 67: Muestras ya terminadas de roca andesita Fuente: Propia.....	207
Figura 68: Muestras ya terminadas de roca dacita Fuente: Propia.....	208
Figura 69: Muestras ya terminadas de roca de conglomerado de cuarzo y caliza Fuente: Propia	208
Figura 70: Testigo terminado de andesita Fuente: Propia	209

<i>Figura 71: Testigo terminado de Dacita Fuente: Propia</i>	<i>209</i>
<i>Figura 72: Testigo terminado de conglomerado de cuarzo y caliza Fuente: Propia...</i>	<i>210</i>
<i>Figura 73: Muestras listas para los ensayos Fuente: Propia</i>	<i>210</i>
<i>Figura 74: Ensayo de carga puntual Fuente: Propia</i>	<i>211</i>
<i>Figura 75: Ensayo de carga puntual Según Louis Fuente: Propia.....</i>	<i>211</i>
<i>Figura 76: Muestra fracturada Fuente: Propia Fuente: Propia.....</i>	<i>212</i>
<i>Figura 77: Ensayo de carga puntual según Louis Fuente: Propia</i>	<i>212</i>
<i>Figura 78: Ensayo de carga puntual de tipo de roca dacita Fuente: Propia.....</i>	<i>213</i>
<i>Figura 79: Tablero para poner los datos de la maquina uniaxial Fuente: Propia</i>	<i>214</i>
<i>Figura 80: Desarrollo del ensayo uniaxial para rocas Fuente: Propia.....</i>	<i>214</i>
<i>Figura 81: Se coloca la muestra en la maquina Fuente: Propia</i>	<i>215</i>
<i>Figura 82: Termino del ensayo de compresión uniaxial Fuente: Propia</i>	<i>215</i>
<i>Figura 83: Resultado que arroja la maquina después del ensayo Fuente: Propia....</i>	<i>216</i>
<i>Figura 84: Resultados del ensayo uniaxial Fuente: Propia.....</i>	<i>216</i>
<i>Figura 85: Resultados impresos del ensayo realizado Fuente: Propia</i>	<i>217</i>
<i>Figura 86: Toma de datos del tipo de roca Fuente: Propia.....</i>	<i>217</i>
<i>Figura 87: Muestra fracturada de la roca Fuente: Propia</i>	<i>218</i>
<i>Figura 88: Desarrollo de la cohesión y ángulo de fricción - Estación 01. Fuente: Software RocData.....</i>	<i>223</i>
<i>Figura 89: Desarrollo de la cohesión y ángulo de fricción - Estación 02. Fuente: Software RocData.....</i>	<i>224</i>
<i>Figura 90: Desarrollo de la cohesión y ángulo de fricción - Estación 03. Fuente: Software RocData.....</i>	<i>225</i>
<i>Figura 91: Desarrollo de la cohesión y ángulo de fricción - Estación 04. Fuente: Software RocData.....</i>	<i>226</i>
<i>Figura 92: Desarrollo de la cohesión y ángulo de fricción - Estación 05. Fuente: Software RocData.....</i>	<i>227</i>
<i>Figura 93: Desarrollo de la cohesión y ángulo de fricción - Estación 06. Fuente: Software Rock Data.....</i>	<i>228</i>
<i>Figura 94: Desarrollo de la cohesión y ángulo de fricción - Estación 07. Fuente: Software RocData.....</i>	<i>229</i>
<i>Figura 95: Desarrollo de la cohesión y ángulo de fricción - Estación 08. Fuente: Software Rock Data.....</i>	<i>230</i>
<i>Figura 96: Diseño de la Cuña. Estación N° 01 Fuente: Software Swedge.....</i>	<i>231</i>
<i>Figura 97: Diseño de la Cuña. Estación N° 02 Fuente: Software Swedge.....</i>	<i>232</i>
<i>Figura 98: Diseño de la Cuña. Estación N° 03 Fuente: Software Swedge.....</i>	<i>233</i>
<i>Figura 99: Diseño de la Cuña. Estación N° 04 Fuente: Software Swedge.....</i>	<i>234</i>
<i>Figura 100: Diseño de la Cuña. Estación N° 05 Fuente: Software Swedge.....</i>	<i>235</i>
<i>Figura 101: Diseño de la Cuña. Estación N° 06 Fuente: Software Swedge.....</i>	<i>236</i>
<i>Figura 102: Diseño de la Cuña. Estación N° 06 Fuente: Software Swedge.....</i>	<i>237</i>
<i>Figura 103: Diseño de la Cuña. Estación N° 08 Fuente: Software Swedge.....</i>	<i>238</i>

ÍNDICE DE TABLAS

<i>Tabla 1: Tramos de carretera afectados por los peligros detonados con las fuertes lluvias de El Niño Costero 2017.</i>	69
<i>Tabla 2: Obras de infraestructura afectados por los peligros detonados con las fuertes lluvias de El Niño Costero 2017.</i>	73
<i>Tabla 3: ANÁLISIS DE MODO DE FALLA</i>	76
<i>Tabla 4: RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN UNIAXIAL</i>	77
<i>Tabla 5: R.Q.D.</i>	78
<i>Tabla 6: ESPACIAMIENTO DE LAS ESTRUCTURAS.</i>	79
<i>Tabla 7: PERSISTENCIA DE LAS ESTRUCTURAS.</i>	80
<i>Tabla 8: ABERTURA DE LAS DISCONTINUIDADES.</i>	81
<i>Tabla 9: RUGOSIDAD DE LAS DISCONTINUIDADES.</i>	82
<i>Tabla 10: RELLENO EN LAS DISCONTINUIDADES.</i>	83
<i>Tabla 11: ALTERACION DEL MACIZO ROCOSO.</i>	84
<i>Tabla 12: CONDICIONES HIDROGEOLOGÍCAS.</i>	85
<i>Tabla 13: R.M.R. TOTAL</i>	86
<i>Tabla 14: CALIDAD DEL MACIZO ROCOSO</i>	87
<i>Tabla 15: Ensayo de Compresión Uniaxial de las rocas</i>	89
<i>Tabla 16: Densidad de la Roca: Muestra 01</i>	92
<i>Tabla 17: Densidad de la Roca: Muestra 02</i>	92
<i>Tabla 18: Densidad de la Roca: Muestra 03</i>	93
<i>Tabla 19: Comparación de los resultados obtenidos en los ensayos realizados con las muestras Fuente: Propia.</i>	99
<i>Tabla 20: Datos de cohesión y ángulo de Fricción de todas las estaciones estudiadas Fuente: Propia</i>	102
<i>Tabla 21: DISCONTINUIDADES DEL MACIZO ROCOSO Km 4+000 - km 4+625 ...</i>	137
<i>Tabla 22: DISCONTINUIDADES DEL MACIZO ROCOSO Km 4+625 - km 5+250 ...</i>	140
<i>Tabla 23: DISCONTINUIDADES DEL MACIZO ROCOSO Km5+250 - km 5+875</i>	143
<i>Tabla 24: DISCONTINUIDADES DEL MACIZO ROCOSO Km 5+875 - km 6+500 ...</i>	146
<i>Tabla 25: DISCONTINUIDADES DEL MACIZO ROCOSO Km 6+500 - km 7+200 ...</i>	149
<i>Tabla 26: DISCONTINUIDADES DEL MACIZO ROCOSO Km7+200 - km 7+600</i>	154
<i>Tabla 27: DISCONTINUIDADES DEL MACIZO ROCOSO Km 7+600 - km 8+400 ...</i>	157
<i>Tabla 28: DISCONTINUIDADES DEL MACIZO ROCOSO Km 8+400 - km 9+000 ...</i>	160

ÍNDICE DE MAPAS

<i>Mapa 1: Geología Regional Fuente: Propia</i>	<i>131</i>
<i>Mapa 2: Geología local tramo 4+000 km - 5+000 km. Fuente: Propia.....</i>	<i>132</i>
<i>Mapa 3: Geología local tramo 5+000 km - 6+000 km. Fuente: Propia.....</i>	<i>133</i>
<i>Mapa 4: Geología local tramo 6+000 km - 7+000 km. Fuente: Propia.....</i>	<i>134</i>
<i>Mapa 5: Geología local tramo 7+000 km - 8+000 km. Fuente: Propia.....</i>	<i>135</i>
<i>Mapa 6: Geología local tramo 8+000 km - 9+000 km. Fuente: Propia.....</i>	<i>136</i>

RESUMEN

La investigación tuvo como objetivo determinar las zonas vulnerables para la prevención de caída de rocas en la carretera Chiclayo - Santa Cruz tramos Puente Cumbil - Catache 04+000 km al 09+000 km. Para llevar a cabo la investigación se utilizó el método cuantitativo, mediante el cual se recopiló información haciendo uso de guías de observación de campo para describir las características de macizo rocoso. El tipo de investigación fue de tipo descriptivo - explicativo ya que permitió describir los hechos observados a través de estudios in situ realizados para luego explicar los fenómenos encontrados y porqué se presentan tales eventualidades. La metodología aplicada estuvo enmarcada en instalarse un marco teórico relacionados con la clasificación geomecánica de Bieniawski, criterios de rotura de Morh - Coulumb y Hoek y Brown, índice de resistencia geológica, rotura tipo cuña, y otras teorías que validaron al estudio en mención. La población estuvo constituida por todo el tramo del Puente Cumbil - Catache 04+000 km al 09+000 km.

Palabras clave: Geomecánica, clasificación geomecánica RMR, macizo rocoso, estabilidad de talud, criterios de rotura.

ABSTRACT

The objective of the research was to provide determination of vulnerable zones to prevent the rock drop on the Chiclayo road - Santa Cruz section bridge Cumbil - Catache 04 + 000 km at 09 + 000 km. To carry out the research, the quantitative method was used, through which information was collected using field observation guides to describe the characteristics of the rock mass. The type of research was descriptive - explanatory since it allowed describing the observed facts through in situ studies carried out to explain the phenomena found and why such eventualities occur. The applied methodology was framed in installing a theoretical framework related to the geomechanical classification of Bieniawski, breakage criteria of Morh - Coulumb and Hoek and Brown, index of geological resistance, wedge - type breakage, and other theories that validated the study in mention. The population was constituted by the whole section of the Cumbil - Catache Bridge 14 + 000 km at 19 + 000 km.

Key words: Geomechanics, RMR geomechanical classification, rock mass, slope stability, breaking criteria

CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

1.1. REALIDAD PROBLEMÁTICA

El diseño y construcción de taludes ha tomado gran importancia en proyectos de ingeniería a nivel internacional, nacional y regional, debido a la gran demanda de obras de ingeniería en el mercado actual, por ello, las empresas se ven en la necesidad de realizar proyectos más seguros tanto para sus trabajadores así también como para la población que será beneficiada por tales obras, cumpliendo de manera rigurosa las leyes y normativas propuestas por el estado. “Es por ello que ante la ocurrencia de estos eventos es necesario tomar medidas de prevención para mitigar las posibles pérdidas que estos podrían ocasionar, una de estas medidas es cuantificar el riesgo a que ocurra un evento de deslizamiento” (TORRES CHUNG, César Roberto, 2007, p.9).

Nuestro territorio peruano se caracteriza por presentar una morfología accidentada, por lo que no es ajena a las caídas de rocas en laderas que se puede llegar a suscitar representando un gran peligro para los pobladores de estas zonas. “Los derrumbes, deslizamientos, flujos y movimientos complejos ocurren día con día. El impacto que este tipo de peligros provoca, es de mayor magnitud en países de escasos recursos debido a su alto grado de vulnerabilidad” (SUÁREZ GARCÍA, Ofelia Gabriela, 2006, p.17).

Un problema principal de la inestabilidad de los taludes en las carreteras son los factores externos como son los agentes geológicos, hidrológicos que hace que se desgaste el talud y se produzcan desprendimientos y que ocasionen gastos significativos para su mantenimiento. CASTRO LARA, Álvaro Enrique (2010) afirma:

Un país preocupado de controlar la erosión, anualmente gasta millones de dólares reconstruyendo taludes y líneas costeras y dragando canales que han sido degradados severamente por lluvia, escorrentía de aguas pluviales y depósitos de sedimentos. Los factores incidentes en el comportamiento del suelo de los taludes pueden ser intrínsecos o externos, que incluyan en forma directa o indirectamente o asociados al entorno físico, biológico o antrópico. El grado de influencia puede variar desde una predominancia de un solo factor a una mezcla de factores de grados equivalentes. (p.11)

El cambio climático que está atravesando el planeta debido a la intensidad de las lluvias que provocan la saturación de la superficie terrestre, está afectando la estabilidad de los

taludes en las vías y carreteras del mundo. Sin embargo, esta situación ha dado lugar al desarrollo de tecnologías para mitigar el problema de acuerdo a las condiciones geomorfológicas del terreno de cada país, debido a que la inadecuada construcción, mantenimiento y tratamiento de los taludes en las vías influye negativamente en el desarrollo del país por falta de carreteras que permitan el transporte de personas y bienes. OLIVARES BALLENA, Pedro et al (2004) indica:

Estos fenómenos se localizan mayormente en la Cordillera Andina (Valles Interandinos), contrafuertes orientales y accidentales, en diversos niveles y en los distintos tipos de afloramientos rocosos; sus manifestaciones destructivas, se extienden a la construcción de obras de ingeniería, teniendo relación con la planificación urbana y rural, desarrollo y conservación de las obras viales y centrales hidroeléctricas. (p.82)

Un factor importante es el desgaste del macizo rocoso por los agentes geológicos como el intemperismo que causa el desprendimiento de roca donde se forman las fisuras o grietas que por el factor de gravedad se van cayendo y ocasionando daños en las carreteras y en vidas humanas que transcurren por esos lugares.

La meteorización física se manifiesta en la ruptura del material debido al desarrollo de grietas y en la disolución de la superficie en contacto con el agua. Por excavación en formaciones delgadas, las juntas de cama están expuestas a influencias externas. Estas son las superficies debilitadas en las que es más probable que se produzca el desprendimiento de los fragmentos, y al mismo tiempo son más susceptibles a las influencias externas, es decir, a la acción del agua que penetra en la roca. Esta absorción repentina de agua da como resultado el desarrollo de presión en las juntas rocosas, lo que lleva a la desaparición y, por lo tanto, a la extensión (profundización) de las juntas. Además, la liberación del estrés provocado por la eliminación del material durante la excavación (relajación) provoca el desarrollo de nuevas articulaciones (articulaciones líticas). El desarrollo de nuevas articulaciones acelera la meteorización física y permite una penetración más profunda de los efectos de la intemperie química. (PREDRAD MISCEVIC & GORAN VLATELICA, 2014, p.9)

Los efectos de estos fenómenos implican la paralización del comercio, sobrecosto para la rehabilitación de las carreteras y la paralización de las obras, lo que representa un freno

en el desarrollo del país. “Los deslizamientos en carreteras son uno de los procesos que ocasionan destrucciones que afectan a la población, retardando los tiempos de transporte, algunas veces causando pérdidas humanas, daño en infraestructura por cuantiosas cantidades de soles cada año y problemas sociales” (DE LA CRUZ INGA, Percy Lino & OROSCO TORRES, Jilber, 2013, p.1).

Una condición geológica del suelo rocoso a menudo se caracteriza por capas de suelo y capas de roca en diseños aleatorios, que se encuentran ampliamente en aplicaciones geotécnicas. Una investigación realizada por revelaron Zhang en el 2012 que de los 334 deslizamientos de tierra que ocurrieron en Wenchuan (PR China) durante el terremoto de 2008, el 35% eran laderas rocosas, lo que sugiere que la pendiente del suelo rocoso es omnipresente y que se debe prestar especial atención al potencial peligros y riesgos de este tipo de pendiente. Sin embargo, rara vez se ha considerado la estabilidad de la pendiente del suelo rocoso, a pesar del desarrollo de numerosos métodos para el análisis de estabilidad de taludes. (DOWON PARK, Radoslaw Michalowski, 2015, p.8)

Otro efecto es la filtración de agua que ocasiona la capa freática que debido a las presiones, pasa por los poros de la roca que provoca filtraciones de agua en el macizo produciendo un debilitamiento del talud, las cantidades excesivas de agua en los taludes es un factor que ocasionan desprendimientos de grandes bloques en la carretera. CHÁVEZ ABRIL, Miguel Ángel (2015) indica:

Se ha podido constatar que el agua, proveniente de las precipitaciones, tiene una incidencia directa en la estabilidad de diferentes tipos de terreno, en especial cuando se trata de laderas afectadas por la deforestación y también en el caso de taludes producto de acciones antrópicas, tales como excavaciones y rellenos para construir obras o para explotar materiales pétreos. Precipitaciones como las que ocurren durante el fenómeno de El Niño u otras situaciones meteorológicas fuera de las condiciones normales, causan un verdadero impacto, tanto en el sub suelo como en la superficie, en este último caso se presentan los procesos erosivos. (p.25)

Actualmente, el Perú ha sido objeto de innumerables desastres naturales como el fenómeno del niño costero que trajo consigo números deslizamientos, derrumbes,

huaycos y avalanchas y en el cual, numerosas carreteras fueron afectadas por este fenómeno, lo que significa que aún no contamos con procedimientos adecuados que garanticen la seguridad del ciudadano; esto implica construcciones de viviendas mal hechas, carreteras en mal estado y mal construidas, lo que en suma implica una paralización al desarrollo del país. “Más de 100 mil damnificados, 75 fallecidos, 157 mil viviendas afectadas, 1.900 kilómetros de carreteras destruidas y 159 puentes colapsados son las estremecedoras cifras que deja hasta el momento la peor tragedia climática vivida en el Perú desde los 90” (CENTRO DE OPERACIONES DE EMERGENCIA NACIONAL, 2017, p.22).

La carretera Chiclayo-Santa Cruz, cuyos tramos son: Chongoyape, Casmiche Bajo, Huanabal, Casmiche Alto, Bocatoma, San Carlos, Carhuaquero, Cumbil y Catache y cuya área de estudio abarca el 04+000 al km 09+000 km, es una zona dedicada a la ganadería y agricultura como actividad de subsistencia; en dicha zona se pudo evidenciar la presencia de deslizamiento de rocas en el talud, lo que es muy preocupante debido a que diariamente transcurren vehículos de carga y transporte y habitantes que van a sus chacras.

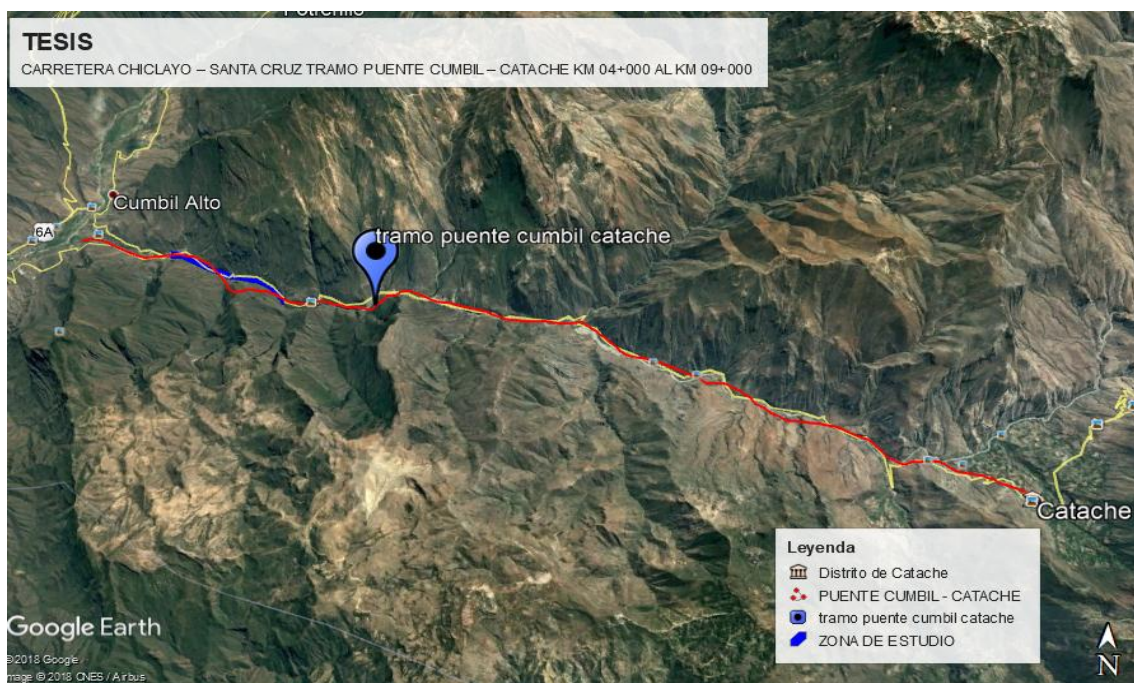


Figura 1: Carretera Chiclayo - Santa Cruz Fuente: Google Earth

La difícil y complicada estructura geográfica de la localidad ha influenciado en el desarrollo económico y del sistema interno de transporte; la forma del relieve constituye

barreras físicas para el transporte, lo que hace que se produzcan altos costos de operación de los vehículos, velocidades de circulaciones bajas, tiempos de viajes altos y altas tasas de accidentes lo que ha contribuido al aislamiento de las tierras agrícolas fértiles y su mercado.

En la ejecución de obras viales en esta zona, regularmente se enfrenta el problema de experimentar caídas de rocas de laderas o taludes, ya sea en formaciones naturales o también por la construcción de obras de ingeniería; de tal forma que, se puede argumentar que el desprendimiento de estas caídas de rocas, pueden ocurrir en formaciones topográficas naturales o también provocadas por la acción de proyectos de ingeniería.

Durante la época de verano y donde las precipitaciones pluviales son más intensas y prolongadas, se han evidenciado los fenómenos de caída de rocas en los taludes lo que trajo como consecuencia el bloqueo de las carreteras. Tomando en consideración la formación geológica propio de la zona entre el km 04+000 al km 09+000 km, y dado que no se pueden adoptar otros desvíos para evitarlos, se hace prioritario el estudio, zonificación y medidas de control en los sitios con problemas de desprendimiento de rocas.

La problemática principal del lugar en estudio consiste en que esta queda constantemente obstruida por los deslizamientos y caídas de rocas implicando sobre todo pérdidas económicas, esto se viene originado por falta de soluciones para prevenir dichos eventos y una solución al momento que se ejecutan los primeros movimientos de rocas.

Por tal motivo, se llevó a cabo un estudio del macizo rocoso para luego determinar las zonas vulnerables y de esta manera prevenir la caída de rocas en la carretera Chiclayo-santa cruz, con la finalidad de garantizar el tránsito permanente en cualquier época del año con la mayor seguridad posible.

1.2. TRABAJOS PREVIOS

NIVEL INTERNACIONAL

En el artículo desarrollado por GIGLI, Giovanni et al (2011) denominado Integration of advanced monitoring and numerical modeling techniques for the complete risk scenario analysis of rockslides: The case of Mt. Beni (Florence, Italy), trata sobre el “Desarrollo de una tecnología integrada con estudios geomecánicos, laboratorio análisis, y técnicas de monitoreo automático, derivado del estudio de caso del Monte Beni deslizamiento de tierra” (p.41). En la cual se obtuvieron los siguientes resultados:

Los resultados de estos análisis se han empleado para planificar las mayores medidas apropiadas para la reducción del riesgo de deslizamiento. Se adoptaron enfoques diferentes para evaluar pequeños desprendimientos de rocas o todo el deslizamiento de rocas. No fue práctico establecer un sistema de monitoreo debido a la alta frecuencia de desprendimientos de rocas, su distribución espacial casual y la falta de condiciones de seguridad. Después del primer estudio de estabilidad encargado por el municipio de Firenzuola, se decidió construir una barrera de defensa en el piso de la cantera, con el objetivo de preservar Regional Road y las casas amenazadas de desprendimientos de rocas. En cuanto a la posibilidad de un desprendimiento de rocas que involucra a toda la masa, no se considera factible construir una estructura de retención adecuada o reforzar la masa rocosa. Sin embargo, debido a las características de mecanismo de falla, la evolución del deslizamiento de rocas fue controlada poniendo en su lugar un sistema automático de monitoreo en tiempo real, programado para enviar una señal de advertencia a los centros operativos. (p.48)

La ayuda de la tecnología hace proveer determinar el desprendimiento de rocas con monitoreo para proponer de información al lugar que se aproxima un desastre para poder prevenir y tomar las medidas necesarias para evitar los posibles accidentes, esta herramienta ayuda mucho a conocer el impacto del lugar.

En la investigación de ARAGÓN VÉLEZ, Ismael Fernando (2014) titulada Desprendimiento de Rocas en Laderas una Guía para la Evaluación del Riesgo en Vías, tuvo como propósito “Evaluar el riesgo en vías por desprendimiento de rocas desde las laderas. Esta guía puede ser utilizada en las diferentes etapas de un proyecto vial como diseño, construcción, operación y mantenimiento” (p.2). La cual concluye:

Los lineamientos propuestos se sintetizan en un procedimiento sencillo que puede ayudar a mejorar la evaluación del riesgo en vías por la caída de rocas, lo que podría representar economías significativas en las diferentes fases de los proyectos viales y contribuir a evitar pérdidas de vidas y a minorar daños a las personas y sus bienes. Con el análisis de un caso estudio se muestra aplicación de los lineamientos sugeridos y la facilidad y utilidad de valorar el riesgo por desprendimiento de rocas a lo largo de los taludes expuestos en la vía. Estos lineamientos pueden hacer parte de las especificaciones técnicas de diseño y construcción de vías, para atender taludes naturales o antrópicos susceptibles a problemas de inestabilidad por elementos propensos a caer. (p.93)

El autor utiliza como propósito la evaluación de desprendimientos de rocas en taludes y de esta manera prevenir tales eventualidades, lo que conlleva a poder determinar las diferentes medidas de control y prevención de deslizamiento de los mismos, logrando obtener un resultado positivo en cuanto al estudio que implica una reducción de costos y de vidas humanas con una estabilidad lograda.

En la tesis de CHICAS CIENFUEGOS, Jorge Luis et al (2012) denominado Propuesta de Soluciones Tempranas con obras de ingeniería de bajo costo; para mitigación de riesgos y control de vulnerabilidad, en zonas de deslizamiento y volcanes en el Salvador, tuvo como objeto “Proponer soluciones tempranas, por ocurrencia de deslizamientos de tierra en laderas y taludes, con obras de ingeniería de bajo costo para mitigación de riesgo y control de vulnerabilidad, en zonas de laderas de montañas y volcanes en El Salvador” (p.15). La cual concluye:

La causa principal de inestabilidad en la ladera donde ocurrió el deslizamiento de tierra en el cerro La Burrera es el agua lluvia y los espesores de suelos débiles, en la zona correspondiente a la más al norte del país y del departamento

Chalatenango, elevación 1223.62 msnm, se recargan los acuíferos del área y las cavidades sub-superficiales, y se saturan los suelos en los estratos superficiales, disminuyendo su resistencia, por ablandamiento de la masa de suelo y erosión superficial intensa; esto favorece el ciclo de inestabilidad recurrentemente. Así, una condición permanente de vulnerabilidad en el cerro La Burrera, es el agua subterránea y su manejo ingenieril, esto es importante para el control de la inestabilidad de las masas de tierra en laderas o taludes. La inestabilidad en las masas de suelos, en las laderas del cerro La Burrera con espesores de 3m a 5m es generada por el agua lluvia, por períodos intensos sostenidos, críticos extraordinarios de pluviosidad; cuando se sobrepasan los valores de lluvia del régimen normal del período invernal y en lapsos muy cortos; respecto a lo descrito y llueve similares cantidades, los volúmenes de agua escurridos e infiltrados se vuelven de control insuficiente, cuando de manera natural se auto-controlan, causan desastres; por ello, con un sistema de recolección, drenaje y evacuación adecuada del agua lluvia que escurre superficialmente, con obras de ingeniería, se controlaría y disminuiría en lo posible, el impacto del nivel que sea, sobre la población de cada lugar; tal como lo detalla la propuesta en el cerro La Burrera y en el cantón El Zapotal, ver capítulo 5 y planos anexos, el total de las obras del proyecto tiene como valor estimado el valor de US \$ 450, 040.99. (p.195)

La investigación realizada por el autor da a conocer los problemas encontrados en las laderas, por motivo de agentes geológicos externos como es el agua de lluvia; la erosión de estos provoca la vulnerabilidad y la estabilidad del cerro La Burrera permitiendo dichos estudios el reconocimiento más factible en la caracterización de las zonas vulnerables de estudio.

En la tesis de MARCERA ALEJÁNDREZ, Javier (2010), titulada Estudio para La Estabilización de Corte Ubicado en El Lado Izquierdo de La Carretera Federal No. 54 Guadalajara-Salttillo, En El Subtramo Guadalajara – Ixtlahuacán del Río, Estado De Jalisco tuvo como objetivo “Definir la geometría, las condiciones de drenaje superficial, subterráneo y conocer las unidades geológico-geotécnicas que afloran en la pared del talud, estudiar las condiciones de inestabilidad del talud y recomendar las acciones para lograr que el talud sea estable” (p.1). La cual tuvo como conclusión:

El talud es inestable a corto plazo presentando los mecanismos de falla: volteo y salida de cuñas. Y con mayor importancia la caída de bloques sin apoyo, producto de la erosión en la parte baja. El corte presenta grado 3 a 5, según la clasificación de riesgos en taludes. Los cuales se refieren a caída de bloques de roca que invaden la cuneta y el carril más cercano al talud a deslizamientos grandes de rocas y suelos que provocan la destrucción de vehículo si caen sobre ellos y taponan los dos taludes de la carretera, necesitando maquinaria pesada para su remoción y varios días para realizarlo. Debido a que la carretera es antigua, no está diseñada para las cargas vivas actuales a las que están expuesta. Para el 2008 el TDPA (Tránsito diario promedio anual) es de más de 3000, de los cuales el 72.4% son del tipo A (livianos) y más de 100 son vehículos de más de 60 Ton de peso. (p.67)

La tesis realizada nos da a conocer los diferentes aspectos que se presentan a lo largo del trayecto de la Carretera Federal encontrándose diferente tipos de desventajas como es la caída de bloques, el deslizamiento de taludes, los cuales permiten obtener conocimientos previos para realizar los estudios de estabilidad en las laderas, los cuales logran determinar cómo ventaja la área geométrica del lugar logrando reconocer los puntos específicos de cargas vivas actuales a las que están expuestas.

En el trabajo de PROVEDA ORDUÑA, Jhon Jairo & VARGAS ALDANA, Guillermo (2006), denomina Estabilización de Talud en el PR +950 de la Vía Manzales – Mariquita tuvo como objetivo “Formular Soluciones para la estabilización del talud y afirmación del suelo en el PR 55 +950 con el fin de tener un tránsito permanente, con un óptimo nivel de servicio, reduciendo así los costos de transporte y tiempos de viaje” (p.18). La cual concluye:

Teniendo en cuenta los cálculos para la estabilización del sector se recomienda la ejecución de anclajes en la parte superior del talud interior con malla y concreto lanzado para proteger el contacto ceniza – esquistos alterados y malla y concreto lanzado para la zona de esquistos alterados. Todo este talud debe ser drenado para garantizar que el nivel freático esté abatido por lo menos 6m. La zona de la banca requiere de obras de contención adicionales a las que actualmente se están implementando mediante la construcción de estructuras de contención con caisson y pantallas ancladas. Para el talud exterior se debe adelantar un sistema de

recuperación geomorfológica el cual consiste en la ejecución de trincho en gaviones hacia la base del flujo de tierras empotrados dentro de la zona de los esquistos, para evitar que la erosión regresiva genere taludes inestables y se pueda presentar un fenómeno de erosión remontante, previa la captación de todas las aguas de la banca. Posteriormente se debe empezar un proceso de reconfiguración de toda la depresión mediante la ejecución de cortacorrientes, pequeños trinchos y la ejecución de cunetas colectoras lateralmente para entregarlas hasta la zona de los esquistos, en la parte inferior y así coleccionar las aguas lluvias. También este proceso de recuperación geomorfológica incluye la ejecución de filtros franceses en las zonas que presentan mayor humedad y la reconfiguración final se debe hacer por medio de revegetalización con especies de la zona. (p.113)

La tesis citada, corrobora la inestabilidad de los taludes y a su vez propone una serie de medidas de control para que no se produzca desprendimientos de rocas en el lugar, con su estudio realizado recomienda el uso de pernos anclajes, malla y concreto lanzado en zonas críticas, da a conocer también que las medidas que se toman en un talud no son las mismas que en el otro talud tiene más alteraciones por los agentes geológicos y por las filtraciones de aguas.

En la tesis de Domínguez Cuesta, María José (2003), denominada Geomorfología e Inestabilidad de laderas en la Cuenca Carbonífera Central (Valle del Nalón, Asturias). Análisis de la Susceptibilidad ligada a los movimientos superficiales del terreno, la cual tuvo como objetivo “Diseño de un modelo de susceptibilidad de las laderas frente a la inestabilidad” (p.17). Se concluyó que:

En las laderas se producen distintos tipos de inestabilidades debido a la acción de la gravedad. Su tipología está relacionada con el comportamiento mecánico de las distintas litologías sobre las que se desarrollan y varían entre la caída de rocas y las avalanchas rocosas en los escarpes de la zona oriental y los flujos en el resto del área. En conjunto, los depósitos de ladera ocupan el 18% del área total de estudio. Los procesos más extendidos son flujos, ya sea de carácter lento o instantáneo, que dan como resultado los depósitos de coluvión, los de flujo propiamente dicho o los argayos. Los flujos rápidos varían desde coladas de barro a flujos de derrubios, existiendo depósitos que evidencian la actuación alternante

de ambos tipos de procesos. En riesgo geológico actual en la Cuenca Carbonífera Central viene dado por los argayos, pequeños flujos que normalmente únicamente afectan al coluvión o al material de recubrimiento. Son procesos rápidos (instantáneos), casi siempre relacionados con las lluvias, de escasa entidad (escala métrica a decamétrica) y baja permanencia temporal en el paisaje (en torno un década). A pesar de ello generan multitud de pérdidas anuales y, ocasionalmente, se cobran vidas humanas. Suelen afectar básicamente a zonas con vegetación de prados o pastizales. El factor humano es muy importante en este tipo de movimientos, así en común su asociación con cambios en los usos del suelo, talas y roturaciones, desmontes por minería y extensión de pastizales. (p.196)

Desde la perspectiva del autor la geomorfología del lugar es muy importante para conocer el lugar para descubrir los problemas que ocasionan el desprendimiento de rocas, teniendo como principales causas a la acción de la gravedad y a los flujos de aguas que producen las lluvias, estos factores influyen mucho en los accidentes ocasionando pérdidas económicas y humanas.

NIVEL NACIONAL

En la tesis de SACKSCHEWSHI CHAPMAN, Carlos Enrique (2017), titulado Soluciones para la Estabilidad de Taludes de la Carretera Canta- Huayllay entre las progresivas del km 102 al 110, tuvo como objetivo “Brindar soluciones geotécnicamente seguras, eficaces y económicamente viables que garanticen la estabilidad de los taludes de la carretera Canta – Huayllay en los sectores con problemas de ocurrencia de fenómenos de geodinámica externa de riesgo medio a elevado” (p.3). La cual concluye:

Los problemas de inestabilidad de taludes en los sectores del km 102 al km 110 fueron ocasionados por la ejecución de cortes inadecuados para los materiales que conforman el terreno, las condiciones desfavorables de las discontinuidades, y la influencia de las filtraciones de agua hacia las laderas y taludes. Se demostró que la reconfiguración de taludes, el sellado de grietas y la colocación de cunetas de coronación en el sector del km 102+780 al Km 103+020 de la carretera Canta – Huayllay, mejorarán la estabilidad del talud, ya que de acuerdo con los análisis

geológico-geotécnicos efectuados, presentan un factor de seguridad apropiado.
(p.83)

En resumen la tesis del autor hace referencia a la caracterización de los taludes y a las laderas después de un análisis, da a conocer las condiciones desfavorables por los inadecuados cortes que se han hecho en el terreno, el cual brinda soluciones para una estabilidad como el sellado de grietas que ayudará a tener un buen factor de seguridad para que no se produzcan desprendimientos.

En el trabajo de IBÉRICO RODRÍGUEZ, Rodolfo Ricardo (2015) denominado Estabilización y Recuperación de Taludes en Carreteras, caso IIRSA norte tramo n° 1 km 45+690 – km 45+830, tuvo como propósito “Determinar los tipos de fallas y las posibles causas de los problemas geotécnicos de los taludes de una carretera, y en función a ellos proponer alternativas de solución” (p.6). La cual finaliza:

Las características físicas de una ladera o talud son las que determinan las condiciones geológicas propicias para la generación de deslizamientos. Pero hay que tener en cuenta que estos deslizamientos pueden ocurrir por otros factores, geotécnicos, hidráulicos o sismos. Existen causas artificiales como producto de la actividad humana que puede modificar la estabilidad de un talud. La velocidad de un deslizamiento tiene que ver directamente con el factor que la desencadena y el tipo de suelo, pudiendo ser clasificado en el siguiente orden, siendo el más lento la reptación, seguido por deslizamiento rotacional, flujo, deslizamiento traslacional, avalancha y caída. (p.93)

Así mismo el autor hace una descripción en su investigación de los factores geológicos que influyen en la inestabilidad dando a conocer las condiciones de los taludes y laderas del lugar, para mostrar las causas del desprendimiento de rocas.

En la investigación de DE LA CRUZ INGA, Percy & OROSCO TORRES, Jilber (2013), titulado Sistemas De Estabilización Al Deslizamiento De Taludes en La Carretera Cochabamba-San Agustín De Cajas-Ingenio Tramo Km 19+610 Al Km 20+424, Huancayo Tuvo como objetivo “Identificar los factores que originan los deslizamientos de los taludes de corte en la carretera Cochabamba-San Agustín de Cajas-Ingenio tramo Km 19+610

al Km 20+424, Huancayo y proponer sistemas de estabilización aplicables”. (p.3). La cual concluye:

En nuestro estudio se ha comprobado la inestabilidad del talud, ocasionado por factores naturales y antrópicos que originan el deslizamiento en el talud. Los factores naturales que han ocasionado el deslizamiento son: el factor hidrológico, el geotécnico, el geológico-geomorfológico; el factor sísmico es un agente que influye para el deslizamiento pero su consideración es a futuro. El sistema de Tendido de Talud es un sistema técnico debido a que cumple con el factor de seguridad mínimo recomendado, su construcción es viable, tiene un costo de S/. 3000.71 por metro lineal y es el más económico. Tiene un ahorro de 48.17% en comparación al sistema de Muro en Voladizo más Tendido de Talud, para 3m de altura de muro (el más económico de su tipo), de 37.39% al sistema de muro de Concreto Ciclópeo más Tendido de Talud, para 3m de altura de muro (el más económico de su tipo), en 24.30% al sistema de Muro de Gaviones más Tendido de Talud, para 3m de altura de muro (el más económico de su tipo), y en 5.77% al sistema de modificación geométrica con Banquetas. (p.262)

El autor apoya a la idea que quiero seguir al realizar un estudio para identificar los factores que originan los deslizamientos de macizo rocoso en laderas, frente a este problema propone un sistema que cumple con las medidas de control, teniendo como base el factor de seguridad, el cual compara con otros sistemas ya existentes en este sentido tuvo como resultado que es más económico que los demás.

NIVEL LOCAL

En la investigación de TORO IRURETA, Jawer (2014), titulada Evaluación de la Inestabilidad de Taludes en la Carretera Las Pirias – Cruce Lambayeque, San Ignacio tuvo como propósito “Evaluar la inestabilidad de los taludes en la carretera Las Pirias - Cruce Lambayeque, San Ignacio, así también los objetivos de la identificación de taludes inestables, determinar los parámetros de los taludes inestables y proponer soluciones a los taludes inestables” (p.3). Lo cual concluye en:

Los factores que afectan la inestabilidad de taludes en promedio los más incidentes: Ángulo de fricción. (μ) = 12.71° , Cohesión (c) = 27.46 kPa, Peso específico $\gamma = 27,34$ kN/m³. Y los parámetros hidrogeológicos. Así como la pendiente del talud (grado de inclinación), altura y longitud en promedio: Altura= 22.21 m, Pendiente = 62.98° y Longitud= 18.75 m. De los cuales en función del tipo de suelo (CL en la mayoría), dicha geometría de los taludes inestables no son la correcta. Como también no se cuenta con medidas de protección en los 8 taludes inestables y drenaje adecuado de los ocho taludes inestables. Las propuestas de solución más resaltante son por el rediseño de la geometría de los taludes, abatimiento de taludes (banquetas, pendiente talud VI: HI). (p.71)

El autor utiliza como propósito la identificación de la geometría de los taludes para reconocer los incidentes que ocasionan la inestabilidad, utilizando guías para poder localizar los puntos críticos y poder analizarlos lo cual ayuda para hacer un buen control evitando que se produzca desprendimientos de rocas en la carretera.

1.3. TEORÍAS RELACIONAS AL TEMA

1.3.1. CAÍDA DE ROCA EN TALUDES

A. TALUD

“Superficie inclinada respecto a la horizontal que posee una pendiente que ha sido modificada natural o artificialmente” (SACKSCHEWSHI CHAPMAN, Carlos Enrique, 2017, p.40). Es la inclinación ya sea de una montaña que es natural o artificial como una represa que viene a ser la dirección del ángulo con la superficie, que es más ancha en la parte inferior que en la parte superior de éste, de modo que tolera la presión de la tierra tras los fenómenos geológicos al que está sometida, sus partes del talud son la cabeza que es la parte superior, su pendiente que es la inclinación, su altura vertical y la altura del nivel freático que es la diferencia del pie del talud hasta la cabeza.

B. CAÍDA DE ROCAS

Se llama al movimiento violento de bloques rocosos que se desprenden de laderas o del talud que es ocasionado por la inestabilidad del macizo y la erosión que está sometido, causando el desprendimiento de bloques de rocas, estos desprendimientos pueden ser ya sea por caída libre, a manera de saltos o rodando, por lo cual es importante realizar un estudio geomecánico para conocer sus características y saber cómo se generan estos procesos, el cual es un riesgo que puede ocasionar accidentes y pérdidas humanas.

C. LOS DESLIZAMIENTOS

“Son movimientos descendentes relativamente rápidos de una masa de suelo o roca que tiene lugar a lo largo de una o varias superficies definidas que son visibles o que pueden ser inferidas razonablemente o bien corresponder a una franja relativamente estrecha. Se considera que la masa movilizada se desplaza como un bloque único, y según la trayectoria descrita los deslizamientos pueden ser rotacionales o traslacionales” (SICCHA RUÍZ, Orlando Alex, 2015, p.16).

Uno de los factores que causa un deslizamiento es la intensa lluvia que produce una inestabilidad en la roca como en el suelo. “Debido a la compleja relación interdependiente entre el agua y el suelo con respecto a la estabilidad, muchos estudios han intentado comprender esta relación esencial, lo que permitiría hacer predicciones más confiables de los peligros potenciales de las pendientes.” (Effect of variations in rainfall intensity on slope stability in Singapore, 2017 pág. 2). La inestabilidad causada por las lluvias en la Carretera Chiclayo Santa Cruz produce deslizamientos, la interacción del macizo rocoso con las precipitaciones fluviales ayudará a conocer la humedad que se encuentra el talud.

D. FISURAS

“Son rajaduras y/o resquebrajamiento que ocurren en la plataforma actual. Son producidas por pérdidas de soporte lateral, erosión de riberas, reptación de suelos, deslizamientos activos, derrumbes o por simple hundimiento en plataforma” (ALIAGA CHAVEZ, Manuel Jesús, 2003, p.53). Uno de los factores es que provoca las fisuras son la humedad y las fuerzas internas que al tener mucha carga por parte del talud, en la Carretera a Santa Cruz se encuentra muchas fisuras que con el tiempo se desquebrajan ocasionando desprendimiento del macizo rocoso.

E. CRITERIO DE ROTURA LINEAL DE MOHR-COULOMB

“Es un criterio de rotura lineal que expresa la resistencia al corte en 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.” (GONZÁLEZ DE VALLEJO, Luis, 2004, p.160). Es representado mediante la siguiente fórmula:

$$\tau = c + \sigma \tan(\phi)$$

Donde:

- τ y σ_n : son las tensiones tangencial y normal sobre el plano de rotura.
- c y ϕ : son la cohesión y ángulo de fricción interna del material.

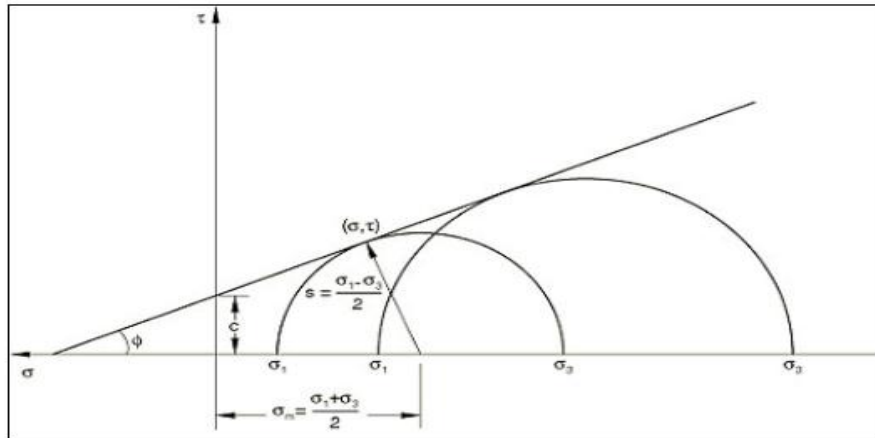


Figura 2: Criterio de rotura lineal de Mohr-Coulomb Fuente: (SACKSCHEWSHI CHAPMAN, 2017 pág. 20)

F. CRITERIO DE ROTURA NO LINEAL DE HOEK & BROWN

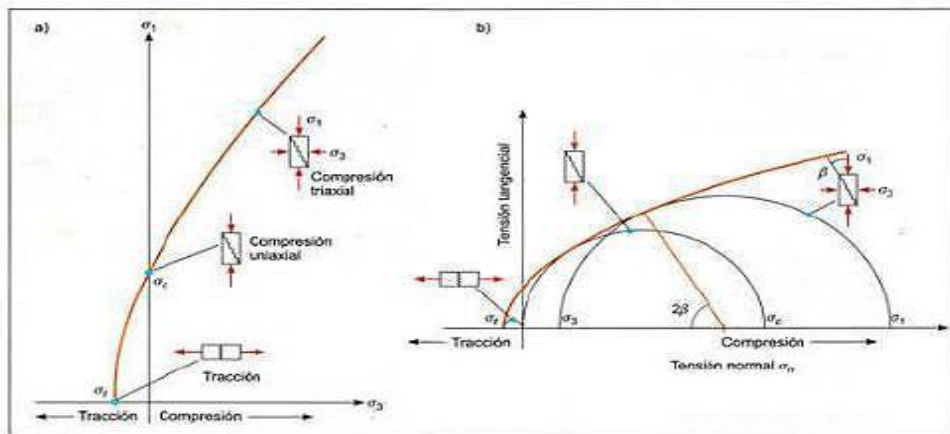
“Es un criterio de rotura no lineal más adecuado para evaluar la resistencia de la matriz rocosa en condiciones triaxiales. El criterio partía de las propiedades de la roca intacta y entonces se introducían factores reductores de estas propiedades sobre la base de las características de un macizo rocoso diaclasado.” (GONZÁLEZ DE VALLEJO, Luis, 2004, p.161)

Se representa mediante la expresión matemática:

$$\sigma_1 = \sigma_3 + \sigma_{ci} \left(m \frac{\sigma_3}{\sigma_{ci}} + s \right)^{0.5}$$

Donde:

- σ_1 = esfuerzo al corte
- σ_3 = esfuerzo normal
- σ_{ci} = resistencia a de la roca a la compresión uniaxial
- m y s = constantes del material rocoso, s=1 para roca intacta



Figura

3: Envoltentes de rotura del Criterio de Hoek & Brown en función de a) Esfuerzo principal b) Esfuerzo normal y tangencial Fuente: (SACKSCHEWSHI CHAPMAN, 2017 pág. 21)

G. TIPOS DE ROTURA

a. ROTURA PLANAR

“La rotura plana de taludes tiene lugar en macizos rocosos de resistencia mediana o alta afectadas por fallas y diaclasas. Este tipo de rotura consiste en el deslizamiento de una masa de roca a lo largo de un plano de discontinuidad que ha quedado descalzado por la cara de talud.” (RAMÍREZ OYANGUREN, Pedro, et al, 2008 p.286).m Es muy poco frecuente debido que la rotura debe ser paralela a la cara del talud ya que se forma por los ángulo del buzamiento y el ángulo de buzamiento de la cara de rotura, la cual es producida por una fuerte fractura en la roca.

b. ROTURA EN CUÑA

La rotura en cuña es un tipo de deslizamiento traslacional que está controlado por dos o más discontinuidades (estratificación, esquistosidad, diaclasas, fallas, etc.). Este tipo de deslizamientos generalmente se dan en macizos resistentes, con discontinuidades bien marcadas. Este tipo de rotura es sin duda alguna una de las más comunes en taludes excavados en roca, fácilmente observable

en múltiples carreteras, cualquier cantera o mina a cielo abierto.
(RAMÍREZ OYANGUREN, Pedro, et al, 2008 p.298)

Se produce a través de la unión de dos planos de discontinuidades, la cual produce una figura de bloque de forma de cuña generalmente se produce en la orientación y buzamiento de las diaclasas.

c. ROTURA POR VUELCO

“Las roturas por vuelco de taludes aparecen principalmente cuando el rumbo del plano de discontinuidad: fallas, estratificación, etc., coincide aproximadamente con el de plano del talud y además tiene un fuerte buzamiento hacia el interior del macizo rocoso.” (RAMÍREZ OYANGUREN, Pedro, et al, 2008 p.329). Es una rotura del talud por rotación de bloques de rocas que se presenta en macizo rocoso, con dirección contraria a la cara del talud y es de tipo de rotura controlada estructuralmente

d. ROTURA CIRCULAR

“La rotura circular se da en el caso de suelos, escombros de baja calidad muy alterados o meteorizados. En el ámbito minero esta rotura es realmente común en escombreras y presas de estériles, y también se da muy comúnmente en taludes de carreteras y en laderas naturales.” (RAMÍREZ OYANGUREN, Pedro, et al, 2008 p.383). Se dan en macizo rocoso altamente fracturado, muy alterado donde los planos de discontinuidad no controlan el comportamiento mecánico, se llama así al desprendimiento de planos de discontinuidad que se asemejan a una superficie cilíndrica.

1.3.2. ZONAS VULNERABLES

Se denomina zonas vulnerables a todas aquellas que se encuentran expuestas a eventos naturales o antrópicos, que pueden afectar no solo los diversos usos del lugar. También una zona vulnerable puede ser si se sitúa en un lugar de movimiento en las placas tectónicas.

A. VULNERABILIDAD

La vulnerabilidad se relaciona con las consecuencias o los resultados del impacto de una fuerza natural y no con el proceso natural en sí mismo que está propenso a ser un peligro latente por lo inestable que puede ser.

B. MEDIDAS DE CONTROL

Dado que un deslizamiento de tierra tiene un área grande en cuanto al diseño de medidas de remediación, también es posible la consideración de la incrustación de elementos de refuerzo en el cuerpo de la pendiente. Como primer método de medidas de remediación a la estabilidad de la pendiente de la carretera se propuso el refuerzo de la pendiente con materiales geosintéticos. Al diseñar las medidas correctoras han de considerarse el coeficiente de seguridad que se debe alcanzar. Si bien en el diseño de un talud permanente puede ser adecuado un valor de 1,5 (que puede ser de 1,3 en taludes provisionales), en la corrección de un talud inestable se parte de un valor menor de 1,0 y puede ser suficiente alcanzar un valor de 1,2 o 1,25, salvo que se trate de excavaciones que obliguen a valores superiores. (GONZÁLEZ DE VALLEJO, Luis, 2004, p.471)

C. CAÍDA DE ROCA

Para la prevención de caída de roca en los taludes se tienen diversas medidas de control, que dependen básicamente de las características del terreno a proteger, como su topografía, su clasificación geomecánica y las estructuras a proteger ya sea en la parte inferior y superior del talud. Es un proceso sistemático que minimiza los posibles riesgos que se pueden tener en el trabajo. Todas las medidas y controles de seguridad ayudan a poder hacer un seguimiento a las construcciones que se realiza para controlar los posibles desprendimientos de roca en la carretera.

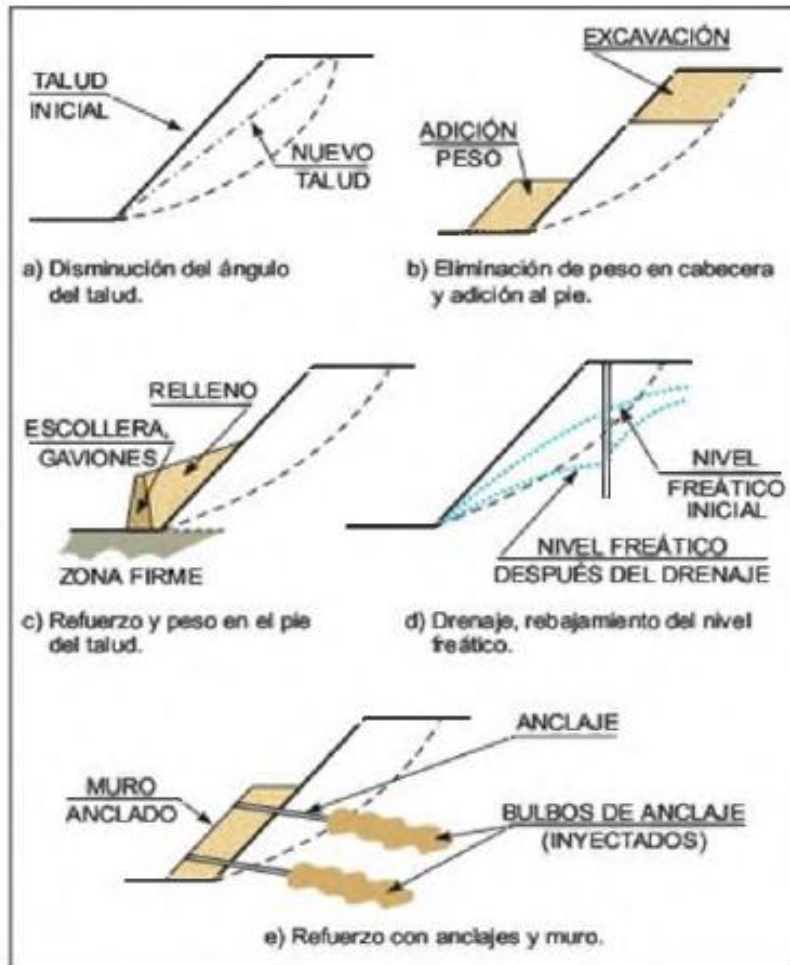


Figura 4: Métodos para aumentar el coeficiente de seguridad de taludes Fuente: (GONZÁLEZ DE VALLEJO, 2004 pág. 471)

D. FACTOR DE SEGURIDAD

“El factor de seguridad es una medida determinística de la relación entre las fuerzas (capacidad) y las fuerzas impulsoras (demanda), del sistema en su entorno considerado. El factor de seguridad es el criterio más básico de diseño aceptado en la ingeniería de taludes.” (MAMANI LARICO, Roger Rene, 2016, p.128) Citado por Read & Stacey 2009. En la carretera a Santa Cruz el tipo de roca no es la misma en todos los tramos y se va a analizar las características para conocer su factor de seguridad para cada tramo estudiado.

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. La condición de equilibrio límite existe cuando el FS es igual a 1. (SACKSCHEWSKI CHAPMAN, Carlos, 2017, p.34)

Es decir:

$$FS = \frac{\text{fuerza resistente}}{\text{fuerza actuante}}$$

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.

E. CLASIFICACIONES GEOMECÁNICAS

“Los sistemas de clasificación de los macizos rocosos tienen por objeto evaluar sus características para determinar de forma cuantitativa su calidad”. (MAMANI LARICO, Roger Rene, 201, p.79). De acuerdo con la clasificación y propiedad índice de las rocas, el macizo rocoso se encuentra tipos de clasificaciones según el lugar de estudio ya sea taludes o túneles. Para el estudio de taludes, los sistemas de clasificación más comunes son el RMR de Bieniawski y el GSI de Hoek y Brown y Para túneles y excavaciones subterráneas además de las anteriores se usan normalmente el método Q de Barton.

a. CLASIFICACIÓN GEOMECÁNICA DE BIENIAWSKI (RMR)

“Desarrollada por Bieniawski en 1973, con actualizaciones en 1979 y 1989, constituye un sistema de clasificación de macizos rocosos que permite a su vez relacionar índices de calidad con parámetros geotécnicos del macizo y de excavación y sostenimiento en túneles” (GONZÁLEZ DE VALLEJO, Luis, 2004, p.230). La clasificación geomecánica de Bieniawski permite hacer una clasificación de un macizo rocoso ‘in situ’ el cual se obtiene un estimando de cinco parámetros que son: resistencia de la roca inalterada (compresión uniaxial), el RQD (Rock Quality Designation), espaciamiento entre diaclasas, el estado de las diaclasas y las condiciones del agua subterránea.

El RMR se obtiene como suma de unas puntuaciones que corresponden a los valores de

cada uno de los seis parámetros y oscila entre 0 y 100, y que es mayor cuanto mejor es la calidad de la roca. En función de la clase obtenida, se puede establecer una estimación de las características geotécnicas (ángulo y cohesión) y de su comportamiento frente a excavaciones. Bieniawski distingue cinco tipos o clases de roca según el valor del RMR:

- CLASE I: $RMR > 80$, Roca muy buena
- CLASE II: $80 < RMR < 60$, Roca buena
- CLASE III: $60 < RMR < 40$, Roca media
- CLASE IV: $40 < RMR < 20$, Roca mala
- CLASE V: $RMR < 20$, Roca muy mala

Al resultado de cada uno de los parámetros se le asigna, según las tablas, un valor y se suman todos ellos para obtener el índice de calidad RMR sin correcciones, al resultado se resta un factor de ajuste en función de la orientación de las discontinuidades.

b. ÍNDICE DE RESISTENCIA GEOLÓGICA (GSI)

“Este índice incorpora la estructura del mismo y las características geomecánicas de las superficies de discontinuidad existentes en él y se obtiene a partir de un examen visual del macizo rocoso en afloramientos y sondeos” (RAMÍREZ, Pedro & ALEJANO, Leandro, 2004, p.165).

El índice de resistencia geológica (GSI) es un parámetro que depende de los datos obtenidos en las visitas a campo como la resistencia de la roca a la fracturación y del estado en que se encuentra el macizo rocoso.





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

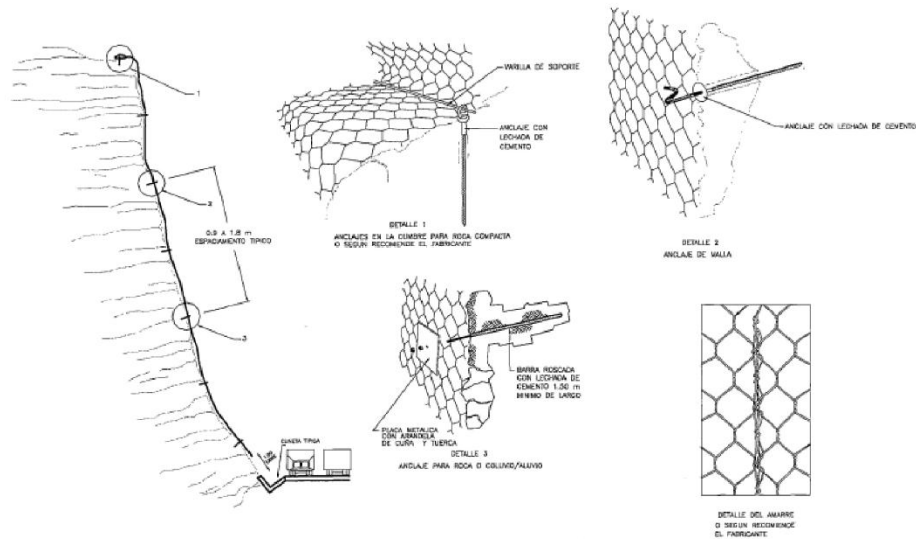
Figura 5: Estimación del GSI en base a descripciones geológicas (Hoek y Brown, 1997).
Fuente: Manual de ingeniería Geológica

F. MEDIDAS DE CONTROL USADAS EN TALUDES

a. MODIFICACIÓN DE LA GEOMETRÍA

“Mediante la modificación de la geometría de los taludes se redistribuyen las fuerzas debidas al peso de los materiales, obteniéndose una nueva configuración más estable”.
(GONZÁLEZ DE VALLEJO, Luis, 2004 p.471) Las actuaciones más frecuentes son:

- Disminuir la inclinación del talud.
- Eliminar peso de la cabecera del talud (descabezamiento).
- Incrementar el peso en el pie del talud (tacones o escolleras).
- Construir bancos y bermas (escalonar el talud).



b. DISEÑO DE ENMALLADOS

El desarrollo de la mecánica de rocas en los últimos años, ha hecho cambiar de forma radical los trabajos de protección de taludes que hasta entonces ha estado basado en la experiencia. Así, con la finalidad de proteger al talud de la erosión y evitar la rotura progresiva de éstos, se utiliza como medidas de protección los enmallados. Pueden ser de diferentes tipos, revisten el talud y son fijados a éste, mediante anclajes como se muestra en la figura 5 (GARCÍA PRADO, Felix Eduardo, 2005, p.113). Los diferentes tipos de enmallados son:

- Las mallas de alambre con pernos de anclaje
- Redes de cables con pernos de anclaje
- Combinación de mallas y red de cables.

Figura 6: Esquema de un Talud con Enmallados Fuente: (ALVARADO SALAZAR, y otros, 2014 pág. 72)

c. HORMIGÓN PROYECTADO

“El concreto lanzado es una mezcla de cemento y agregados, los cuales se pueden colocar en seco o por vía húmeda; generalmente, se ubica una malla de refuerzo previamente al lanzado del concreto. El hormigón proyectado es un tratamiento superficial que evita la

meteorización de la roca y su deterioro progresivo y los desprendimientos de pequeña magnitud. Es frecuente emplearlo en combinaciones con anclajes.” (DE LA CRUZ INGA, Percy Lino, et al, 2013, p.88). El hormigón o Shotcrete va a ayudar al revestimiento del talud, el cual ayuda en superficies irregulares que se puede encontrar en la Carretera Chiclayo - Santa Cruz para la estabilización y lo bueno que se puede proyectar a cualquier altura lo que facilitaría ya que los taludes son demasiado altos.

d. ESTACAS DE CONTENCIÓN

“Estos elementos de acero liso fueron diseñados teniendo en consideración que soportarán el peso proveniente de suelo vegetal que esté por encima de ellos y por debajo de la estaca de contención inmediatamente anterior”. (ALVARADO SALAZAR, Alan Alexis, et al, 2014, p.61) Según el esquema:

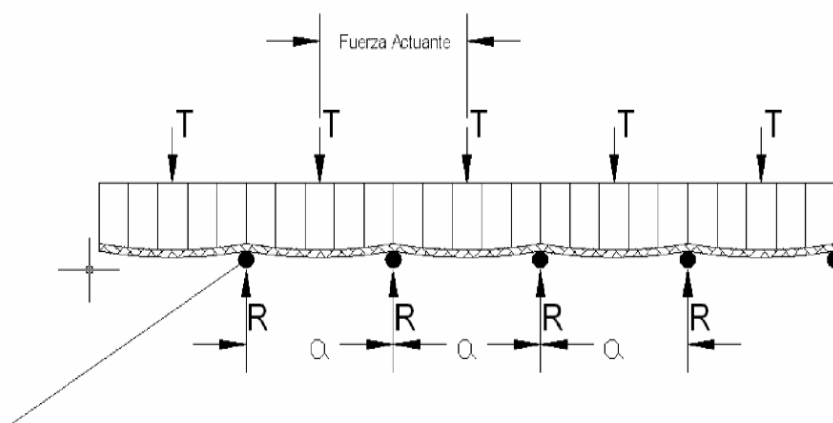


Figura 7: Estacas de Contención Fuente: (ALVARADO SALAZAR, y otros, 2014 pág. 78)

e. LOS ANCLAJES

“Se pueden usar para mejorar la estabilidad de una pendiente de carretera aplicaciones. Los anclajes de tierra se pueden usar también como una medida correctiva para la pendiente de deslizamiento” (Assessment of Slope Stability on the Road, 2017).

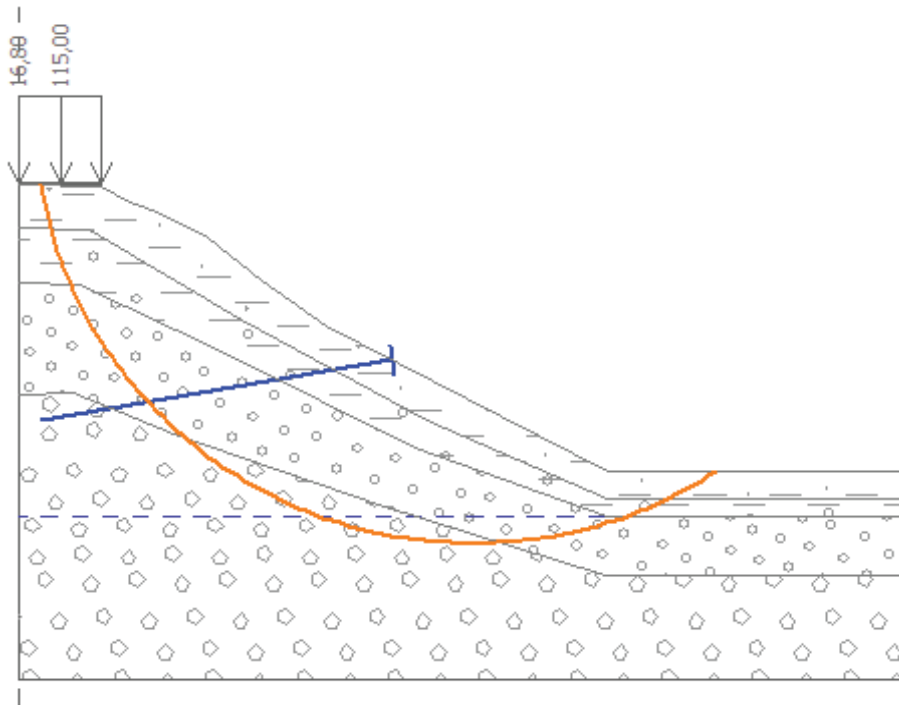
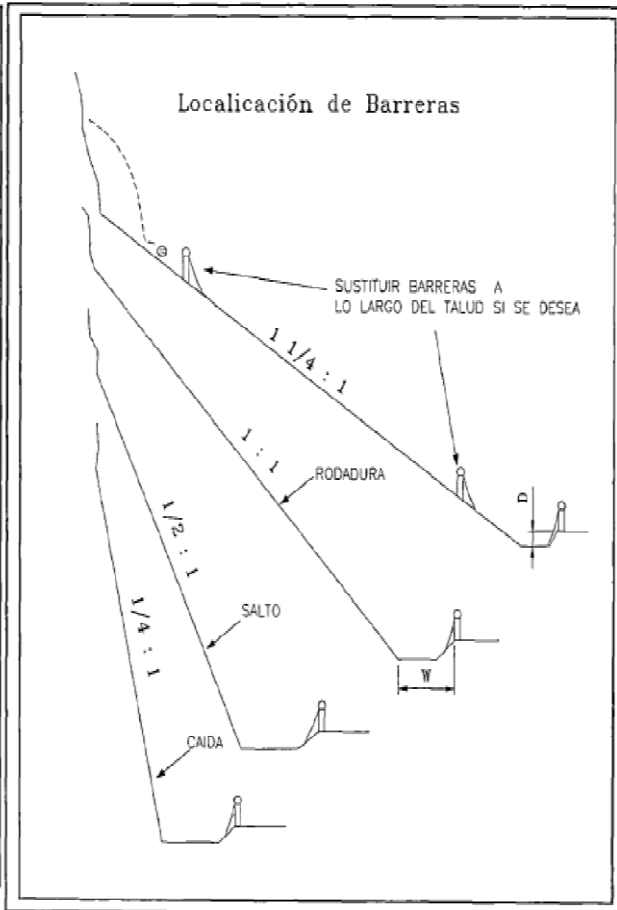


Figura 8: Método Petterson Reforzado de pendiente con anclajes de tierra Fuente: (Assessment of Slope Stability on the Road, 2017)

f. CUNETAS - CRITERIO DE RITCHIE

Usa como datos de entrada la altura y el ángulo del talud desde donde se desprenden las rocas, las medidas de ancho de cuneta, y profundidad se encuentran en la ilustración 5. En 1986, Mak y Blomfield realizaron una investigación sobre estas cunetas en taludes precortados de alturas mayores de 12m, los resultados alcanzados estuvieron muy cercanos a los de Ritchie y se muestran en la ilustración 6 (GARCÍA PRADO, Feliz Eduardo, 2005, p.112)

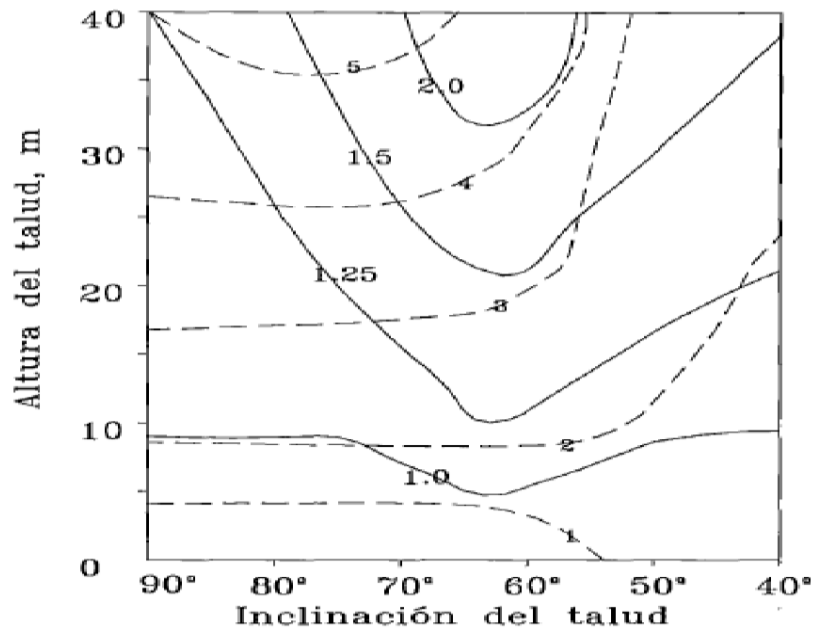
TALUD ROCOSO: CASI VERTICAL (H:V>1:4)		
H (m)	W (m)	D (m)
4.5 - 9.0	3.0	0.9
9.0 - 18.0	4.5	1.2
> 18.0	6.0	1.2
TALUD ROCOSO: 0.25:1 & 0.3:1		
H (m)	W (m)	D (m)
4.5 - 9.0	3.0	0.9
9.0 - 18.0	4.5	1.2
18.0 - 30.0	6.0	1.8 *
> 30.0	7.5	1.8 *
TALUD ROCOSO: 0.5:1		
H (m)	W (m)	D (m)
4.5 - 9.0	3.0	0.9
9.0 - 18.0	4.5	1.8 *
18.0 - 30.0	6.0	1.8 *
> 30.0	7.5	2.4 *
TALUD ROCOSO: 0.75:1		
H (m)	W (m)	D (m)
4.5 - 9.0	3.0	0.9
9.0 - 18.0	4.5	1.2
> 18.0	4.5	1.8 *
TALUD ROCOSO: 1:1		
H (m)	W (m)	D (m)
4.5 - 9.0	3.0	0.9
9.0 - 18.0	3.0	1.5 *
> 18.0	4.5	1.8 *
TALUD ROCOSO: 1.25:1		
Use barreras		



* Se recomienda colocar una pantalla al borde de la calzada y con ella se puede reducir la profundidad de la cuneta a 1.20m.

* Tomado del Washington State DOT Roadway Design Manual

Figura 9: Criterio Modificado de Ritchie Fuente: (ALVARADO SALAZAR, y otros, 2014)



Figura

— — Ancho cuneta, m
 — Profundidad cuneta, m

10:

Diagrama para el Dimensionamiento de Cunetas para la Intercepción de Rocas

Fuente: (ALVARADO SALAZAR, y otros, 2014)

1.3.3. TEORÍAS GENÉRICAS

A. MECÁNICA DE ROCAS

“Mecánica de rocas es la ciencia teórica y aplicada que estudia el comportamiento de mecánico de las rocas y de los macizos rocosos. Sería pues la rama de la ingeniería dedicada al estudio de la respuesta de las rocas y macizos rocosos al campo de fuerzas que actúan en su entorno”. (RAMÍREZ OYANGUREN, Pedro, et al, 2008, P.158, citado por el COMITÉ AMERICANO, P.3, 1974). La mecánica de rocas tiene una gran importancia en la estabilidad de taludes porque da a conocer las fuerzas que interactúan en el macizo rocoso para poder conocer la inestabilidad de la roca y los factores que influyen para su desprendimiento.

B. GEOLOGÍA

“La geología es la ciencia que estudia la tierra, su composición, su estructura, los fenómenos que han ocurrido y ocurren en la actualidad, su evolución como planeta, su relación con los astros del universo así como la evolución de la vida mediante los documentos que de ella han quedado en las rocas”. (RIVERA MANTILLA, Hugo, 2011 p.11). La geología es muy importante para la Carretera Chiclayo - Santa Cruz ya que va a describir la estructura de la roca para conocer la era geológica que ha llevado a formarse y conocer sus características de los taludes para ver sus propiedades.

C. TOPOGRAFÍA

“Es indispensable contar con un plano preciso del sitio, donde se localizan la posición de los sondeos, las áreas donde se efectuó el levantamiento de las fisuras la localización de estructuras y de las secciones que se deben analizar. Generalmente una escala 1:100 es suficiente aunque una escala 1:50 o 1:20 se puede necesitar cuando la altura del talud es menor de 10 m” (TORRES CHUNG, César Roberto, 2007, p.25).

D. HIDROLOGÍA

“La hidrología es una ciencia encargada de estudiar el agua, su distribución, escorrentía, precipitación, humedad, evapotranspiración, etc. y a la mano de ésta, tenemos a la hidráulica, la cual se encarga de estudiar las propiedades mecánicas del agua y plantea soluciones para el manejo de ésta”. (URETA DELGADO, Elisa Valeria, 2017, p.37). Características de la zona de estudio y la problemática que presenta, será para protección y control, el proyecto típico será drenaje vial y de estructuras, ya que serán empleados no sólo para evitar el deterioro de la vía, sino que a su vez, servirá para drenar el agua que pueda debilitar el talud en las estructuras de contención.

E. SISMICIDAD

“Es el estudio de los sismos que puede tener alta o baja sismicidad, lo que tiene relación con la frecuencia con que ocurren los sismos en el diseño de las obras de estabilización de los deslizamientos de Las Curvas de la Leona, se pretende en este acápite dar un resumen de la tectónica, sismicidad histórica, estudios de peligro sísmico, deslizamientos inducidos por sismos y registros de aceleraciones en El Salvador” (GARCÍA PRADO, Felix Eduardo, 2005, p.160).

F. GEOMECÁNICA

“La Geomecánica en la industria minera tradicionalmente ha sido considerada como un asunto ligado primordialmente a la seguridad, sin embargo, además de la seguridad, hay un reconocimiento creciente sobre su impacto en los aspectos económicos de las operaciones mineras” (PARDO FERRER, Luis Alex, 2014 p.106).

“La geomecánica es el estudio de cómo se deforman los suelos y las rocas, hasta terminar a veces en su falla, en respuesta a los cambios de esfuerzos, presión, temperatura y otros parámetros ambientales” (Las Rocas Importan: Realidades de la Geomecánica, 2008, p.38). La geomecánica es una respuesta mecánica de todos los materiales geológicos aplicando al comportamiento mecánico de las rocas para estudiar las condiciones de estabilidad, deformación y resistencia del macizo rocosos.

1.3.4. NORMATIVA

Según la LEY 27792, Ley de organización y Funciones del Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento que según el D.S. 017-2012 se actualiza la Norma C.E. 020 - SUELOS Y TALUDES del Reglamento Nacional de Edificaciones. Contempla las especificaciones técnicas mínimas, para el mejoramiento solicitado en la resistencia de los suelos y de la estabilidad de taludes, mediante 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

Menciona las características técnicas y pasos que se deben de seguir en las zonas críticas y el procedimiento que se debe de tener para la construcción o mantenimiento de un talud para hacerlo más estable en las carreteras.

Según el Reglamento de Seguridad y Salud Ocupacional en Minería - D.S. 024 - 2016 EM con su modificatoria 023 - 2017 EM, menciona en sus artículos 33, 133 y 224:

Que se deberán actualizar los estudios y lo realizará ingenieros colegiados elaborando un procedimiento escrito de trabajo seguro para cada una de procesos mineros que se van a ejecutar resaltando las labores de un riesgo alto. Además se debe de caracterizar el tipo de roca, para poder llegar a conocer las características del macizo rocoso, en dichas operaciones se debe contar con equipos de seguridad y más si se trabaja en taludes empinados por el peligro de desprendimiento de rocas. Y también hace mención en los trabajos de mantenimiento, lo cual se recomienda realizar primero el desatado de rocas como tarea de seguridad en los taludes para que no haya posibles desprendimientos que puedan causar daños materiales o humanos luego se proseguirá a dar mantenimiento y control a los taludes.

Normativa para ensayos: ASTM

Las que se van a emplear para los ensayos son:

ASTM D4543-85

La realización del ensayo de compresión uniaxial, se describe en esta normativa la cual brinda los pasos y describe el procedimiento que se deben de tomar para obtener los datos que se necesita de la roca.

ASTM D5731-95

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

ASTM D5873-05

Describe cómo se va a usar el esclerómetro o también llamado Martillo de Schmidt para ensayos de resistencia uniaxial.

1.3. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

¿Cómo determinar zonas vulnerables para prevenir la caída de roca en la Carretera Chiclayo – Santa Cruz tramos Puente Cumbil - Catache 04+000km al 09+000km?

1.4. JUSTIFICACIÓN SOCIAL, ECONÓMICA AMBIENTAL

JUSTIFICACIÓN TÉCNICA

Presenta una justificación técnica ya a que a lo largo de la Carretera Chiclayo – Santa Cruz tramos Puente Cumbil - Catache 14+000km al 19+000km, se producen deslizamientos de roca con mucha frecuencia es por ellos que se pretende realizar un estudio, poniendo en práctica los conocimientos teóricos de la mecánica de rocas, y de esta manera proponer medidas de control para evitar los deslizamientos de rocas.

JUSTIFICACIÓN SOCIAL

Presenta una justificación social, pues se pretende establecer medidas de prevención y control para reducir los accidentes de vehículos y de pérdidas humanas debido a la caída de rocas que se generan especialmente en épocas de lluvia en el cual las personas son muy afectadas debido al desprendimiento de rocas más prolongadas.

JUSTIFICACIÓN ECONÓMICA

Se justifica económicamente teniendo en cuenta los gastos que se producen al dar mantenimiento de la carretera después de un desprendimiento de rocas en la época de lluvias y también la interrupción por estos mantenimientos que bloquea el paso de camiones de carga y vehículos hacia la ciudad de Chiclayo reduciendo la economía de las ciudades aledañas alrededor de Catache.

JUSTIFICACIÓN AMBIENTAL

Cabe destacar que este estudio origina un impacto ambiental positivo al favorecer mayor seguridad en las laderas ya que se aprecia que habido deslizamientos y huaycos que arrasaron con tramos de la carretera dejando inhabilitada para el tránsito.

1.5. HIPÓTESIS

Si se determinan las zonas vulnerables entonces permitirá reducir la caída de rocas en taludes de la carretera Chiclayo – Santa Cruz tramos Puente Cumbil - Catache 14+000km al 19+000km.

1.6. OBJETIVOS

1.7.1. OBJETIVO GENERAL

Determinar las zonas vulnerables para prevenir la caída de rocas en la Carretera Chiclayo – Santa Cruz tramos Puente Cumbil - Catache 04+000km al 09+000km.

1.7.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Describir la geología local y regional del área de estudio.
- Obtener datos de la orientación de las discontinuidades del macizo rocoso para el análisis interactivo de estructuras.
- Identificar los macizos rocosos más inestables mediante las aplicaciones de las clasificaciones geomecánicas.
- Identificar la cohesión y el ángulo de fricción del macizo rocoso mediante ensayos en laboratorio para conocer la resistencia del macizo rocoso.
- Proponer medidas de control para reducir los accidentes por caídas de rocas en taludes.

CAPÍTULO II: MÉTODO

2.1. DISEÑO DE INVESTIGACIÓN

El presente trabajo de investigación, se fundamentó en la investigación experimental de tipo cuasi-experimental que tiene esquemas de investigación no aleatorios porque no se pudo tener el control absoluto de la estabilidad de taludes para el análisis de las medidas de control en la caída de rocas pero se pretendió tener el mayor control posible a través de situaciones utilizando, ensayos de laboratorio y estudios geomecánicos a la roca para la determinación de zonas vulnerables de la caída de rocas en la Carretera Chiclayo – Santa Cruz tramo Puente Cumbil – Catache km 04+000 al km 09+000, en macizo rocoso a partir de la caracterización geológica y resistencia a la compresión axial y triaxial, porque describe el macizo rocoso en función de los factores geológicos, geotécnicos y geomecánicos, con la valoración RMR y SMR, y analítico porque se analizó la estabilidad del talud, que están en razón a las variables desarrolladas en la investigación.

2.2. DEFINICIÓN CONCEPTUAL DE VARIABLES

Variable independiente: Zonas Vulnerables

Se denomina zonas vulnerables a todas aquellas que se encuentran expuestas a posibles movimientos en las placas tectónicas que pueden ocasionar eventos naturales o también puede ser antrópicos ya que pueden alterar la morfología del lugar, también una zona vulnerable puede dar en laderas empinadas, sin vegetación, con predominancia de suelos sueltos o rocas fracturadas, o zonas vulnerables a terremotos, por lo que hace susceptible a posibles deslizamientos lo cual está sujeto a las condiciones topográficas y geológicas de cada área específica y del conocimiento de deslizamientos ocurridos en el pasado.

“La vulnerabilidad es el grado de pérdida de un determinado elemento o grupo de elementos en riesgo, como resultado de la ocurrencia de un fenómeno natural de una magnitud determinada”. (Varnes 1984). La vulnerabilidad es afectada por la naturaleza del sitio, si está arriba o abajo el deslizamiento, y la naturaleza del elemento en riesgo. La velocidad del movimiento también afecta la vulnerabilidad, a mayores velocidades generalmente, las vulnerabilidades son mayores. Esto puede conducir a diferentes grados de daño en el camino o trayectoria de un deslizamiento. Para estructuras, la valoración del daño y la vulnerabilidad depende de la modelación de la interacción del deslizamiento

de la estructura. Este factor se puede documentar fácilmente para caídos de roca cuando las estructuras han sido diseñadas para resistir los impactos, y en menor extensión para flujos de detritos y movimientos lentos. Para deslizamientos de gran velocidad no existe una guía para evaluar la vulnerabilidad y es necesario utilizar criterios relativamente subjetivos.

Variable dependiente: Caída de Roca

“Movimiento de una masa de roca, derrubios o tierra, pendiente abajo” (Las Rocas Importan: Realidades de la Geomecánica, 2008) Se trata de rocas que caen de un talud por desprendimientos o desplomes que se produce en las rocas por las alteraciones y por los agentes geológicos, estos fenómenos traen consecuencias graves, ya que muchos de ellos son causa de accidentes, sobre todo en carreteras, o al momento de realizar una obra de ingeniería civil.

2.3. CUADRO DE OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

VARIABLE INDEPENDIENTE	DIMENSIÓN	INDICADORES	SUB-INDICADORES	ÍNDICE	TÉCNICA DE RECOLECCIÓN DE DATOS	INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS	INSTRUMENTO DE MEDICIÓN
MEDIDAS DE CONTROL	CLASIFICACIONES GEOMECÁNICAS	RMR	Resistencia uniaxial de la matriz rocosa	Metros	Observación	Guía de observación (ficha de campo)	Martillo de Smith
			Grado de fracturación en términos del RQD	Grados	Observación	Guía de observación (ficha de campo)	Wincha
			Espaciado de la discontinuidades	Metros	Observación	Guía de observación (ficha de campo)	Wincha
			Condiciones de las discontinuidades	Metros	Observación	Guía de observación (ficha de campo)	Peine de Barton

			Orientación de las discontinuidades	Grados	Observación	Guía de observación (ficha de campo)	Brújula
TÉCNICO	MEDIDAS DE ESTABILIZACIÓN	Modificación de la geometría	Costo	Ficha de campo	Hoja de cálculo (Excel)	Wincha de lona	
		Elementos estructurales resistentes	Costo	Ficha de campo	Hoja de cálculo (Excel)	Equipo triaxial	
		Medias de protección superficial	Costo	Ficha de campo	Hoja de cálculo (Excel)	Equipo triaxial	

Operacionalización de las variables Fuente: elaboración propia

VARIABLE DEPENDIENTE	DIMENSIÓN	INDICADORES	SUB-INDICADORES	ÍNDICE	TÉCNICA DE RECOLECCIÓN DE DATOS	INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS	INSTRUMENTO DE MEDICIÓN
CAÍDA DE ROCA	TÉCNICO	GEOLOGÍA	Geología Regional	Litología	Revisión de la bibliografía	Guía de análisis documental	-
			Geología local	Litología	Revisión de la bibliografía	Guía de análisis documental	-
	AMBIENTAL	MORFOLOGÍA DEL TERRENO	Grado de riesgo	Riesgo	Ficha de campo	Documentos	-

Operacionalización de las variables Fuente: elaboración propia

2.4. POBLACIÓN Y MUESTRA

2.4.1. POBLACIÓN

La población está comprendida en la Carretera Chiclayo – Santa Cruz que tiene una distancia de 132 kilómetros.

2.4.2. MUESTRA

La muestra se da en la zona específica la presente tesis que es solamente en el tramo kilómetro 04+000 al kilómetro 09+000 del Puente Cumbil a Catache.

2.5. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS, VALIDEZ Y CONFIABILIDAD

2.5.1. TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

Las técnicas empleadas para recolectar toda la información necesaria fueron:

- A. Observación
- B. Análisis documental

2.5.2. INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS

a. GUÍA DE OBSERVACIÓN DE CAMPO:

Se utilizó un formato que permitía describir las coordenadas UTM del lugar en estudio; tomando como referencia el punto de inicio del tramo y el punto final de mismo. (Puntos de Carretera). **Ver ANEXO 2 - Tabla 01.**

Se utilizó un formato en el cual se ingresaban los datos del buzamiento y dirección de buzamiento obtenidos en campo con una bruja de geólogo, que fueron dibujados en estaciones estereográficas. **Ver ANEXO 2 - Tabla 04.**

Se utilizó el formato a través del cual se describía y caracterizaba al macizo rocoso geológicamente tomando en cuenta la clasificación geomecánica de Bieniawski. (Clasificación Geomecánica RMR). **Ver ANEXO 2 - Tabla 02.**

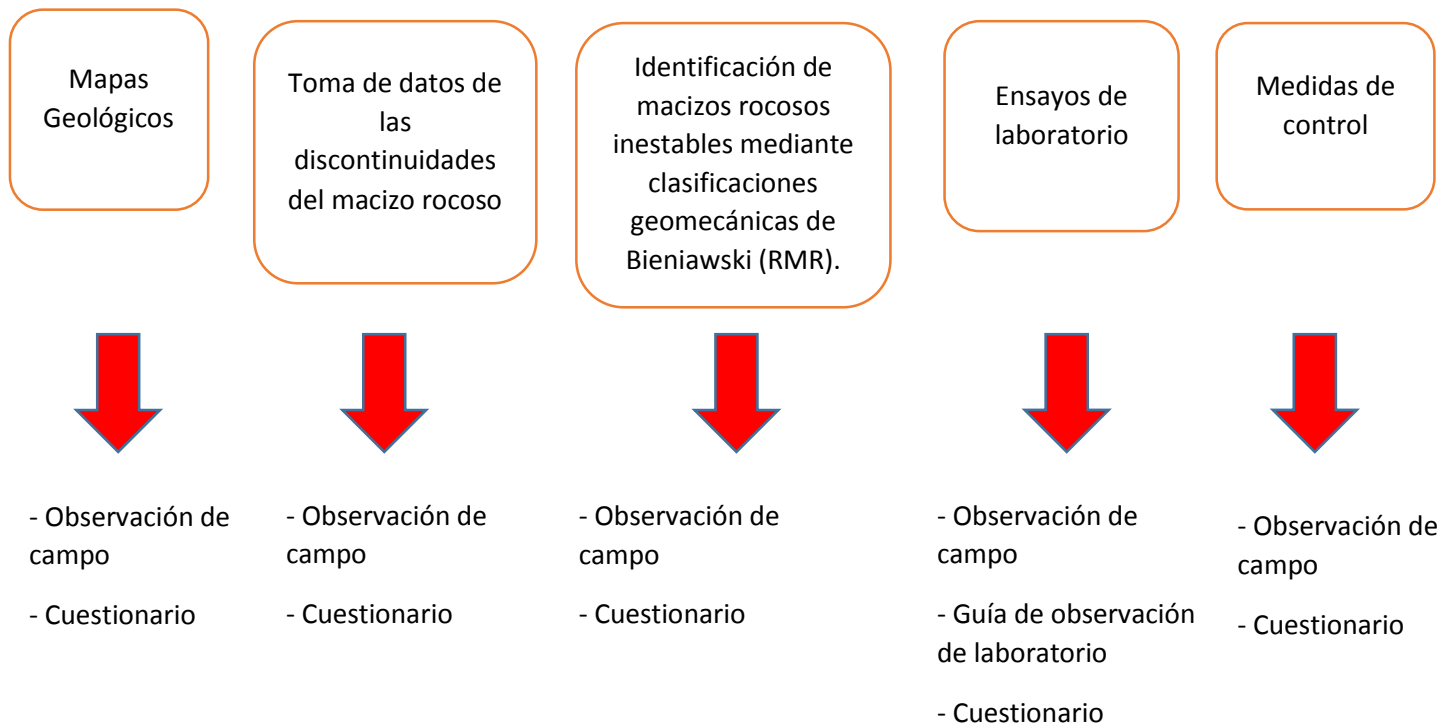
b. GUÍA DE OBSERVACIÓN DE LABORATORIO

Este formato se utilizó con la finalidad de describir detalladamente los resultados de los ensayo uniaxial y carga puntual de laboratorio para procesar los cálculos y análisis de los mismos. Ver ANEXO 2 Tabla 03.

c. CUESTIONARIO

Este formato se utilizó con la finalidad de conocer los procedimientos que se tienen en cuenta antes y después de un desprendimiento de rocas en la carretera a un experto en estabilidad de taludes en carreteras. Ver ANEXO 3 - Cuestionario 02.

2.6. MÉTODOS DE ANÁLISIS DE DATOS



2.7. DESCRIPCIÓN DE PROCESOS

- **Describir la geología local y regional de la zona**

Con la idea de conocer mejor el lugar de estudio se planteó el objetivo de un mapa local y regional geológico con la finalidad de describir el lugar para un mejor conocimiento de las diferentes rocas y sus edades geológicas que se representaron mediante una serie de colores para diferenciar las rocas y las eras geológicas. Lo cual primero se ha llevado a cabo la búsqueda de mapas geológicos en el Geocatmin y luego se ha reconocido in situ los tipos de rocas que hay en el lugar y se ha realizado un mapa geológico en el software Qgis para su mejor representación y conocimiento.

- **Obtener datos de la orientación de las discontinuidades del macizo rocoso para el análisis interactivo de estructuras.**

A partir de la orientación de los estratos se puede establecerse la orientación y la forma supuesta de la estructura. Utilizando esta información, se puede reconstruir las estructuras previas a la erosión y empezar a interpretar la historia geológica del área de estudio. Para tomar el valor del buzamiento se usan solo los cuadrantes I (entre 0 hasta 90°) o el cuadrante IV (entre 270° hasta 360°). Significa la aguja que marca entre 0-90° o entre 270-360° es la aguja de la lectura.

- **Identificar los macizos rocosos más inestables mediante las aplicaciones de las clasificaciones geomecánicas de Bieniawski.**

La finalidad de este objetivo es conocer el tipo de roca que se encuentra en el área de estudio, se desarrolló el formato in situ para evaluar el estado que se encontraba las discontinuidades, con la ayuda de la brújula y de una wincha se sacarán los datos del talud y de las discontinuidades para conocer su relación entre sí, lo cual ayudará a determinar los parámetros de ajuste de las clasificaciones geomecánicas de que van hacer apuntados en la guía de observación Bieniaswky y los resultados se analizaron dependiendo a la tabla de la clasificación geomecánicas de taludes.

- **Identificar la cohesión y la fricción del macizo rocoso mediante ensayos en laboratorio para saber qué tipo de sostenimiento requiere el talud.**

Se realizó dos ensayos de laboratorio el primero fue el ensayo de comprensión simple que se sacó muestras del el tramo 04+000 donde hubo desprendimiento de rocas en el mes de marzo, luego llevar las muestras al laboratorio donde el testigo debe ser cilindro recto circular con una relación longitud diámetro (L/D) entre 2 y 2.5. Deberá tener un diámetro mayor de 45 mm, que tiene como objetivo diagnosticar la resistencia máxima a la compresión sin confinamiento lateral de un testigo cilíndrico de roca. Los procedimientos a seguir son los siguientes: Confirmar que el asiento esférico pueda girar libremente sobre su base. Acicalar las superficies de los bloques superior e inferior y del testigo. Ubicar el testigo sobre el asiento inferior. La carga y asiento superior se juntan hacia el testigo paulatinamente hasta que se alcance un asentamiento uniforme de la carga sobre el testigo. Una malla protectora se coloca alrededor del testigo para impedir posibles daños al volar los fragmentos de roca. La carga debe ser aplicada en forma continua con una razón constante de manera que la falla ocurra entre 5 y 10 minutos después de iniciada la carga. Registrar la carga máxima aplicada sobre el testigo. Para esta toma de datos se utilizará una guía de observación (formatos) y un cuestionario (especialista).

El otro ensayo se realizó en el tramo 07+000 donde se han encontrado filtraciones de agua y se planteó el ensayo de carga puntual con la finalidad de determinar su resistencia de la misma forma la cohesión y la fricción del macizo rocoso. Es usado para estimar la resistencia a la compresión uniaxial de la roca, para ello se tomaron 6 testigos o muestras las cuales se tuvo dimensiones entre 20 y 65 mm y una relación $2.5 < L/D < 2$, el procedimiento que se realizó es el siguiente: en primer lugar se identificó las muestras y se hacen las mediciones de las dimensiones de la muestra, luego dependiendo del tipo de muestra (testigos cilíndricos de roca, bloques cortados, pedazos irregulares) se sitúa el testigo entre las puntas cónicas de la máquina, resguardando que se cumplan los parámetros ya establecidos del ASTM, posteriormente se recubre la maquina con una bolsa resistente cuyo fin será el de evitar que al momento de fallar la roca no salten fragmentos y dañen a personas u objetos del laboratorio, luego una persona se encarga de medir la presión a la cual está siendo sometida la muestra mediante un manómetro conectado directamente a la prensa hidráulica, una segunda persona será la encargada de ir aumentando paulatinamente la presión en la prensa hidráulica, una vez falle el testigo se retira y se analizan las condiciones y modo de ruptura y finalmente se realiza el cálculo

del índice de carga puntual. Todos los datos obtenidos de este ensayo serán recopilados en un formato ya establecido. El máximo valor de carga axial y su correspondiente presión de confinamiento se registran. Los instrumentos que nos ayudarán a dar solución a este objetivo es una guía de observación de campo (formatos) y un cuestionario (especialista).

- **Proponer medidas de control para minimizar los accidentes por caídas de rocas en taludes**

Para realizar las medidas de control se tomaron los datos de campo ya obtenidos de las guía de clasificaciones geomecánicas de Bieniaswky y de los resultados de los ensayos de laboratorio, donde ya hay una guía establecida para la recolección de datos donde el resultado que se obtiene se evalúa para conocer qué tipo de sostenimientos es el más adecuado según la resistencia de la roca. Los instrumentos que nos ayudan a dar solución a este objetivo es una guía de observación de campo (formatos) y un cuestionario (especialista).

2.7.1. ASPECTOS ÉTICOS

Según los principios propuestos por la Universidad y el fundamento de la investigación los aspectos éticos a tener en cuenta en el presente trabajo de investigación son los siguientes: Manejo de fuentes de consulta, Claridad en los objetivos de la investigación, Transparencia de los datos obtenidos, Confidencialidad y Profundidad en el desarrollo del tema.

Manejo de fuentes de consulta: Fichas bibliográficas con datos completos, registro de archivo con todas las fuentes consultadas, describir las citas textuales y las no textuales; y diferenciar las aportaciones de otros, de las propias e interpretar los textos y no modificarlos.

Claridad en los objetivos de la investigación: Cristalizar los objetivos desde el principio, dando a conocer los objetivos que se persiguen antes de la entrada en el campo de investigación y no manejar los objetivos de acuerdo a nuestro propio beneficio personal.

Transparencia de los datos obtenidos: Describir en el informe de investigación tal como sucedieron las cosas. Cuidar que las interpretaciones personales no se confundan con los hechos. Delimitar los límites de la investigación que va a realizar y no adular los alcances de la misma.

Confidencialidad: Respetar el anonimato si así lo pide el, o los interesados. Cuidar que la propagación de los datos obtenidos tenga un carácter notablemente científico. No hacer comentarios de los datos obtenidos a personas ajenas a la investigación.

Profundidad en el desarrollo del tema: Estudiar diferentes situaciones en torno al tema de investigación. Conocer sobre la temática que aborda la investigación. Estar en continua búsqueda de fuentes de consulta actualizadas.

Capítulo III:

RESULTADOS

3.1. GEOLOGÍA

3.1.1. UBICACIÓN

El Distrito de Catache es uno de los once distritos que conforman la Provincia de Santa Cruz, del Departamento de Cajamarca y Cumbil. Se encuentra ubicado en el distrito de Llama en la provincia de Chota que pertenece también al departamento de Cajamarca.

3.1.2. LUGAR DE ESTUDIO

La carretera Chongoyape- Santa Cruz, en un trecho de 10 km por sectores de 100 a 200 m. Esta vía es muy transitada por buses de servicio provincial y transporte privado (autos y camionetas rurales). Esta área está sujeta a derrumbes y deslizamientos. En esta área afloran rocas de tipo volcánico (tobas) y deslizamientos antiguos, con pendiente fuerte a muy fuerte. Cuando se presenta las lluvias estacionales se producen derrumbes y deslizamientos.

3.1.3. GEOLOGÍA LOCAL

En el marco geológico, la zona de estudio está compuesto de rocas ígneas y sedimentarias con edades que van del cuaternario reciente al paleógeno paleoceno. Las formaciones geológicas se detallan a continuación:

A. CUATERNARIO RECIENTE

a. DEPOSITO COLUVIAL RECIENTE

Está compuesta por andesitas, dacitas y cuarzo. Rocas extrusivas compuesta por biotita, cuarzo y magnetita. Rocas volcánicas de alto contenido de sílice y hierro con una composición en la riolita.

B. PALEÓGENO PALEOCENO

a. VOLCÁNICO LLAMA

Se le conoce con este nombre a una secuencia de andesitas que afloran cerca al pueblo de Llama, en el área de estudio se extiende ampliamente en los alrededores de Huancabamba y Sondorillo.

La naturaleza litológica varia de norte a sur, hacia el norte se compone de bancos gruesos de brechas piroclásticas tipo andesitas, intercaladas con niveles de tobas ácidas; cerca de Huancabamba presenta niveles sedimentarios de origen lacustre con areniscas calcáreas y calizas fosilíferas y más hacia el sur se compone de bancos masivos de brechas piroclásticas andesíticas y lavas de origen andesítico.

Los restos fósiles encontrados en los niveles sedimentarios no han permitido hacer una datación precisa, sin embargo por correlación estratigráfica se le asigna una edad tentativa del Cretáceo superior y Terciario inferior.

3.1.4. GEOLOGÍA REGIONAL

Desde el punto de vista geomorfológico la vivienda y alrededores se encuentran sobre paisajes montañosos, se caracteriza por carecer de suelos y tener una topografía abrupta con pendientes elevadas y relieve ondulado.

Litológicamente se halla compuesta por rocas de origen ígneas y sedimentarias, habiéndose identificado en la zona de estudio hasta tres capas bien definidas, compuesta de andesita, dacita y conglomerados de caliza y cuarzo. Ver anexo 04 Mapa 01

3.1.5. PELIGROS QUE SE ENCUENTRAN EN LA CARRETERA

i. PELIGROS HIDROMETEOROLÓGICOS

Dentro de este tipo de peligros se han identificado principalmente procesos de inundación fluvial.

A.- INUNDACIÓN FLUVIAL: Peligro natural, que se presenta excepcionalmente por la gran cantidad de precipitación caída en zonas de montaña, colinas y pampa costanera, al concentrarse en los cursos de ríos y quebradas sobrepasan sus capacidades de carga, provocando desbordes e inundación de tierras adyacentes. Los cursos de ríos y quebradas que atraviesan zonas de pendiente mínima (pampa costanera), desarrollan amplias terrazas y llanuras de inundación donde el río divaga, para poder compensar la falta de pendiente y lograr que por él discurren los caudales excepcionales que transporta. El ensanchamiento del cauce de un río y la destrucción de parte de la llanura de inundación son resultados frecuentes durante la ocurrencia de estos fenómenos. En la región Lambayeque, se han presentado inundaciones excepcionales, por desborde del río La Leche que afectó poblaciones y terrenos de cultivo. El río Chancay-Lambayeque se generaron inundaciones que afectaron principalmente a terrenos de cultivo, al que el Zaña. Ver anexo 04 Mapa 02

ii. OTROS PELIGROS GEOLÓGICOS

Dentro de esta categoría de peligros se ha identificado:

A.- EROSIÓN FLUVIAL: Este fenómeno está relacionado con la acción hídrica de los ríos, socavando los valles, profundizándolos, ensanchándolos y alargándolos (Dávila, J., 1999). Los factores más importantes para la ocurrencia de erosión fluvial son, la cobertura vegetal, la geomorfología y el clima. En la región Lambayeque, en condiciones climáticas normales, la erosión fluvial no es muy acentuada. Esta condición cambia radicalmente cuando se presenta el fenómeno de El Niño, donde se registran precipitaciones intensas, donde se activen quebradas secas y cargan los ríos Zaña, Chancay-Lambayeque, La Leche, Motupe y Olmos, registrando caudales elevados, produciendo una intensa erosión fluvial a lo largo de sus márgenes; así como migración y cambios en sus cursos.

B.- EROSIÓN DE LADERAS: Este tipo de eventos son considerados predecesoras en muchos casos a la ocurrencia de grandes eventos de movimientos en masa. La erosión de los suelos es producto de la remoción del material superficial por acción del agua o viento. El proceso se presenta gracias a la presencia de agua en forma de precipitación pluvial (lluvias) y escorrentías (escurrimiento), que entra en contacto con el suelo, en el primer caso por el impacto y en el segundo caso por fuerzas tractivas, que vencen la resistencia

de las partículas (fricción o cohesión) del suelo generándose los procesos de erosión (Gonzalo *et al.*, 2002). La erosión hídrica causada por el agua de lluvia, abarca los siguientes procesos:

SALTACIÓN PLUVIAL: El impacto de las gotas de lluvia en el suelo desprovisto de vegetación ocasiona el arranque y arrastre de suelo fino, el impacto compacta el suelo disminuyendo la permeabilidad e incrementa escorrentía.

ESCURRIMIENTO SUPERFICIAL DIFUSO: Comprende la erosión laminar sobre laderas carentes de coberturas vegetales y afectadas por saltación pluvial, que estimulan el escurrimiento del agua arrastrando finos.

ESCURRIMIENTO SUPERFICIAL CONCENTRADO: Se produce en dos formas, como surcos de erosión (canales bien definidos y pequeños), formados cuando el flujo se hace turbulento y la energía del agua es suficiente para labrar canales paralelos o anastomosados; y como cárcavas, que son canales o zanjas más profundos y de mayor dimensión, por las que discurre agua durante y poco después de haberse producido una lluvia. El proceso se da en cuatro etapas: 1) entallamiento del canal, 2) erosión remontante o retrogresiva desde la base, 3) cicatrización y 4) estabilización (Gonzalo *et al.*, 2002).

En el área se han presentado principalmente en las zonas comprendidas en las cuencas medias de los ríos mencionados. Ver anexo 04 Mapa 03

3.1.6. EFECTO DEL NIÑO COSTERO

En términos generales, en la región Lambayeque y parte de Cajamarca, como consecuencia de las precipitaciones pluviales asociadas a El Niño Costero 2017, se detonaron peligros geológicos por movimientos en masa, peligros hidrometeorológicos y otros peligros geológicos.

a. ZONAS VULNERABLES POR EL NIÑO COSTERO

Las fuertes precipitaciones pluviales asociadas al evento Niño Costero caídas en la región Lambayeque entre los meses de enero y marzo del 2017, generaron flujos de lodo, detritos entre los sectores de Patapo-Chongoyape-Cumbil-Potrerrillo-Llama; inundaciones y

erosiones fluviales a lo largo de los ríos Lambayeque, Chancay y Zaña. Se vieron afectados poblados, vías de acceso, terrenos de cultivo que se ubican en zonas planas próximas al valle (llanuras inundables, terrazas bajas y medias). Además, se reactivaron deslizamientos antiguos en forma de deslizamientos y derrumbes, como también se generaron nuevos derrumbes que afectaron las vías Cumbil-Llama (Potrerillo) y Cumbil-Cirato.

Tabla 1: Tramos de carretera afectados por los peligros detonados con las fuertes lluvias de El Niño Costero 2017.

TIPO DE PELIGRO	CÓDIGO	CARRETERA	TRAMO DE CARRETERA	LONGITUD AFECTADA (Km)	REGION	ACCIÓN RECOMENDADA	OBSERVACIONES
FLUJOS (HUAICOS, DE BARRO U OTROS)	3B-124	Chiclayo-Chota	San Carlos	0.03	Cajamarca	Rehabilitación	Baden; rehabilitar la parte ubicada aguas abajo.
	3B-125	Chiclayo-Chota	Cerro Blanco	0.02	Cajamarca	Rehabilitación	Baden, rehabilitar la parte ubicada aguas abajo.
	3B-126	Chiclayo-Chota	Bocatoma Racarumi	0.02	Cajamarca	Rehabilitación	Desquinchar bloques en ladera.
	3B-127	Chongoyape-Tablazos-La Ramada	La Ramada / Quebrada Calabozos	0.23	Cajamarca	Rehabilitación	Tramo de carretera cruza la quebrada Calabozos
	3B-128	Chongoyape-Tablazos-La Ramada	La Ramada	0.40	Cajamarca	Rehabilitación	Margen izquierda del río Chancay. Necesita defensas ribereñas para no ser afectado. Sector Turrall
	3B-129	Chongoyape-Tablazos-La Ramada	La Ramada / Quebrada Caña Brava	0.08	Cajamarca	Rehabilitación	Necesita canalizar la quebrada.
	3B-130	Maychil-Checopón-Timón	Timón	0.02	Cajamarca	Rehabilitación	Rehabilitar badén.
	3B-131	Maychil-Checocon-Timón	Chaupichana	0.03	Cajamarca	Rehabilitación	Rehabilitar badén.
	3B-132	Maychil-Checocon-Timón	Limoncarro	0.08	Cajamarca	Reconstrucción	Quebrada Limoncarro.
	3B-133	Catache - Tallapampa	Catache	0.15	Cajamarca	Rehabilitación	Ladera Cerro Luquis
	3B-135	Chongoyape-Tocmoche-Miracosta	Yaipón	0.13	Cajamarca	Rehabilitación	Trocha a Tocmoche, Margen Izquierda de la Quebrada Yaipón.
	3B-136	Chiclayo-Santa Cruz	Cerro Lontohuasi	0.20	Cajamarca	Rehabilitación	Acceso a Catache
	3B-137	Chiclayo-Santa Cruz	Km 21	0.02	Cajamarca	Rehabilitación	Rehabilitar Baden
	3B-138	Chiclayo-Santa Cruz	Cirato	0.40	Cajamarca	Rehabilitación	Mejorar talud. Margen derecha del río Chancay
	3B-139	Chiclayo-Santa Cruz	Las Malvas	0.01	Cajamarca	Rehabilitación	Rehabilitar Badén
	3B-140	Chiclayo-Santa Cruz	Faique Negro	0.30	Cajamarca	Rehabilitación	Margen derecha del río San Lorenzo

	3B-141	Chiclayo-Santa Cruz	Km 8+450	0.01	Cajamarca	Rehabilitación	Reconstruir badén
	3B-142	Chiclayo-Santa Cruz	Cirato	0.25	Cajamarca	Rehabilitación	Reponer carpeta asfáltica y mejorar talud
	3B-143	Chiclayo-Santa Cruz	Los Higuerones	0.02	Cajamarca	Rehabilitación	Reponer badén
	3B-144	Catache - Tallapampa	Catache	0.15	Cajamarca	Rehabilitación	Trocha a Tallapampa
DESIZAMIENTOS, CAÍDA DE ROCAS U OTROS	3B-145	Chiclayo - Chota	Limoncarro	0.15	Cajamarca	Rehabilitación	Afectó Carpeta asfáltica.
	3B-146	Chiclayo - Chota	Sector Barrio Lata	0.10	Cajamarca	Rehabilitación	Afectó Carpeta asfáltica y cuneta
	3B-147	Chiclayo - Chota	Izco	0.07	Cajamarca	Rehabilitación	Afectó Carpeta asfáltica y cuneta
	3B-148	Chiclayo - Chota	Potreriillo	2.50	Cajamarca	Rehabilitación	Derrumbes que afectaron carpeta Asfáltica y cuneta. Por sectores entre 50 a 100 m.
	3B-149	Chiclayo - Chota	Potreriillo	2.83	Cajamarca	Rehabilitación	Derrumbes y deslizamientos que afectó carpeta asfáltica y cuneta. Por sectores entre 50 a 100 m.
	3B-150	Chiclayo-Chota	Bocatoma	0.15	Cajamarca	Rehabilitación	Zona inestable, ladera con material suelto.
	3B-151	Maychil- Checopon- Timón	Sucha Alta	0.05	Cajamarca	Rehabilitación	Rehabilitar la Trocha, Margen izquierda Quebrada. Llualanga
	3B-152	Maychil- Checopón- Timón	Sucha Alta	0.09	Cajamarca	Rehabilitación	Afectó trocha
	3B-153	Maychil- Sucha- Timón	Maychil	0.15	Cajamarca	Rehabilitación	Afectó trocha
	3B-154	Maychil- Sucha- Timón	Maychil	0.16	Cajamarca	Rehabilitación	Afectó trocha
	3B-155	Maychil- Sucha- Timón	Maychil	0.27	Cajamarca	Rehabilitación	Afectó trocha
	3B-156	Maychil- Sucha- Timón	Maychil	0.12	Cajamarca	Rehabilitación	Afectó trocha
	3B-157	Maychil- Sucha- Timón	Maychil	0.10	Cajamarca	Rehabilitación	Afectó trocha
	3B-158	Maychil-Limoncarro	Limoncarro / El Molino	0.02	Cajamarca	Reubicación	Cambiar trazo de trocha
	3B-159	Maychil-Limoncarro	Tallapampa	0.15	Cajamarca	Reconstrucción	Afectó trocha

3B-160	Catache-Tallapampa	Tallapampa	0.10	Cajamarca	Rehabilitación	Afectó trocha
3B-161	Catache-Tallapampa	Tallapampa	0.05	Cajamarca	Reconstrucción	Afectó trocha
3B-162	Chiclayo-Santa Cruz	Catache	0.23	Cajamarca	Rehabilitación	Margen izquierda del río Chancay
3B-163	Chiclayo-Santa Cruz	Catache	0.07	Cajamarca	Rehabilitación	Sector Catache
3B-164	Chiclayo-Santa Cruz	Catache	0.12	Cajamarca	Rehabilitación	Sector Catache
3B-165	Chiclayo-Santa Cruz	Catache	0.05	Cajamarca	Reubicación	Sector Presa Cirato. Margen derecha del río Chancay
3B-166	Chiclayo-Santa Cruz	Cirato	10.00	Cajamarca	Rehabilitación	Carretera afectada por sectores comprendidos entre 100 a 200 m
3B-167	Chongoyape-Llama	Izco	0.10	Cajamarca	Rehabilitación	Margen izquierda del río Maychil
3B-168	Checopón	Maychil	0.25	Cajamarca	Rehabilitación	Margen derecha del río Maychil
3B-169	Santa Cruz - Chiclayo	Peña de Los Loros	0.23	Cajamarca	Rehabilitación	Podría represar el río Chancay
TOTAL			20.66			

Fuente: INGEMMET

Tabla 2: Obras de infraestructura afectados por los peligros detonados con las fuertes lluvias de El Niño Costero 2017.

TIPO DE PELIGRO	CÓDIGO	INFRAESTRUCTURA	DISTRITO	PROVINCIA	REGIÓN	ACCIÓN RECOMENDADA	OBSERVACIONES
EROSIÓN FLUVIAL	3B-170	Puente Pontón	Catache	Santa Cruz	Cajamarca	Rehabilitación	Rehabilitar la margen izquierda del puente.
	3B-171	Puente	Catache	Santa Cruz	Cajamarca	Reconstrucción	Sector de Tallabamba. Puente (25 m)
	3B-172	Puente	Llama	Chota	Cajamarca	Rehabilitación	Puente (10 m). Sector Loritohuasi
FLUJOS (HUAICOS, DE BARRO U OTROS)	3B-173	Canal de regadío Maychil	Llama	Chota	Cajamarca	Rehabilitación	Limpieza de canal
	3B-174	Canal	Llama	Chota	Cajamarca	Rehabilitación	Cumbil. El flujo desvió el cauce del río hacia la margen Izquierda.
	3B-175	Canal	Llama	Chota	Cajamarca	Rehabilitación	Canal de regadío La Ramada. Fue afectado en dos tramos
	3B-176	Puente	Llama	Chota	Cajamarca	Rehabilitación	Puente Peatonal. Sector Sucha Alta.
	3B-177	Puente	Catache	Santa Cruz	Cajamarca	Reconstrucción	Puente carrozable. Sector Tallapampa.
DESPLAZAMIENTOS, CAÍDA DE ROCAS U OTROS	3B-178	Bocatoma Racarumi	Llama	Chota	Cajamarca	Rehabilitación	Afectó carpeta asfáltica, Podría afectar a instalaciones.
	3B-179	Presa	Llama	Chota	Cajamarca	Rehabilitación	0.12 km de carretera afectada- Presa Cirato
	3B-180	Presa Cirato	Llama	Chota	Cajamarca	Rehabilitación	Podría incrementar el volumen de la presa Cirato. Afecta también a carpeta Asfáltica.

Fuente: INGEMMET

3.2. MODELAMIENTO GEOMECÁNICO

A. ANÁLISIS ESTRUCTURAL DE LAS DISCONTINUIDADES

Para el análisis estructural de las discontinuidades se empleó el software DIPS, el cual permitió agrupar en familias de discontinuidades los datos obtenidos in situ a través del análisis estereográfico. Los datos de orientación de discontinuidades fueron procesados y analizados mediante este programa.

Los datos de buzamiento y dirección de buzamiento se muestran a partir de la tabla 15 a la 22 que se encuentra en el anexo 06, que empieza en el km 4+000 de la Carretera a Santa Cruz en el tramo de Cumbil donde se han tomado un promedio de 200 datos por estación, donde en la tabla N° 19 en el Km 6+500 - al Km 7+200 se han tomado 320 datos ya que es una zona muy facturada y se encontró más familias de discontinuidades que las demás, los datos que se han tomado van a servir para un análisis en el software Dips para luego conocer el tipo de rotura que pueden tener.

Para el desarrollo de este segundo objetivo se utilizó para este procedimiento la toma de datos con la brújula respecto al buzamiento y dirección de buzamiento de las discontinuidades con respecto al talud, lo cual se han dividido en 8 estaciones entendidas entre los 5 km de estudio, esto debido a la naturaleza del macizo rocoso, con el fin de calcular con precisión las características y obtener un mejor análisis de sus fallas. La tabla muestra los datos obtenidos a través de la brújula de geólogo, siendo la letra “j” las juntas encontradas las cuales son las fracturas en las cuales no ha habido movimientos. La letra “DB” es la dirección de buzamiento que está definida como el ángulo entre el norte magnético y una línea obtenida con la intersección del estrato, falla o plano horizontal. La letra “B” viene a ser el ángulo de inclinación del plano geológico medida desde un plano horizontal que viene a ser el buzamiento.

Una vez obtenido los datos de buzamiento y dirección de buzamiento, estos son ingresados al Software DIPS, 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, para el cual se debe realizar algunas configuraciones como: La configuración de los datos será de tipo buzamiento y dirección de buzamiento; se trabajara con la falsilla

Smith (equal área) y se establece el hemisferio sur (lowel). El estereograma con los parámetros ya configurados se puede apreciar en las tablas del anexo 05.

Para analizar los datos obtenidos con la brújula se utilizó el software Dips de la versión 6.1 en la figura 10 se muestra la hoja de cálculo que tiene el software donde se ingresan los datos de campo obtenidos

Ahora es necesario realizar el diagrama de planos mayores, para esto nos apoyamos del esquema de colores del estereograma para saber dónde se encuentra la mayor concentración de polos. En este caso se selecciona zonas en donde la concentración de polos es más abundante, esto se puede ver en el anexo 05

Con las zonas ya seleccionadas se hace el diagrama de planos mayores dentro del software "Open Stereo", la primera información que se pudo apreciar es el buzamiento y dirección de buzamiento de los planos mayores. El diagrama indica que los tres planos mayores forman diferentes tipos de rotura. Esto se muestra en el anexo 05

Una vez introducidos los datos con el formato adecuado, como se ve en la figura 10 del anexo 05, hacemos que el programa nos muestre el diagrama de polos como se muestra en la figura 11 que va a ayudar a encontrar las concentraciones más relevantes de los datos tomados.

Ahora es necesario realizar el diagrama de planos mayores, para esto nos apoyamos del esquema de colores del estereograma para saber dónde se encuentra la mayor concentración de polos. En este caso se selecciona las zonas en donde la concentración de polos es más abundante, esto se puede ver en la figura 12.

Con las zonas ya seleccionadas se hizo un diagrama de los sistemas principales que se muestra en la figura 13, luego se ilustra el rumbo de las discontinuidades se muestra en el diagrama de rossetas, esta técnica fue empleada para representar las orientaciones de las familias en un plano como se muestra en la figura 14.

Como se puede apreciar las figuras corresponden a una sola estación geomecánica, específicamente a la primera. En total son 8 estaciones geomecánicas, el desarrollo de las

demás se encuentran en el anexo 5. A continuación se muestra los resultados obtenidos por el software DIPS.

Tabla 3: ANÁLISIS DE MODO DE FALLA

TRAMOS DE ESTUDIO								
DESCRIPCIÓN	1	2	3	4	5	6	7	8
Numero de datos	200	200	180	200	320	200	180	200
Familia de discontinuidades principales 01	71/190	70/195	76/117	71/206	42/225	61/192	47/159	51/208
Familia de discontinuidades principales 02	70/172	67/213	72/203	59/190	74/204	57/221	51/207	64/246
Familia de discontinuidades principales 03	-	72/347	92/15	-	72/325	11/185	-	-
Familia de discontinuidades principales 04	-	-	-	-	-	76/117	-	-
Pendiente del talud	70	67	69	75	71	74	59	75
Dirección de buzamiento del talud	172	213	203	190	204	187	187	198
Tipo de rotura	Falla por cuña	Falla por cuña	Falla por cuña	Falla por cuña	Falla por cuña	Falla por cuña	Falla por cuña	Falla por cuña

Fuente: Elaboración propia

En el cuadro se muestra el resumen del primer objetivo desarrollado donde las principales familias de discontinuidades se interceptan con el talud provocando que hayan fallas por

cuña y en la estación N° 06 se encontró una falla planar al interceptarse 4 familia, lo cual se concluyó las clases de fallas que hay en cada estación desarrollada.

3.3. CLASIFICACIÓN GEOMECÁNICA SEGÚN BIENIASWKY

A. RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN UNIAXIAL

A continuación se muestran los valores obtenidos en campo.

Tabla 4: RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN UNIAXIAL

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN UNIAXIAL				
PUNTOS CRÍTICOS	DESCRIPCIÓN	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN	(1)	VALORACIÓN
EGM1	Dura	>250	275	15
EGM2	Dura	>250	275	15
EGM3	Dura	>250	275	15
EGM4	Dura	>250	275	15
EGM5	Dura	>250	275	15
EGM6	Blanda	50-100	72	7
EGM7	Dura	>250	420	15
EGM8	Dura	>250	420	15

FUENTE: Elaboración propia

Para los tramos de análisis, la tabla mostró una resistencia a la compresión simple en un rango de >250MPa / 50-100MPa. Esto se llevó a cabo con la ayuda del martillo de Smith (esclerómetro), a 90° sobre la roca intacta, por lo cual se encontró con un macizo rocoso duro y blando.

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

A continuación se muestra la fórmula y su respectivo procedimiento según Priest y Hudson:

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

δ =Número medio de discontinuidades por metro lineal.

Tabla 5: R.Q.D.

R.Q.D				
PUNTOS CRÍTICOS	ÍNDICE DE CALIDAD R.Q.D (%)	CALIDAD	(1)	VALORACIÓN
EGM1	75-90	Buena		17
EGM2	75-90	Buena		17
EGM3	75-90	Buena		17
EGM4	50-75	Regular		13
EGM5	50-75	Regular		13
EGM6	50-75	Regular		13

EGM7	75-90	Buena		17
EGM8	75-90	Buena		17

FUENTE: Elaboración propia

Para este tramo de análisis, la tabla mostró un índice de designación de la calidad de la roca en un rango de 75-90% (buena) / 50-75% (regular). Esto se llevó a cabo utilizando el criterio de Priest y Hudson, la cual considera el número de fisuras por metro lineal, obteniendo un porcentaje de R.Q.D diferente para cada tramo en estudio.

C. ESPACIAMIENTO DE LAS ESTRUCTURAS

El espaciamiento de las estructuras presentes en el tramo del talud se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 6: ESPACIAMIENTO DE LAS ESTRUCTURAS

ESPACIAMIENTO (m)					
PUNTOS CRÍTICOS	DESCRIPCIÓN	ESPACIADO DE LAS JUNTAS	(1)	TIPOS DE MACIZO ROCOSO	VALORACIÓN
EGM1	Separadas	0,6-2m	1,3m	Masivo	15
EGM2	Separadas	0,6-2m	1,3m	Masivo	15
EGM3	Separadas	0,6-2m	1,3m	Masivo	15
EGM4	Separadas	0,6-2m	1,3m	Masivo	15
EGM5	Juntas	60-200mm	150mm	Fracturado	8
EGM6	Moderadamente juntas	200-600mm	400mm	En bloques	10
EGM7	Separadas	0,6-2m	1,3m	Masivo	15
EGM8	Separadas	0,6-2m	1,3m	Masivo	15

FUENTE: Elaboración propia

Para los tramos de análisis, la tabla mostró un espaciamiento de las estructuras en un rango de 200-600mm (moderadamente juntas), 60-200mm (juntas) y de 0,6-2m (separadas). Esto se llevó a cabo colocando una wincha perpendicular a las discontinuidades. Mediante esto, se ha evidenciado tres clases de macizos rocosos: En bloques, para lo cual, el macizo rocosos es algo perturbado y conformado por trozos de roca a trabados de varias caras, angulosos; fracturado, para lo cual, el macizo rocoso esta plegado y afectado por fallas a la vez está conformado por bloques de roca de varias caras, angulosos y definidos por la intersección de numerosos sets de estructuras; y finalmente masivo y de estructuras separadas; en otras palabras levemente fracturada y con bloques medios, es decir bloques pequeños.

D. PERSISTENCIA

La persistencia de las estructuras presentes en el tramo del talud se muestra en la tabla a continuación.

Tabla 7: PERSISTENCIA DE LAS ESTRUCTURAS

PERSISTENCIA (m)					
PUNTOS CRÍTICOS	GRADO	DESCRIPCIÓN	PERSISTENCIA	(1)	VALORACIÓN
EGM1	2	Media	3-10m	7m	2
EGM2	2	Media	3-10m	8m	2
EGM3	2	Media	3-10m	6.5m	2
EGM4	2	Media	3-10m	8m	2
EGM5	1	Alta	10-20m	5.5m	1
EGM6	1	Alta	10-20m	5.5m	1
EGM7	3	Media	3-10m	5m	2
EGM8	3	Media	3-10m	5m	2

FUENTE: Elaboración propia

Para este tramo de análisis, la tabla mostró una persistencia de las estructuras en un rango de: Alta (10-20m) y media (3-10m). Esto se llevó a cabo midiendo con wincha la longitud

de las discontinuidades en la dirección del rumbo y buzamiento, lo cual indica una persistencia alta y media, del macizo rocoso, teniendo como resultado que la masa rocosa es estable en unas zonas y moderadamente estable en otras.

E. ABERTURA

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

Tabla 8: ABERTURA DE LAS DISCONTINUIDADES

ABERTURA (mm)					
PUNTOS CRÍTICOS	GRADO	DESCRIPCIÓN	ABERTURA	(1)	VALORACIÓN
EGM1	3	Cerrada	0,1-1mm	0.46mm	4
EGM2	3	Cerrada	0,1-1mm	0.46mm	4
EGM3	3	Cerrada	0,1-1mm	1mm	4
EGM4	3	Cerrada	0,1-1mm	1.8mm	4
EGM5	2	Moderadamente abierta	1-5mm	4 mm	1
EGM6	3	Moderadamente abierta	1-5mm	4 mm	1
EGM7	3	Cerrada	0,1-1mm	0.74mm	4
EGM8	3	Cerrada	0,1-1mm	0.46mm	4

FUENTE: elaboración propia

Para este tramo de análisis, la tabla mostró una abertura moderadamente abierto (1-5mm), abierta (>5mm) y cerrada (0,1-1mm). Esto se llevó a cabo con la ayuda de una wincha. Siendo una abertura moderadamente abierta, por lo cual aún se puede considerar que las condiciones del macizo rocoso sean favorables, mientras para para los siguientes casos (abiertos y cerrados) las condiciones del macizo rocoso van disminuyendo de favorable a

desfavorable.

F. 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 JRC.

Tabla 9: RUGOSIDAD DE LAS DISCONTINUIDADES

RUGOSIDAD			
PUNTOS CRÍTICOS	GRADO	DESCRIPCIÓN	VALORACIÓN
EGM1	1	Muy rugosa	6
EGM2	1	Muy rugosa	6
EGM3	1	Muy rugosa	6
EGM4	1	Muy rugosa	6
EGM5	1	Muy rugosa	6
EGM6	3	Ligeramente rugosa	3
EGM7	3	Ligeramente rugosa	3
EGM8	3	Ligeramente rugosa	3

FUENTE: Elaboración propia

Para este tramo de análisis, la tabla mostró que el macizo rocoso es muy rugoso y ligeramente 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; de acuerdo a ello se puede determinar que la masa rocosa es competente e incompetente de acuerdo a las los estratos sometidos a estudio. Estas medidas han sido realizadas sobre perfiles representativos de la rugosidad.

G. RELLENO

Los datos de relleno se presentan en la siguiente tabla.

Tabla 10: RELLENO EN LAS DISCONTINUIDADES

RELLENO (mm)				
PUNTOS CRÍTICOS	GRADO	Descripción	(1)	valoración
EGM1	4	Relleno duro >5mm	7mm	4
EGM2	4	Relleno duro >5mm	6mm	4
EGM3	4	Relleno duro >5mm	6.8mm	4
EGM4	4	Relleno duro >5mm	7.4mm	4
EGM5	2	Suave <5mm	1.7mm	1
EGM6	2	Suave <5mm	2.5mm	1
EGM7	4	Relleno duro >5mm	6mm	4
EGM8	4	Relleno duro >5mm	7mm	4

FUENTE: Elaboración propia

El relleno de las estructuras presentes los tramos se realizó en campo, tomando en consideración el material que se encuentra separando las paredes adyacentes de una discontinuidad; los rellenos fueron recogidos según el material de relleno que presentan las discontinuidades. Para este tramo de análisis, la tabla mostró un relleno con un valor de: Suave <5mm y un relleno duro >5mm. Esto se llevó a cabo mediante una regla graduada en mm, obteniendo una anchura de material arenisca, la cual pudo identificarse introduciendo el puño fácilmente varios centímetros.

H. ALTERACIÓN

Estos fueron caracterizados mediante observaciones visuales presentes en el macizo rocoso del tramo del talud en estudio que se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 11: ALTERACION DEL MACIZO ROCOSO

ALTERACIÓN			
PUNTOS CRÍTICOS	GRADO	DESCRIPCIÓN	VALORACIÓN
EGM1	4	Ligeramente alterada	5
EGM2	4	Ligeramente alterada	5
EGM3	4	Ligeramente alterada	5
EGM4	4	Ligeramente alterada	5
EGM5	3	Moderadamente alterada	3
EGM6	3	Moderadamente alterada	3
EGM7	4	Ligeramente alterada	5
EGM8	4	Ligeramente alterada	5

FUENTE: Elaboración propia

Para este tramo de análisis, la tabla mostró que la alteración de la roca es moderadamente alterada a ligeramente alterada, por lo cual no se observan signos de meteorización en la matriz rocosa, pero si se observan una ligera decoloración sobre las superficies de las discontinuidades.

I. FILTRACIONES

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

Tabla 12: *CONDICIONES HIDROGEOLOGICAS*

FILTRACIONES		
PUNTOS CRÍTICOS	DESCRIPCIÓN	VALORACIÓN
EGM1	Seco	15
EGM2	Seco	15
EGM3	Seco	15
EGM4	seco	15
EGM5	Seco	15
EGM6	Fluye agua	0
EGM7	Seco	15
EGM8	seco	15

FUENTE: Elaboración propia

Para este tramo de análisis, la tabla mostró que el macizo rocoso presenta signos que fluye agua en la estación geomecánica N° 06, afectando las características del macizo rocoso; mientras que en las siguientes, se encuentra completamente seco, es decir no hay presencia de agua.

J. 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.

Tabla 13: R.M.R. TOTAL

VALOR TOTAL DEL R.M.R								
PARÁMETROS	VALORACIÓN							
	EGM 1	EGM 2	EGM 3	EGM 4	EGM 5	EGM 6	EGM 7	EGM 8
Resistencia a la compresión uniaxial	15	15	15	15	15	7	15	15
R.Q.D.	17	17	17	13	13	13	17	17
espaciamiento	15	15	15	15	8	10	15	15
persistencia	2	2	2	2	1	1	2	2
abertura	4	4	4	4	1	1	4	4
rugosidad	6	6	6	6	6	3	3	3
relleno	4	4	4	4	1	1	4	4
alteración	5	5	5	5	3	3	5	5
filtraciones	15	15	15	15	15	0	15	15
suma total R.M.R	83	83	83	79	63	39	80	80

FUENTE: Elaboración propia

Luego de haber obtenido el valor total del R.M.R, se procede a determinar la calidad del macizo rocoso mediante la siguiente tabla.

Tabla 14: CALIDAD DEL MACIZO ROCOSO

CALIDAD DEL MACIZO ROCOSO					
R.M.R	100-81	80-61	60-41	40-21	20-0
descripción	I muy buena	II buena	III regular	IV mala	V muy mala
EGM1	x				
EGM2	x				
EGM3	x				
EGM4		x			
EGM5		x			
EGM6				x	
EGM7		x			
EGM8		x			

FUENTE: Elaboración propia

De acuerdo a la suma de todas las características del macizo rocoso se observó que las estaciones geomecánicas 1, 2 y 3 presentan roca muy buena de tipo I; mientras que las estaciones geomecánicas 4, 5, 7 y 8 presentan roca buena de tipo II y en la estación geomecánica 6 se presenta roca mala de tipo IV. Se infiere que con la clasificación geomecánica de RMR Bieniawski (1989) se demuestra que las estaciones geomecánicas más inestable con roca de mala calidad sería la estación N° 06 ya que tiene una puntuación de 39 y su calidad del macizo rocoso es mala.

3.4. DETERMINACIÓN DE LOS PARÁMETROS DE RESISTENCIA MEDIANTE ENSAYOS DE LABORATORIO

Para el cumplimiento de este objetivo fue necesario realizar 3 tipos de ensayos: Ensayo de carga puntual, ensayo de compresión uniaxial y esclerómetro. 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.

Para los ensayos se encontró con 3 variedades de muestras en el lugar de estudio que son: Andesita que está presente de la estación N° 01 a la 05, también se halló conglomerado

de cuarzo y caliza solo en la estación N° 06 y dacita que se pudo evidenciar en las estaciones N° 07 y 08.

3.4.1. ENSAYO DE COMPRESIÓN UNIAXIAL

Para los ensayos realizados primero se tuvo que hacer perforaciones a las rocas traídas como se muestra en la figura N° 52 y 53 que primero se tiene que sacar testigos con la perforadora diamantina que tiene una longitud máxima para sacar testigos de 30 cm, luego de eso se pasa a la maquina cortadora diamantina como se ve en la figura N° 54 y 55 donde las bases del testigo se hacen planas y paralelas para poder hacer los ensayos según la norma ASTM.

Para hacer los ensayos de compresión uniaxial se deben cumplir con las siguientes condiciones en base a la Norma ASTM son:

- Razón Largo/Ancho de la probeta debe ser 2.0 a 3.0
- Extremos deben ser paralelos y pulidos, sin grietas.
- Ancho de muestra debe ser >10 veces el tamaño medio del grano.

El ensayo trata de la aplicación gradual de una fuerza axial a un cilindro de roca, hasta que se produce su rotura, los datos obtenidos son: σ_1 obtenido del ensayo, σ_2 , σ_3 . Con estos datos se puede obtener σ_c (resistencia a la compresión simple)

PROCEDIMIENTO:

1. Medir las dimensiones de la muestra para validar si satisface las condiciones del ensayo.
2. Se recubre la muestra con una membrana cuyo fin será el de evitar que al momento de fallar la roca no salten fragmentos y dañen a personas u objetos de alrededor.
3. Se sitúa el testigo de tal forma que el pistón de la máquina quede paralelo a las caras transversales de la muestra.
4. Una persona se encarga de medir la presión a la cual está siendo sometida la muestra mediante un manómetro conectado directamente a la prensa hidráulica,

la presión debe ser medida a cada instante ya que al momento de fallar, la aguja que indica el valor de la carga vuelve al punto de partida.

5. Una segunda persona será la encargada de ir aumentando paulatinamente la presión en la prensa hidráulica.
6. Una vez falle el testigo se retira y se analizan las condiciones y modo de ruptura.

Los resultados que me arroja la Máquina Automática para Pruebas Uniaxiales Triaxiales, en el anexo 08 se encuentran los resultados obtenidos de los ensayos.

Resumen de los datos obtenidos de los ensayos son:

Tabla 15: Ensayo de Compresión Uniaxial de las rocas

PROPIEDADES FÍSICAS DE LA PROBETA	Tipo de Rocas		
	Andesita	Dacita	Conglomerado de cuarzo y caliza
Diámetro (cm)	5.4	5.4	5.4
Altura (cm)	13.5	13.5	12.5
Peso de la probeta (g)	738.26	764.91	698.97
Carga máxima (kg)	17842.37	23191.22	9791.2
Relación altura/diámetro	2.5	2.5	2.5
Resistencia a Compresión (kg/cm²)	2648.62108	3551.33506	779.92994
Resistencia a Compresión (PSI)	37672.24691223	50511.85775822	11093.2112924

Fuente: Propia

3.4.2. ENSAYO CON ESCLERÓMETRO TIPO L EN CAMPO

El esclerómetro es un instrumento de medición empleado, generalmente, para la determinación de la resistencia a compresión, el esclerómetro o también llamado martillo de Schmidt resulta apropiado para estimar la resistencia a compresión simple de la roca (RCS). EL ensayo consiste en medir la resistencia al rebote de la superficie de la roca ensayada. Para este tipo de ensayo se tomó 10 lecturas con el esclerómetro que medida

del rebote según la normativa **ASTM C805** se correlaciona con la resistencia a compresión simple mediante un gráfico debido a Miller (1965) que contempla la densidad de la roca y la orientación del martillo respecto del plano ensayado.

Para poder hacer el ensayo resistencia a compresión simple se determinó primero las densidades de las muestras de rocas que es equivalente al peso específico de las mismas, para luego posteriormente hallar la Resistencia a la Compresión Uniaxial de la roca

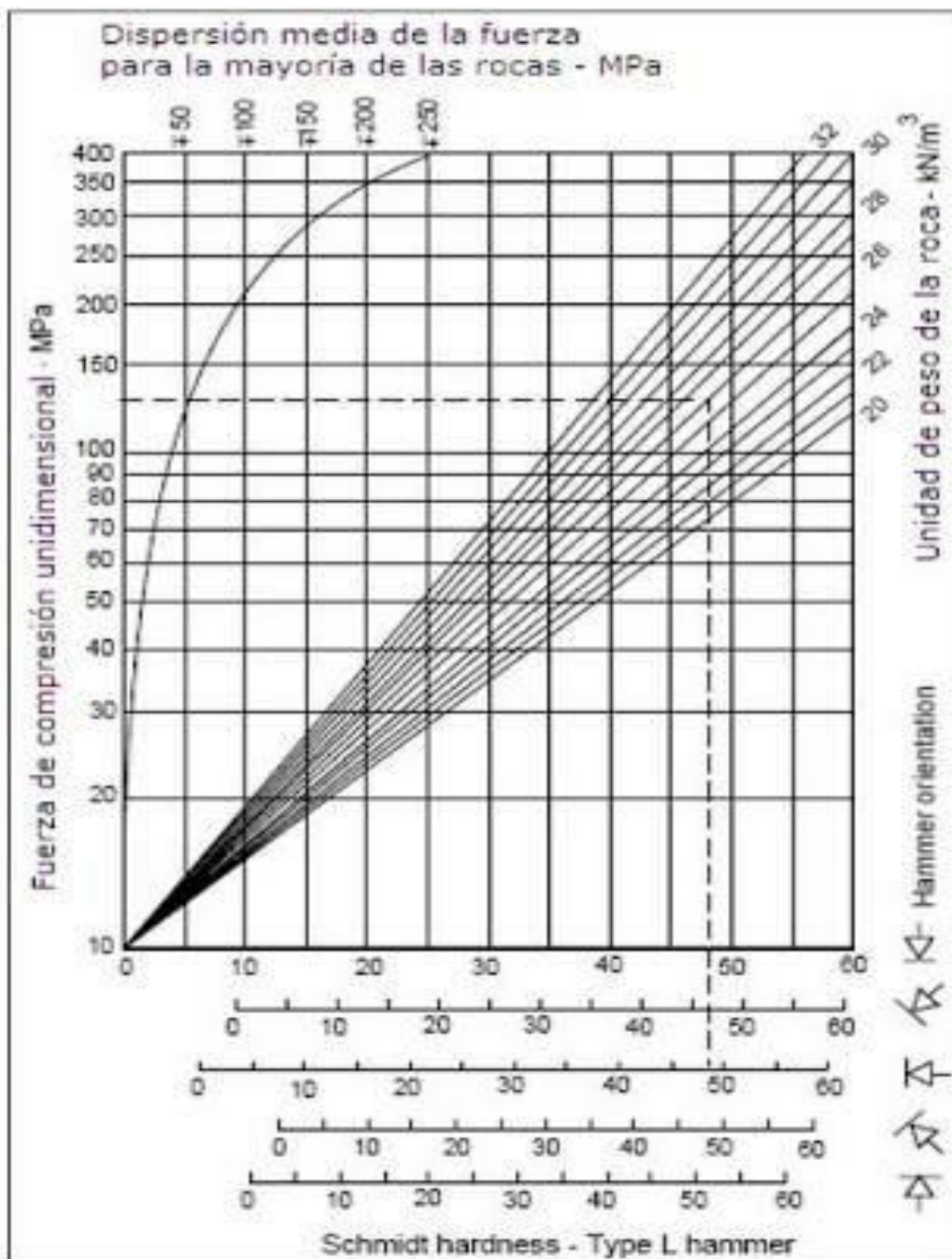


Figura 11: Gráfico de Miller

Para hallar la densidad se usó la relación entre el peso de una sustancia y volumen.

Su expresión de cálculo es:

$$\rho = \frac{W_s}{V_{sólido(cilindro)}} \left[\frac{gr}{cm^3} \right]$$

Siendo,

- ρ =El peso específico o La densidad de la sustancia;
- W_s =El peso de la roca;
- $V_{sólido(cilindro)}$ =El volumen de la roca;

Para poder hallar el peso específico se utiliza el principio de Arquímedes y se calcula el volumen de la muestra en una probeta como se ve en la figura 12.



Figura 12: Principio de Arquímedes

Para la toma de datos se utilizó el esclerómetro (MARTILLO SCHMIDT) lo cual se toma 10 datos y se promedia para que más preciso según la normativa ASTM D5873- 05



Figura 13: Esclerómetro Silver Schmidt marca Proceq

TIPO DE ROCA	MASA (G)	VOLUMEN ROCA (CC)	PESO ESPECIFICO	PROMEDIO PESO ESPECÍFICO G/CM ³	PROMEDIO PESO ESPECÍFICO KN/M ³
Andesita	109	35	3.114	2.8195	27.6592
Andesita	101	40	2.525		

Tabla 16: Densidad de la Roca: Muestra 01 Fuente: elaboración propia

TIPO DE ROCA	MASA (G)	VOLUMEN ROCA (CC)	PESO ESPECIFICO	PROMEDIO PESO ESPECÍFICO	PROMEDIO PESO ESPECÍFICO KN/M ³
Dacita	32	10	3.2	3.3	32.4238
Dacita	17	5	3.4		

Tabla 17: Densidad de la Roca: Muestra 02 Fuente: elaboración propia

TIPO DE ROCA	MASA (G)	VOLUMEN ROCA (CC)	PESO ESPECIFICO	PROMEDIO PESO ESPECÍFICO	PROMEDIO PESO ESPECÍFICO KN/M ³
--------------	----------	-------------------	-----------------	--------------------------	--

Conglomerado de cuarzo y caliza	41	30	1.36	1.98	19.4238
Conglomerado de cuarzo y caliza	52	20	2.6		

Tabla 18: Densidad de la Roca: Muestra 03 Fuente: elaboración propia

Se tomó 10 datos de cada una de las rocas con el esclerómetro para luego promediar y tener un valor más preciso

TIPO DE ROCA	MARTILLAZOS ESCLERÓMETRO	PROMEDIO
Andesita	47	61
	62.5	
	57	
	69.55	
	65.5	
	66	
	62	
	61.5	
	59	
	59.95	
Dacita	61	59
	45.5	
	70.5	
	49.5	
	55.5	
	69.5	
	55.5	
	68	

	69	
	61.5	
Conglomerado De caliza y cuarzo	27.5	44
	44.5	
	31.5	
	30.5	
	46	
	45	
	46	
	39.5	
	41.5	
	32.5	

Tabla 19: Promedio de los datos con el Esclerómetro Fuente: elaboración propia

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

TIPO DE ROCA	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN UNIAXIAL
Andesita	275 MPa
Dacita	390 MPa
Conglomerado de caliza y cuarzo	72MPa

Tabla 20: Resistencia Uniaxial con el esclerómetro Fuente: elaboración propia

3.4.3. ENSAYO DE CARGA PUNTUAL

Para el desarrollo de este ensayo se utilizó dos muestras del mismo tipo de roca para poder promediar el resultado que también se realizó en el laboratorio de mecánica de rocas y petrología de la facultad de Ingeniería de Minas en la universidad Cesar Vallejo –

Chiclayo.

Los ensayos de carga puntual se dividen en dos tipos, diametral y axial para lo cual en este ensayo se tomó de tipo axial, el cual tiene como método de Louis el cual el testigo es colocado de forma Vertical y este debe cumplir con la siguiente relación: $L/D=1.0$, que nos indica que la longitud debe ser igual al diámetro, los testigos sometidos a este ensayo tienen un diámetro de 54 mm, por lo que su longitud también deben ser igual.

Después de perforar el testigo y obtener las medidas según la normativa se utiliza un sistema de carga que permitió ser ajustado para el tamaño de muestra. Este aparato posee dos puntas en forma de cono truncado de 60° y de 5mm de radio en su extremo, luego los punzones son cerrados hasta que queden en contacto con la muestra. El sistema de carga está dado por KN. Se incrementa la carga mediante el dispositivo hidráulico de la máquina hasta que se produjo la falla y se registra la carga aplicada a la muestra.



Figura 14: Ensayo de Carga Puntual Según el método de Louis

A partir del índice de resistencia de carga puntual, se puede encontrar la resistencia a compresión del material ensayado mediante la siguiente expresión:

$$De = \frac{4xA}{\pi}$$

- De = para muestras irregulares, axiales o bloques, mm^2

La resistencia a la Compresión Simple se determina mediante a las siguientes formulas:

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

Donde:

- Is = Índice de resistencia de Carga Puntual no Corregido, en Mega Pascales
- P = Carga Aplicada, Kilo Newton
- D = Diámetro del Testigo

Se calcula un factor de corrección entre el diámetro de nuestro testigo respecto al diámetro promedio de testigos para este ensayo que es 50 mm. Entonces:

$$F = \left(\frac{De}{50}\right)^{0.45}$$

- F = Factor de Corrección

Posteriormente el Cálculo Índice de Carga Puntual tiene que ser corregido de acuerdo al diámetro del testigo.

$$Is_{(50)} = F \times Is$$

Donde:

- $Is_{(50)}$ = Índice de resistencia de Carga Puntual Corregido, en Mega Pascales
- F = Factor de Corrección

Posteriormente el valor de resistencia a la compresión simple para testigos con diámetro 54mm a partir del $Is_{(50)}$, se estima de la siguiente manera:

$$UCS = 24 \times I_{s50}$$

A partir de estas fórmulas se calculó cada uno de los parámetros antes mencionados y se presentan en la siguiente tabla:

CARGA PUNTUAL									
Descripción	Forma de Muestra	Muestra	D (mm)	De (mm ²)	P (KN)	Is (MPa)	F=(D/50) ^{0.45}	Is(50) MPa	UCS MPa
Andesita	Cilíndrica/ Axial	1	54	3712.76651244773	36.547	9.843602745	1.035239155883	10.190482996581	244.5715919
Andesita	Cilíndrica/ Axial	2	54	3712.76651244773	36.759	9.900703021	1.035239155883	10.249595438108	245.9902905
Conglomerado de cuarzo y caliza	Cilíndrica/ Axial	1	54	3712.76651244773	12.638	3.403930596	1.035239155883	3.523882236887	84.57317368
Conglomerado de cuarzo y caliza	Cilíndrica/ Axial	2	54	3712.76651244773	14.038	3.781007889	1.035239155883	3.914247415395	93.94193796948
Dacita	Cilíndrica/ Axial	1	54	3712.76651244773	39.386	10.608261628	1.035239155883	10.98208781317	263.57010751574
Dacita	Cilíndrica/ Axial	2	54	3712.76651244773	38.451	10.356427864	1.035239155883	10.72137963989	257.31311135736

Tabla 21: Resultados del Ensayo de Carga Puntual Fuente: Propia

Donde:

- D: Diámetro
- D_e : Diámetro de la muestra axial
- P. Carga aplicada al testigo (kn)
- I_s : Índice de carga puntual (mpa)
- F: Factor de corrección
- $I_{s(50)}$: Índice de carga puntual corregido para diámetros de 50 mm (mpa)
- σ_c : Resistencia a la compresión simple (mpa)

El ensayo de carga puntual solo da el valor de carga aplicado al testigo pero ese no es el resultado final para poder tener la resistencia a la compresión simple se aplican las formulas ya antes descritas para conocer el tipo de carga que resiste la muestra.

ENSAYOS TIPO DE ROCA	UNIAXIAL (MPA)	CARGA PUNTUAL (MPA)	ESCLERÓMETRO (MPA)	PROMEDIO DE LOS 3 ENSAYOS (MPA)
Andesita	259.741	245.2805	275	259.9136
Dacita	348.267	260.4415	390	332.9028
Conglomerado de Cuarzo y caliza	76.485	89.257	72	79.2473

Tabla 22: Comparación de los resultados obtenidos en los ensayos realizados con las muestras Fuente: Propia

Los resultados promediados de los tres ensayos arrojan que la muestra de tipo andesita es muy resistente, también la muestra de roca de dacita encontrada en las dos últimas estaciones es muy resistente pero de conglomerado de cuarzo y caliza que está en la estación seis es menos que las dos anteriores y es resistente.

3.4.4. PROCESAMIENTO DE LOS ENSAYOS PARA DETERMINAR LA COHESIÓN Y EL ÁNGULO DE FRICCIÓN

Se utilizó el software RocData donde se ingresaron los siguientes datos de cada estación

PARÁMETROS DE RESISTENCIA ESTACIÓN N° 01

Parámetros ingresados, para Clasificación Hoek-Brown:

Sigci	:	186 MPa	(intact uniaxial compressive strength)
GSI	:	78	(Geological Strength Index)
mi	:	25	(Parámetro dependiente de la litología de la roca)
D	:	1	(Factor de perturbación)

Parámetros obtenidos por la Clasificación Mohr-Coulomb:

Cohesión	:	14.029 Mpa	(Cohesión)
Friction Angle	:	40.07 °	(Ángulo de fricción)
Tensile Strength	:	-0.915 Mpa	(Resistencia a la tracción)

Figura por Criterio de Hoek – Brown: Comparación de los Esfuerzos Menores sobre los Mayores y de las Tensiones de Corte y Esfuerzos del Macizo Rocoso.

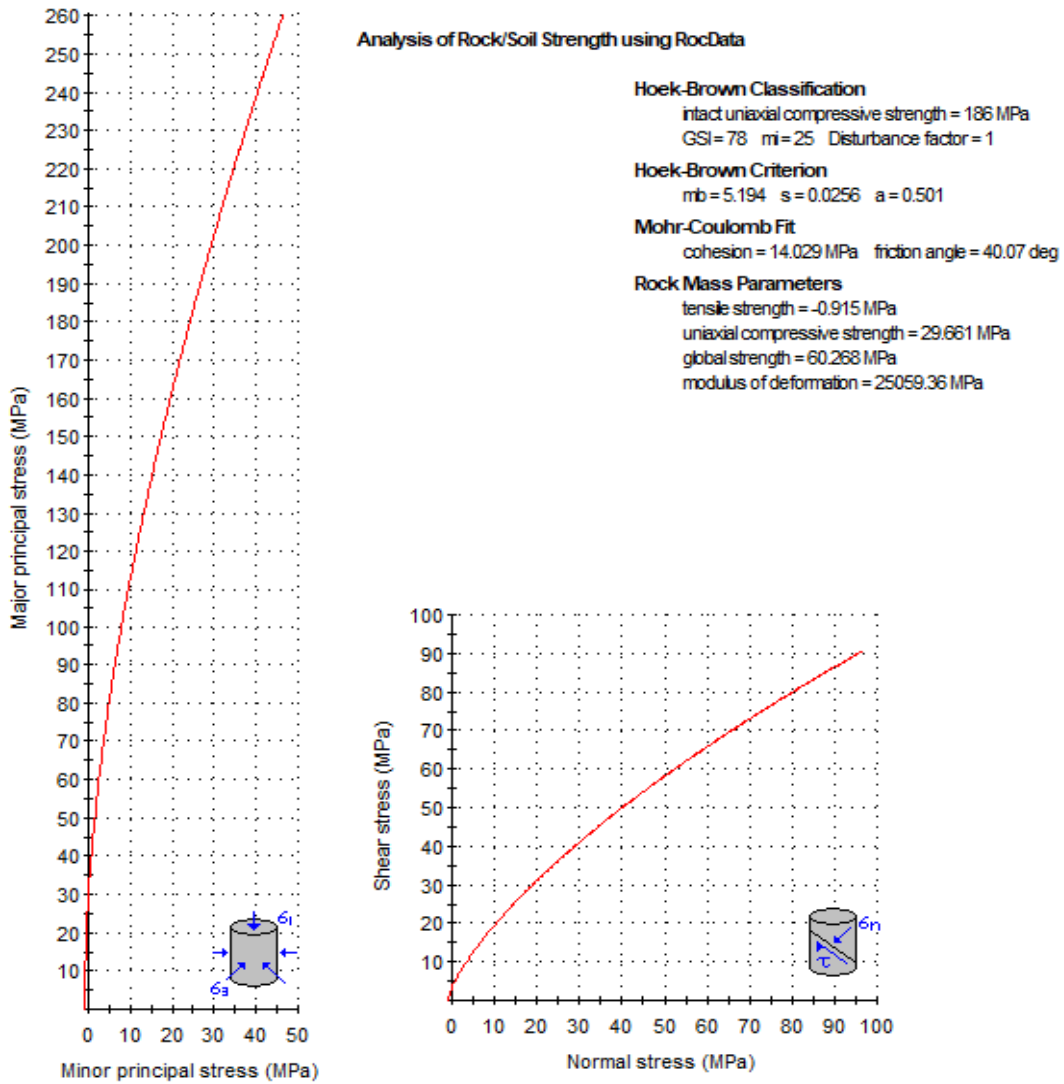


Figura 15: Datos procesados de la primera estación Fuente: Software RocData.

El ángulo de reposo está determinado por la fricción, la cohesión y la forma de las partículas, para poder hallar la cohesión y el ángulo de fricción se necesita los datos del GSI, el peso específico y el resultado de los ensayos. Para poder hallarlos es necesario el criterio de Hoek - Brown y el criterio de Mohr Coulomb para tener los resultados, para su mayor precisión se usó el software RocData que se encuentran en el anexo 09.

ESTACIONES GEOMECÁNICAS	COHESIÓN (MPA)	ÁNGULO DE FRICCIÓN
EGM1	3.07353	66.3416
EGM2	2.88669	66.5125
EGM3	2.89059	66.3795

EGM4	2.15948	66.5034
EGM5	0.598806	63.5354
EGM6	0.0845541	50.6399
EGM7	4.91044	66.7406
EGM8	3.01462	66.696

Tabla 23: Datos de cohesión y ángulo de Fricción de todas las estaciones estudiadas

Fuente: Propia

3.5. MEDIDAS DE PREVENCIÓN A PARTIR DEL COEFICIENTE DE SEGURIDAD

Para determinar el factor de seguridad se ingresan al programa los siguientes datos: Se insertan los dos buzamientos que se interceptan con el talud y que genera una cuña, la altura del talud, la cohesión y el ángulo de fricción del macizo rocoso, la densidad de la roca.

Figura 16: Datos ingresados al Swedge



Figura 17: Zonas sísmicas

A cada zona se asigna un factor Z según se indica en la Tabla N° 1. Este factor se interpreta como la aceleración máxima horizontal en suelo rígido con una probabilidad de 10 % de ser excedida en 50 años. El factor Z se expresa como una fracción de la aceleración de la gravedad (NORMA TÉCNICA E.030 “DISEÑO SISMORRESISTENTE” DEL REGLAMENTO NACIONAL DE EDIFICACIONES). Lo cual en el proyecto se encuentra en la zona 3 y se puso el valor de 0.35 en el factor sísmico y para el factor fluvial se revisó expedientes del servicio nacional de meteorología e hidrología del Perú (SENAMHI) donde la zona de estudio tiene un factor fluvial de 1.5

Factores de zona Z	
ZONA	Z
4	0.45
3	0.35
2	0.25
1	0.10

Tabla 24: Factor Sísmico Fuente: SENAMHI

El mes más seco es julio. Hay 2 mm de precipitación en julio. 146 mm, mientras que la caída media en marzo. El mes en el que tiene las mayores precipitaciones del año. Figura N° 18. Entonces se toma un factor de 1.5 en el flujo fluvial para las estaciones.

CLIMOGRAMA CATACHE

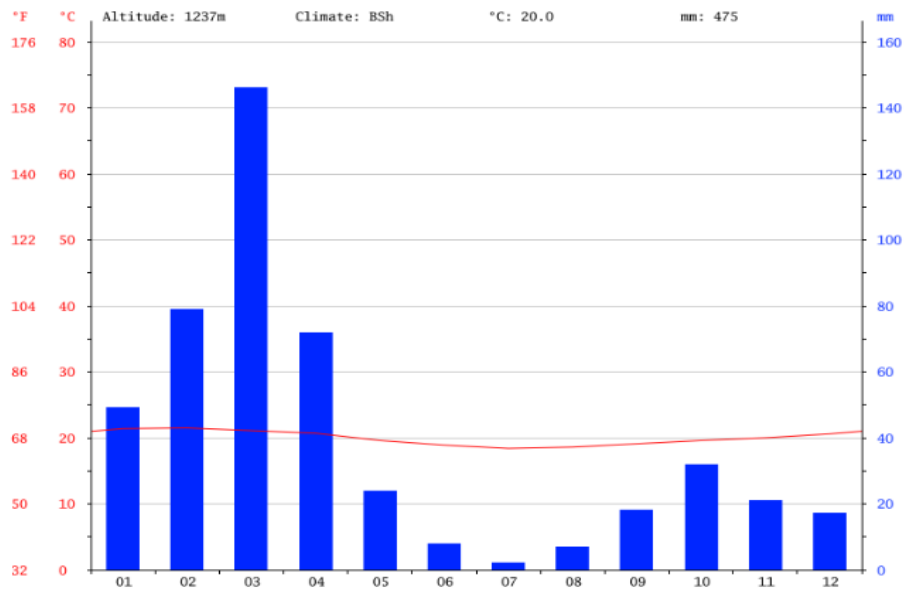


Figura 18: Gráfico estadístico de lluvias por mes. Fuente: Datos Climáticos Mundiales

Deterministic Input Data

Geometry Forces

Water Pressure
 Unit Weight (t/m3)
 Type:

Seismic
 Seismic Coefficient
 Direction:

External Forces
 Number of External Forces:

#	Trend°	Plunge°	Force (t)

Safety Factor = 1.65523
 Wedge Weight = 15987.7 tonnes
 Sliding on Line of Intersection:
 Trend = 157.732 Plunge = 31.1965

Aceptar Cancelar Aplicar

Figura 19: Datos ingresados en el Swedge

Lo cual tenemos como resultado un factor de seguridad en el primer tramo de 2.13 lo cual demuestra que es seguro.

FS=2.13

Figura 20: Resultado obtenido del Software Swedge

3.5.1 COEFICIENTE DE SEGURIDAD EN TALUDES

ESTACIONES GEOMECAICAS PARAMETROS	EG 01	EG 02	EG 03	EG 04	G 05	EG 06	EG 07	EG 08
F. Fluvial	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
F. Sísmico	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35
Cohesión	313.4128	294.3604	294.7581	220.2056	61.0612	8.6221	500.7255	307.4056
Ángulo de Fricción	66.3416	66.5125	66.3795	66.5034	63.5354	50.6399	66.7406	66.696
Densidad	2820.4534	2820.4534	2820.4534	2820.4534	2820.4534	1980.6763	3306.3074	3306.3074
Dips 01	71/190	70/195	76/117	70/206	42/225	61/192	47/159	51/208
Dips 02	56/82	74/314	72/245	59/182	74/242	57/228	51/208	64/246
Talud	70/172	67/213	69/203	75/190	71/204	74/187	59/187	75/198
Altura del talud	12	10	11	10	10	12	10	10

Tabla 25: Parámetros para hallar el coeficiente de seguridad Fuente: Propia

Estación Geomecánica Características de la Cuña	E.G. 01	E.G. 02	E.G. 03	E.G. 04	E.G. 05	E.G. 06	E.G. 07	E.G. 08
Tipo de análisis	Determinista	Determinista	Determinista	Determinista	Determinista	Determinista	Determinista	Determinista
Factor de seguridad	2.13042	2.28935	2.26972	1.05663	7.70968	0.48926	1.76092	2.37191
Altura de la cuña (en pendiente)	12 m	10 m	11 m	10 m	10 m	12 m	10 m	10 m
Ancho de la cuña (en la cara superior)	2,94933 m	0.952135 m	3.00122 m	2.87656 m	25.6805 m	3.16284 m	4.21318 m	6.81735 m
Volumen de la cuña	43.6154 m ³	3.5575 m ³	15.6907 m ³	122.605 m ³	861.926 m ³	171.935 m ³	95.8679 m ³	290.905 m ³
Peso de la cuña	123015 toneladas	10033.8 toneladas	44254.8 toneladas	345802 toneladas	243102 toneladas	340548 toneladas	316969 toneladas	961823 toneladas
Área de cuña (conjunta1)	55.8171 m ²	14.9371 m ²	15,6577 m ²	51.7805 m ²	495.317 m ²	232.772 m ²	54.0203 m ²	236.998 m ²
Área de cuña (conjunta2)	19.6719 m ²	4.59669 m ²	23.8153 m ²	113.124 m ²	200.697 m ²	32.2487 m ²	66.5981 m ²	236.998 m ²
Área de cuña (pendiente)	51.228 m ²	13.3652 m ²	18.2978 m ²	141.085 m ²	115.125 m ²	181.447 m ²	90.4492 m ²	141.248 m ²

Tabla 26: Resultados de las cuñas encontradas Fuente: Propia

Se analizan los datos basándose en la norma C.E. 020 para saber el máximo coeficiente de seguridad que se debe de emplear según dicha normativa lo permitido en taludes permanentes sísmicos para su estabilidad es de un coeficiente de 1.25, con un valor máximo a este no se requiere estabilidad. En la tabla 21 están descritos los datos que se pusieron en el programa Swedge donde con el factor fluvial y sísmico van a dar el posible desprendimiento de las cuñas evaluando el tipo de roca y el ángulo de las cuñas con el talud que pide para que se analice en cada estación geomecánica.

Datos obtenidos del factor de seguridad de cada estación geomecánica

Los datos arrojan que el factor de seguridad en el km 5+250 al 6+500 de la estación 04 y los km 7+200 al km 7+600 de la estación 06 tienen como factor de seguridad 1.05663 y 0.48926 respectivamente, por lo que son valores menores de la norma establecida a 1.25 donde se puede apreciar en la tabla 22 donde puede haber un desprendimiento de roca, analizando el peso de la cuña a desprenderse se propone mallas de estabilidad para los dos taludes ya que las mallas pueden soportar toda la masa.

3.5.2. MALLA DE PROTECCIÓN DE TALUD

Malla de protección de talud con enrejado de triple torsión y lámina de polietileno. Compuesta por enrejado con alambre galvanizado de Ø 2,70 mm y malla hexagonal 8x10-16 anclado al terreno con varillas corrugadas de acero Grado 60 ($f_y=4200 \text{ kg/cm}^2$) y lámina de polietileno de alta densidad de 2 mm de espesor.

Código	Unidad	Descripción	Cantidad	Precio unitario	Precio parcial
1		MATERIALES			
mt50spr055a	m ²	Lámina de polietileno de alta densidad, de 2 mm de espesor, resistente a la intemperie.	1200	7.61	9.13
mt07aen010b	m ²	Enrejado de triple torsión con alambre galvanizado reforzado de 2,7 mm de diámetro, de malla hexagonal 8x10-16,	1000	7.46	7.46

		para protección de taludes.			
mt07aco060g	kg	Acero en varillas corrugadas, Grado 60 (fy=4200 kg/cm ²), diámetros varios, según NTP 339.186 y ASTM A 706.	600	2.91	1.75
mt50spr100a	m	Cable de acero de 2 mm de diámetro, para sujeción de enrejado metálico.	1700	3.13	5.32
			Subtotal		23.66
2	EQUIPOS				
mq07cce010a	h	Camión con cesta elevadora de brazo articulado de 16 m de altura máxima de trabajo y 260 kg de carga máxima	0.141	50.36	7.10
			subtotal		7.10
3	MANO DE OBRA				
mo120	h	Peón Seguridad y Salud.	0.333	10.26	3.42
			subtotal		3.42
4	HERRAMIENTAS				
	%	herramientas	2000	34.18	0.68
			subtotal		0.68
Costos directos (1+2+3+4)					34.86

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

Protección de talud frente a desprendimiento de la capa superficial del terreno, formada por malla compuesta por enrejado de triple torsión con alambre galvanizado reforzado de 2,70 mm de diámetro, de malla hexagonal 8x10-16 anclado al terreno con varillas corrugadas de acero Grado 60 (fy=4200 kg/cm²) y lámina de polietileno de alta densidad de 2 mm de espesor. Incluso parte proporcional de cables de acero de sujeción del enrejado y mantenimiento en condiciones seguras durante todo el periodo de tiempo que se requiera.

CRITERIO DE METRADO EN PROYECTO

Superficie medida según Estudio o Estudio Básico de Seguridad y Salud.

FASES DE EJECUCIÓN.

Colocación de la lámina de polietileno. Colocación de los anclajes en la cabeza del talud. Extendido y cosido del enrejado. Colocación de los anclajes al pie del talud. Colocación de los cables de sujeción.

CRITERIO DE METRADO EN OBRA Y CONDICIONES DE ABONO

Se medirá la superficie realmente montada según especificaciones de Estudio o Estudio Básico de Seguridad y Salud.

ADV020 m² Estabilización de taludes.

S/. 71,82

Estabilización de taludes mediante la proyección por vía húmeda de dos capas de concreto $f'c=210$ kg/cm² (21 MPa), no expuesto a ciclos de congelamiento y deshielo, exposición a sulfatos insignificante, sin requerimiento de permeabilidad, no expuesto a cloruros, tamaño máximo del agregado 19 mm, consistencia fluida, de 10 cm de espesor total.

Código	Unidad	Descripción	Cantidad	Precio unitario	Precio parcial
1		MATERIALES			
mt10hes200a	m ³	Concreto para proyectar, $f'c=210$ kg/cm ² (21 MPa), no expuesto a ciclos de congelamiento y deshielo, exposición a sulfatos insignificante, sin requerimiento de	0.130	296.25	38.51

		permeabilidad, no expuesto a cloruros, tamaño máximo del agregado 19 mm, consistencia fluida, con una dosificación de cemento de 400 kg/m ³ , premezclado en planta.			
			Subtotal materiales	de	38.51
2		EQUIPOS			
mq06gun010	h	Shotcretera de concreto por vía húmeda 33 kW.	0,468	35,70	16,71
			Subtotal equipos:		16.51
3		MANO DE OBRA			
mo020	h	Operario de construcción.	0.570	20.07	11.44
mo113	h	Peón de construcción.	0.285	13.17	3.75
			Subtotal mano de obra:		15.19
4		HERRAMIENTAS			
	%	Herramientas	2.000	70.41	1.41
			Subtotal mano de obra:		1.41
Costos directos (1+2+3+4):					71.82

CAPÍTULO IV: DISCUSIÓN

Describir la geología regional y local de área de estudio

En el primer objetivo se realizó una descripción geología regional y local para reconocer el tipo del área de estudio, donde se encontró información en la base del INGEMMET específicamente en el cuadrángulo de Chongoyape donde menciona la formación del material que se ha dado desde hace miles de años y el tipo de roca que hay en esa zona. Los resultados obtenidos están en la misma línea de Jawer Toro Irureta (2014) denominada: “Evaluación de la Inestabilidad de Taludes en La Carretera La Pirias - Cruce Lambayeque, San Ignacio” ya que utiliza también los boletines del INGEMMET para poder describir y analizar la zona de estudio por lo que son muy certeros y de gran ayuda para la descripción geología local y regional como inicio de una investigación.

Toma de datos de las discontinuidades del macizo rocoso

En el segundo objetivo se desarrolló la toma de datos con brújula para conocer las discontinuidades y las direcciones de las mismas para describir el tipo de fallas que tiene el macizo rocoso en cada estación geomecánica para hacer un análisis interactivo de las estructuras, este método de toma de datos es utilizado para el reconocimiento de las familias de discontinuidades , por lo cual se encuentra diversos estudios tales como el de Serguis Alexander Suyon Suclupe (2015), titulada “Estudio geomecánico con fines de estabilidad de taludes, CA los Navíos - Complejo Náutico “Poseidón”, Pacusana - Lima, en la cual en su desarrollo también analiza las discontinuidades utilizando los mismo instrumentos para el reconocimiento de las discontinuidades.

Aplicación de las clasificaciones geomecánicas para reconocer macizos rocosos inestables

En el tercer objetivo se realizó una clasificación de las estaciones geomecánicas RMR de Bieniawski para poder calcular la calidad del macizo rocoso que hay en la zona de estudio teniendo en cuenta los siguientes parámetros para poder evaluar las discontinuidades, persistencia, abertura, rugosidad, relleno, descomposición, presencia de agua para poder así dar un rango de la calidad que se encuentra la roca, que va desde muy mala hasta roca muy competente y eso ayuda a conocer la estabilidad de la roca a comparación con Roger Rene Mamani Larico (2016) en su tesis titulada: análisis de la estabilidad de taludes en macizo rocoso en la carretera Sina Yanahuaya Tramo III - Sub tramo 02, a partir de la caracterización

geología y resistencia a la compresión simple también utiliza las estaciones geomecánicas para reconocer los problemas de inestabilidad de la calidad del macizo rocoso de los taludes en la carretera y poder dar solución, eso afirma que las clasificaciones geomecánicas son muy importantes para reconocer y evaluar los posibles desprendimientos de los taludes de una área de estudio.

Desarrollar ensayos de laboratorio para conocer la cohesión y el ángulo de fricción de cada tipo de roca

En el objetivo donde se menciona cohesión y el ángulo de fricción se desarrolló en base a hacer ensayos de rocas para poder conocer estos parámetros, los ensayos que se utilizaron fueron 3 para tener una mayor precisión en el resultado, siguiendo los pasos de la normativa American Society For Testing and Materials (ASTM) la cual asegura que los ensayos que se están realizando son correctos para los ensayos, a como se ve en el estudio de Ibérico Rodríguez Rodolfo Ricardo (2015) titulada: “Estabilización y recuperación de taludes en carreteras, caso “IIRSA Norte Tramo nº 1 km 45+690 – km 45+830” también desarrolla ensayos basándose en la norma ASTM lo cual es importante para cualquier estudio geológico/geotécnico para el reconocimiento de la cohesión y el ángulo de fricción.

CAPÍTULO V: CONCLUSIONES

- Al hacer un estudio previo de la ubicación del lugar y basándose de la información del INGEMMET va a aportar la información geológico o geotécnico es muy importante para conocer la geología local y regional para partiendo de esto se puede hacer una descripción del lugar como un estudio preliminar antes de analizar el macizo rocoso, con la información que se obtiene se pueden conocer los accidentes geológicos que afloran en la superficie de la carretera.
- A partir de la toma de datos se mostró que con la ayuda del a brújula se puede conocer el buzamiento e inferir las fallas geológicas, como se pudo encontrar siete fallas por cuña y un planar.
- A partir de las clasificaciones geomecánicas se concluyó que tiende a ser buena en las primeras cinco estaciones, regular en la estación seis por el cambio de roca que hay y en las estaciones siete y ocho se vuelve más favorable.
- En los ensayos realizados a la Andesita y conglomerado se concluye que hay una variación y que no es exacta compresión uniaxial con la de carpa puntual ni con el esclerómetro pero no varía demasiado por lo que se hizo un promedio para su exactitud pero para la Dacita si hubo una variación significativa y puede ser por un error de la maquia utilizada pero igual se promedió con los demás ensayos para tener un valor exacto de los tres ensayos realizados a las rocas.
- En el tramo 06 de estudio se encontró una cuña con un factor de seguridad de 0.48926 lo cual según la normativa se debe tener medidas de control, la masa rocosa que se puede desprender hace factible que se use mallas de protección para el desprendimiento de rocas.

CAPÍTULO VI: RECOMENDACIONES

- Se recomienda reconocer el terreno de estudio a través del mapeo geológico en todo el lugar para conocer la composición del macizo rocoso y reconocer los accidentes geológicos que afloran en la superficie y que pueden causar desprendimiento.
- Para tomar datos con la brújula se recomienda antes de usarla revisar que esté calibrada y describir todo con exactitud para hacer una buena toma de datos y reconocer los deslizamientos
- Según los especialistas que se entrevistaron una de las causas de deslizamiento en la carretera fue la mala voladura por lo cual plantean ante todo evaluar el macizo rocoso y reconocer el grado de alterabilidad causados por los agentes geológicos que pueden descargar a la roca.
- Para los ensayos se recomienda seguir al pie de la letra la normativa ASTM ya que explica cómo se deben sacar las muestras para poder hacer bien los ensayos y es muy recomendable hacer más de uno para que con el promedio el resultado sea más preciso.
- Para proponer las medidas de control se recomienda utilizar los siguientes factores: mapeo geomecánico, el tipo de roca y sus características físicas, las, la RMR de Bieniawski para taludes, zonificación geomecánica y las condiciones de presencia de agua in-situ para hacer el estudio de estabilidad y el desarrollo de las medidas de control.
- Se recomienda en la estación geomecánica que se hagan mallas de proyección y revegetación para que así pueda subir el coeficiente de seguridad

REFERENCIAS

ALIAGA CHAVEZ, Manuel Jesus. 2003. *Estudio Geologico - Geotecnico para la rehabilitacion de la Carretera Corral Quemado - Rio Nieva Tramo I: Puerto Naranjitos - Pedro Ruiz.* Lima : s.n., 2003.

<http://cybertesis.unmsm.edu.pe/handle/cybertesis/215>

ALVARADO SALAZAR, Alan Alexis y CORNEJO GUARDIA, Alfonso Ricardo. 2014. *Estabilización de taludes en la Costa Verde - Callao. Tramo Av. Santa Rosa - Jr. Virú. (1.3Km).* Lima : s.n., 2014.

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

ARAGON VÉLEZ, Ismael Fernando. 2014. *Desprendimiento de Rocas en Laderas.* Medellín : s.n., 2014.

https://repository.eafit.edu.co/bitstream/handle/10784/4491/IsmaelFernando_ArangoVelez_2014.pdf;sequence=2

CASTRO LARA, Álvaro Enrique. 2010. *Técnicas de protección de taludes viales utilizadas en la zona Central de Chile.* Santiago de Chile : s.n., 2010.

<http://www.repositorio.uchile.cl/handle/2250/103686>

CHÁVEZ ABRIL, Miguel Ángel. 2015. *Incidencia del agua en los procesos de inestabilidad de taludes y laderas en el centro y norte de la ciudad de Guayaquil.* Guayaquil : s.n., 2015.

<http://www.dspace.espol.edu.ec/xmlui/handle/123456789/30987>

CHICAS CIENFUEGOS, Jorge Luis y MARTINEZ SARAVIA, Nazira Esperanza. 2012. *Propuestas de soluciones tempranas con obras de ingeniería de bajo costo; para mitigación de riesgos y control de vulnerabilidad, en zonas de deslizamientos en laderas de montañas y volcanes en el Salvador.* El Salvador : s.n., 2012.

<http://ri.ues.edu.sv/3888/1/Propuesta%20de%20soluciones%20tempranas%20con%20obras%20de%20ingenier%C3%ADa%20de%20bajo%20costo%3B%20para%20mitigaci%C3%B3n%20de%20riesgos%20y%20control%20de%20vulnerabilidad%2C%20en%20zonas%20de%20deslizamientos%20en%20laderas%20de%20monta%C3%Blas%20y%20volcanes%20en%20El%20Salvador.pdf>

DE LA CRUZ INGA, Percy Lino y OROSCO TORRES, Jilber. 2013. *Sistemas de Estabilización al deslizamiento de taludes en la carretera Cochabamba - San Agustín de Cajas - Ingenio tramo Km 19+610 al Km 20+424, Huancayo.* Huancayo : s.n., 2013.

<http://repositorio.uncp.edu.pe/handle/UNCP/531>

DOMÍNGUEZ CUESTA, María José. 2003. *Geomorfología e Inestabilidad de laderas en la Cuenca Carbonífera Central (Valle del Nalón, Asturias). Análisis de la Susceptibilidad ligada a los movimientos superficiales del terreno.* Oviedo : s.n., 2003.

https://books.google.com.pe/books/about/Geomorfolog%C3%ADa_e_inestabilidad_de_ladera.html?id=yqOgnQAACAAJ&redir_esc=y

Effect of variations in rainfall intensity on slope stability in Singapore. **KRITO, Christofer, RAHARDJO, Harianto y SATYANAGA, Alfrendo. 2017.** Singapur : s.n., 2017.

<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2095633917300059>

Evaluation of the slope road on the road. **HARABINVÁ, Slávka . 2017.** Eslovaquia : s.n., 2017, Vol. 190.

<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877705817324943>

GARCÍA PRADO , Felix Eduardo. 2005. *Análisis y diseño de estabilidad sísmica de taludes en suelos y rocas - Caso curvas La Leona.* Lima : s.n., 2005.

<http://cybertesis.uni.edu.pe/handle/uni/2923>

GONZÁLEZ DE VALLEJO, Luis I. 2004. *Ingeniería Geológica .* Madrid : PEARSON EDUCACIÓN, S. A. , 2004.

[http://oa.upm.es/40578/1/INGENIERIA GEOLOGICA TERRENOS VOLCANICOS_1.pdf](http://oa.upm.es/40578/1/INGENIERIA_GEOLOGICA_TERRENOS_VOLCANICOS_1.pdf)

IBERICO RODRIGUEZ, Rodolfo Ricardo. 2015. *Estabilización y Recuperación de Taludes en Carretera, Caso "IISA Norte Tramo N° 1Km 45+690 - Km 45+830".* Lima : s.n., 2015.

<http://cybertesis.urp.edu.pe/handle/urp/1154>

Impact of weathering on slope stability in soft rock mass. **VLASTELICA, Goran y MÍSCEVIC, Predrag . 2014.** 3, CROACIA : s.n., 2014, Vol. 6.

<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1674775514000353>

Integration of advanced monitoring and numerical modeling techniques for the complete risk scenario analysis of rockslides: The case of Mt. Beni (Florence, Italy). **GIGLI, Giovanni, FANTI, Riccardo y CANUTI, Paolo. 2011.** 1 - 4, FLORENCIA : s.n., 2011, Vol. 120.

<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0013795211000809>

Las Rocas Importan: Realidades de la Geomecánica. **COOK, Jhon. 2008.** Inglaterra : ECLIPSE, 2008.

https://www.academia.edu/25043784/Las_rocas_importan_Realidades_de_la_geomec%C3%A1nica

MAMANI LARICO, Roger Rene. 2016. *Análisis de la estabilidad de taludes en macizo rocoso de las carreteras Sina Yanahuaya tramo II - Sub tramo 02, a partir de la caracterización geológica y resistencia a la compresión simple.* Puno : s.n., 2016.

<http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/2976>

MARCERA ALEJÁNDREZ, Javier. 2010. *Estudio para la estabilización de corte ubicado en el lado izquierdo de la carretera Federal No. 54 Guadalajara - Ixtlahuacán del Río, Estado de Jalisco.* Jalisco : s.n., 2010.

<http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/132.248.52.100/1407/Tesis.pdf?sequence=1>

OLIVARES BALLENA, Pedro, TAYPE RAMOS, Vidal y CASTRO JACINTO, Segundo. 2004. *Estudio Geomecánico de la cuenca del Río Ica.* Lima : s.n., 2004.

<http://ciga.pucp.edu.pe/wp-content/uploads/2017/02/1.-Fluquer-Pe%C3%B1a-Hidrogeologia-en-la-cuenca-del-r%C3%ADo-ICA.pdf>

PARDO FERRER, Luis Alex. 2014. *Prevención de caída de rocas como medida de seguridad en mina San Cristobal.* Lima : s.n., 2014.

<http://cybertesis.uni.edu.pe/handle/uni/1367>

PROVEDA ORDUÑA, Jhon Jairo y VARGAS ALDANA, Guillermo. 2006. *Estabilización del talud en el PR 55+950 de la vía Manizales - Mariquita.* Bogotá : s.n., 2006.

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

RAMÍREZ OYANGUREN, Pedro y ALEJANO MONGE, Leandro. 2008. *Mecánica de Rocas: Fundamentos e Ingeniería de Taludes*. Madrid : s.n., 2008.

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

RIVERA MANTILLA, Hugo. 2011. *Geología General*. Lima : s.n., 2011.

<https://www.freelibros.org/geologia/geologia-general-hugo-rivera-mantilla.html>

SACKSCHEWSHI CHAPMAN, Carlos Enrique. 2017. *Soluciones para la estabilidad de taludes de la carretera Canta - Huayllay entre las progresivas del Km 102 al Km 110*. Lima : s.n., 2017.

https://cybertesis.unmsm.edu.pe/bitstream/cybertesis/5743/1/Sackschewski_chc.pdf

SÁNCHEZ VILLAFUERTE, Marco A. 2009. *Modelo de aplicaciones Tecnológicas para protección de taludes desestabilizados por exceso de humedad en el distrito Metropolitano de Quito a fin de disminuir la accidentabilidad y cngestión vehicular*. Ambato : s.n., 2009.

<https://repositorio.uta.edu.ec/handle/123456789/2211>

SICCHA RUÍZ, Orlando Alex. 2015. *Riesgos por deslizamiento de taludes entre los Km. 45+00 al Km 60+00 parte del tramo II de la carretera Shiran - Otuzco*. Trujillo : s.n., 2015.

<http://dspace.unitru.edu.pe/handle/UNITRU/5817>

SUÁREZ GARCÍA, Ofelia Gabriela. 2006. *Susceptibilidad a deslizamientos de laderas en la Sierra Madre Oriental*. México : s.n., 2006.

<http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/132.248.52.100/1633/suarezgarcia.pdf?sequence=1>

Three-dimensional stability analysis of slopes in hard soil/soft rock with tensile strength cut-off.

DOWON, Parck y RADOSLAW L., Michalowski. 2015. ESTADOS UNIDOS : s.n., 2015.

<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0013795217309869>

TORO IRURETA, Jawer. 2014. *Evaluacion de la inestabilidad de taludes en la carretera Las Pirias - Cruce Lambayeque, San Ignacio*. Cajamarca : s.n., 2014.

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

TORRES CHUNG, César Roberto. 2007. *Valoración del Riesgo en Deslizamiento*. Lima : s.n., 2007.

http://cybertesis.urp.edu.pe/urp/2007/torres_cr/pdf/torres_cr-TH.1.pdf

URETA DELGADO, Elisa Valeria. 2017. *Análisis y planeamiento de soluciones para suelos criticos presentes en la Carretera Contonga - CARhuayoc, Distrito de San Marcos, Provincia de Huari, Departamento de Ancash*. Arequipa : s.n., 2017.

http://repositorioacademico.upc.edu.pe/upc/bitstream/10757/621939/5/MUÑOZ_RM.pdf

ANEXOS

Anexo 01: Fotografías del Lugar de Estudio

Figura 21: Zona de taludes inestables



Figura 22: Macizo rocoso fracturado



Figura 23: Filtraciones de agua



Figura 24: Aberturas de las discontinuidades



Figura 25: Afloramiento del macizo rocoso



Figura 26: Bloques del macizo rocoso



Figura 27: Rugosidad del macizo rocoso



Figura 28: Talud muy empinado



Anexo 02: Instrumentos de Recolección de Datos

UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

CHICLAYO 2018



**“Determinación de zonas vulnerables para prevenir la caída de roca en la carretera Chiclayo – Santa Cruz tramo Puente Cumbil – Catache km 04+000 al km 09+000”
GUÍA DE OBSERVACIÓN N° 01**

OBJETIVO: En el siguiente formato tiene como finalidad de conocer las coordenadas del lugar de estudio.

Tabla 01: Guía de Observación de los puntos en la Carretera

PUNTO	COORDENADAS DE CADA TRAMO		
	ESTE	NORTE	ALTURA
INICIO			
FINAL			

UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO
CHICLAYO 2018



“Determinación de zonas vulnerables para prevenir la caída de roca en la carretera Chiclayo – Santa Cruz tramo Puente Cumbil – Catache km 04+000 al km 09+000”

GUÍA DE OBSERVACIÓN N° 02

OBJETIVO: La presente tabla tiene como finalidad caracterizar geomecánicamente al macizo rocoso.

Tabla 02: Clasificación geomecánica - índice “RMR” (Según Bieiwski - 1989)

1	Resistencia a la roca intacta (MPa)	Índice de carga puntual Resistencia a la compresión uniaxial UCS	>250 (15)	250 - 100 (12)	100 - 50 (07)	50 - 25 (04)	25 - 5	5 - 1	<1
							2	1	0
2	RQD (%)		>90 (20)	90 - 75 (17)	75 - 50 (13)	50 - 25 (08)	<25 (03)		
3	Espaciamiento entre discontinuidades		>2.00 (20)	2.00 - 0.60 (15)	0.60 - 0.20 (10)	0.20 - 0.06 (08)	<0.06 (05)		
4	Estado de discontinuidades	Persistencia	<1 (06)	1 - 3 (04)	3 - 10 (02)	10 - 20 (01)	>20 (00)		
		Abertura	Cerrada (06)	<0.1 (05)	0.1 - 10 (04)	10 - 50 (01)	>5.0 (00)		
		Rugosidad	Muy rugosa (06)	Rugosa (05)	Ligeramente rugoso (03)	Lisa (01)	Lustrosa (00)		
		Relleno	Sin relleno (06)	Relleno duro (<5mm) (04)	Relleno duro (>5mm) (02)	Relleno blando (<5mm) (02)	Relleno blando (>5mm) (00)		
		Descomposición	Fresca (06)	Levemente descompuesta (05)	Moder. Descompuesta (03)	Altamente descompuesta(01)	Extrem. Descompuesta (00)		
5	Agua freática	Condición general	Completamente seco (15)	Ligeramente húmedo (10)	Húmedo (07)	Goteando (04)	Fluyendo (00)		
6	Corrección por orientación de discontinuidad	Taludes	Muy favorables (00)	Favorables (-5)	Regulares (-25)	Desfavorable (-50)	Muy desfavorable (-60)		

Valor del RMR	Suma de todos los parámetros	resultado
	1+2+3+4+5+6	

Valoración del RMR		Clase									
		I		II		III		IV		V	
Clasificación	Calidad	Muy buena		buena		regular		pobre		Muy pobre	
	Valoración	100 - 81		80 - 61		60 - 41		40 - 21		≤ 20	
Características geotécnicas	Tiempo del auto soporte (T. A. S.) y Vano	20 años para 15 m		1 año para 10 m		1 semana para 5m		10 horas para 2.5m		30 minutos para 1m	
	Cohesión (kp/cm ²)	>4		4 -3		3 -2		2 -1		<1	
	Angulo de fricción interna	>45°		45° - 35°		35° - 25°		25° - 15°		<15°	



“Determinación de zonas vulnerables para prevenir la caída de roca en la carretera Chiclayo – Santa Cruz tramo Puente Cumbil – Catache km 04+000 al km 09+000”

GUÍA DE OBSERVACIÓN EN LABORATORIO

OBJETIVO: La siguiente guía de observación será aplicada en laboratorio de mecánica de rocas con la finalidad de obtener información del esfuerzo máximo de la roca, la cohesión y el ángulo de fricción, para esto se aplicará el ensayo triaxial a la roca.

Nombre: Ensayo Triaxial

Formato: Describir y analizar los datos de los ensayos de laboratorio

Tabla 03: Ensayo de compresión triaxial en rocas

Dimensiones de la probeta (diámetro y altura) presión carga máxima aplicada velocidad de tensión constante

Muestra N°	Dimensiones de la probeta		Presión de confinamiento	Carga máxima aplicada	Velocidad de tensión constante
	Diámetro (mm)	Altura (mm)			
1					
2					
3					
4					
5					



“Medidas de control para prevenir la caída de roca en la carretera Chiclayo – Santa Cruz Tramo Puente Cumbíl – Catache km 14+000 al km 19+000”

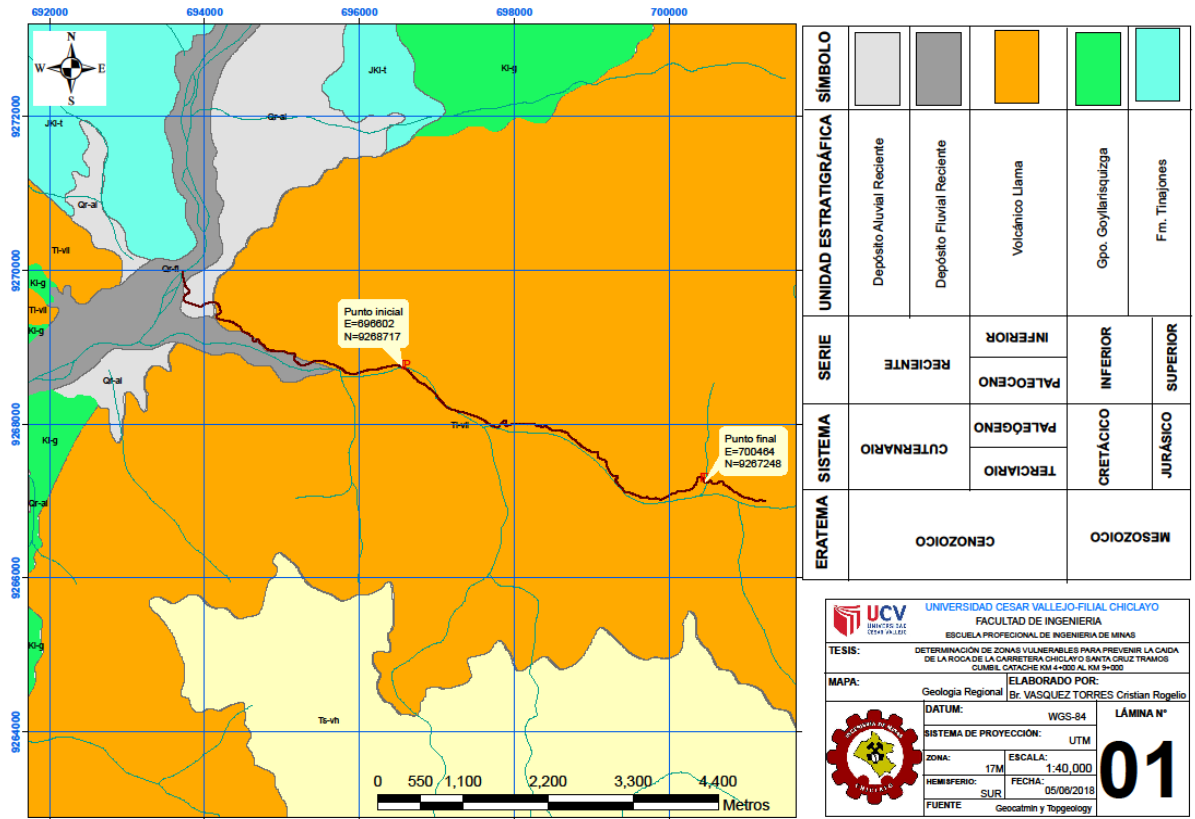
GUÍA DE OBSERVACIÓN EN LABORATORIO

Objetivo: Obtener datos de la orientación de las discontinuidades del talud

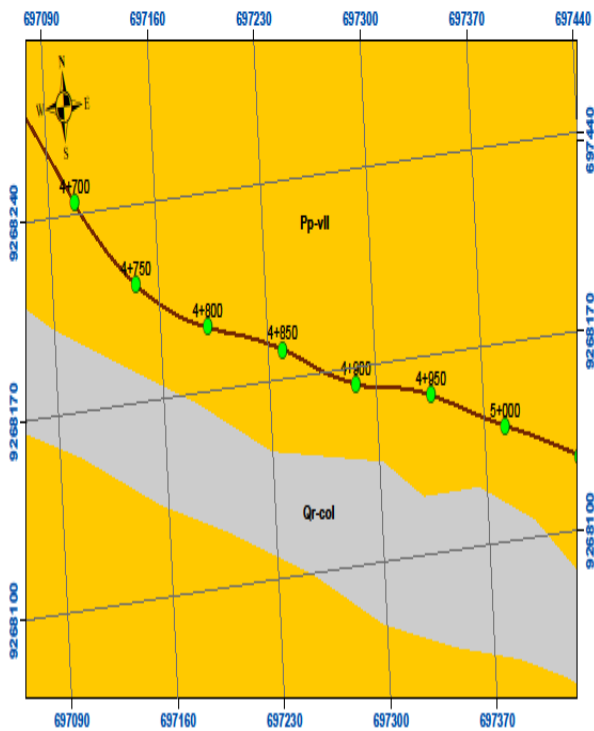
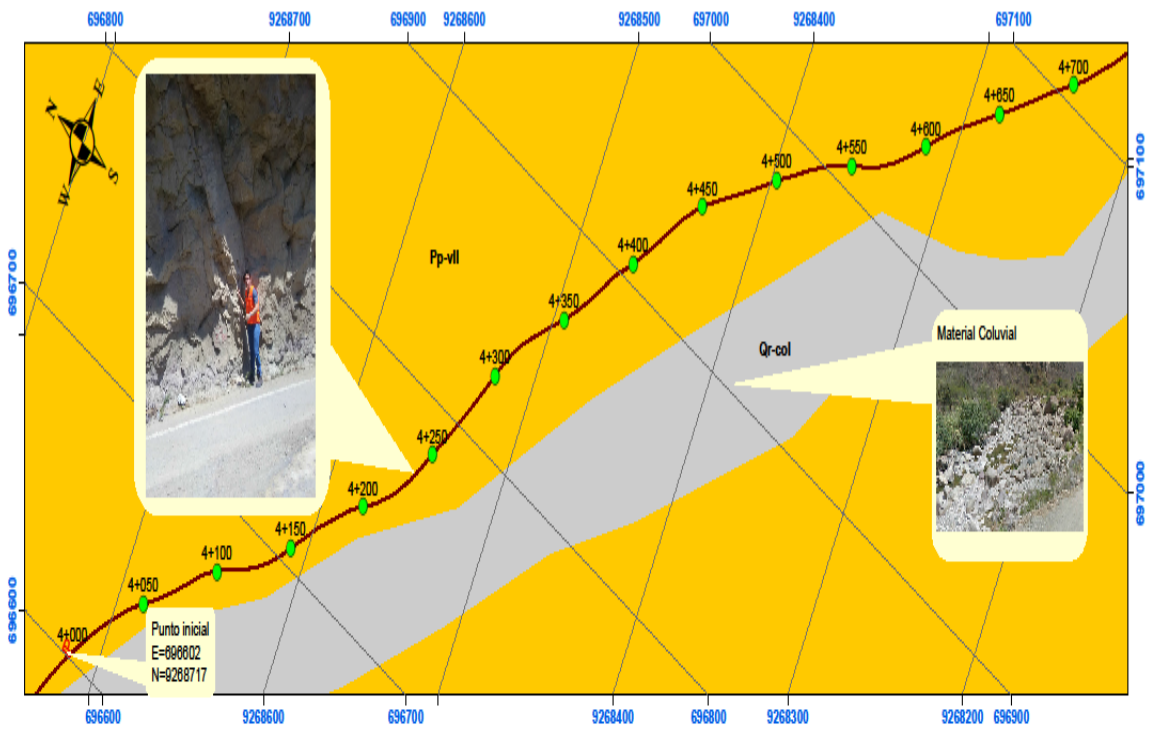
Tabla 4: discontinuidades

Orientación de las discontinuidades					
N°	Buzamiento	Dirección de buzamiento	N°	Buzamiento	Dirección de buzamiento
1			1		
2			2		
3			3		
4			4		
5			5		
6			6		
7			7		
8			8		
9			9		
10			10		
11			11		
12			12		
13			13		
14			14		
15			15		
16			16		
17			17		
18			18		
19			19		
20			20		

Anexo 03: Mapas geológicos



Mapa 1: Geología Regional Fuente: Propia



ERATEMA	SISTEMA	SERIE	UNIDAD ESTRATIGRAFICA	SIMBOLO
CENOZOICO	CUTERNARIO	RECIENTE	Deposito Coluvial Reciente	Qr-col
	PALEOGENO	PALEOCENO	Volcanico Llama	Pp-vil

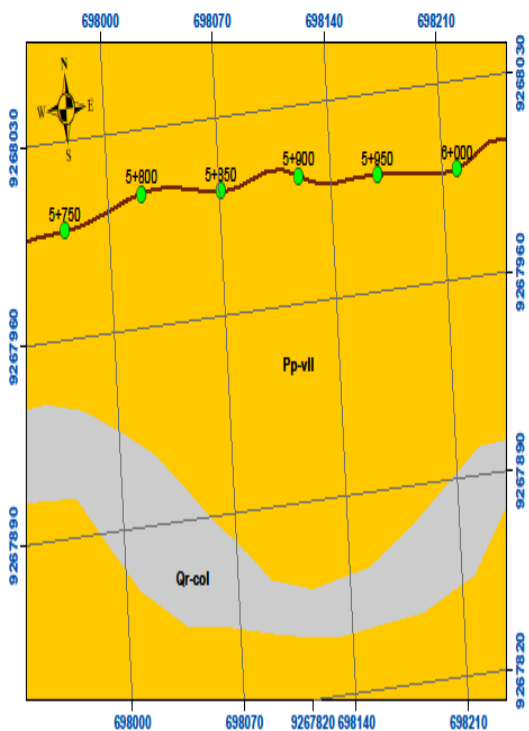

UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO-FILIAL CHICLAYO
 FACULTAD DE INGENIERIA
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA DE MINAS

TESIS: DETERMINACIÓN DE ZONAS VULNERABLES PARA PREVENIR LA CAIDA DE LA ROCA DE LA CARRETERA CHICLAYO SANTA CRUZ TRAMOS CUMBIL CATACHE KM 4+000 AL KM 5+000

MAPA: Geología Local Progresiva. 4+000 km-5+000 km **ELABORADO POR:** Gr. VASQUEZ TORRES Cristian Rogelio

DATUM:	WGS-84	LÁMINA N° 02
SISTEMA DE PROYECCIÓN:	UTM	
ZONA:	17M	
HEMISFERIO:	SUR	
FECHA:	05/08/2018	
FUENTE:	Geocatin y Topogeology	

Mapa 2: Geología local tramo 4+000 km - 5+000 km. Fuente: Propia



ERATEMA	SISTEMA	SERIE	UNIDAD ESTRATIGRAFICA	SIMBOLO
CENOZOICO	CUTERNARIO	RECIENTE	Deposito Coluvial Reciente	Qr-col
	PALEOGENO	PALEOCENO	Volcanico Llama	Pp-vii

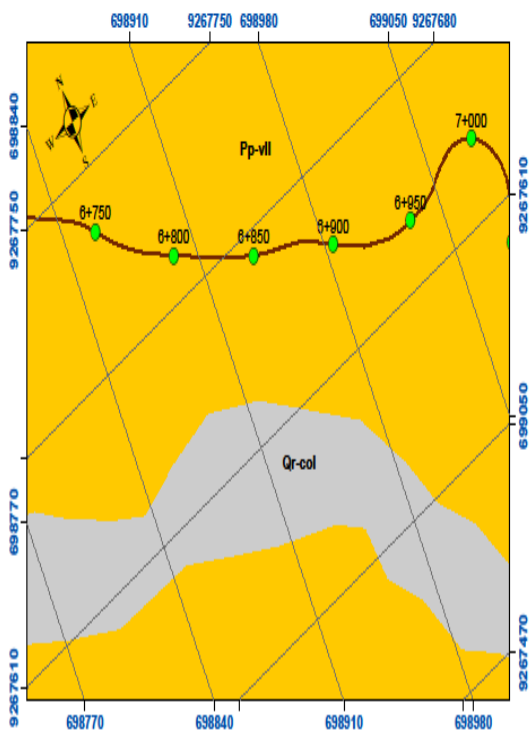
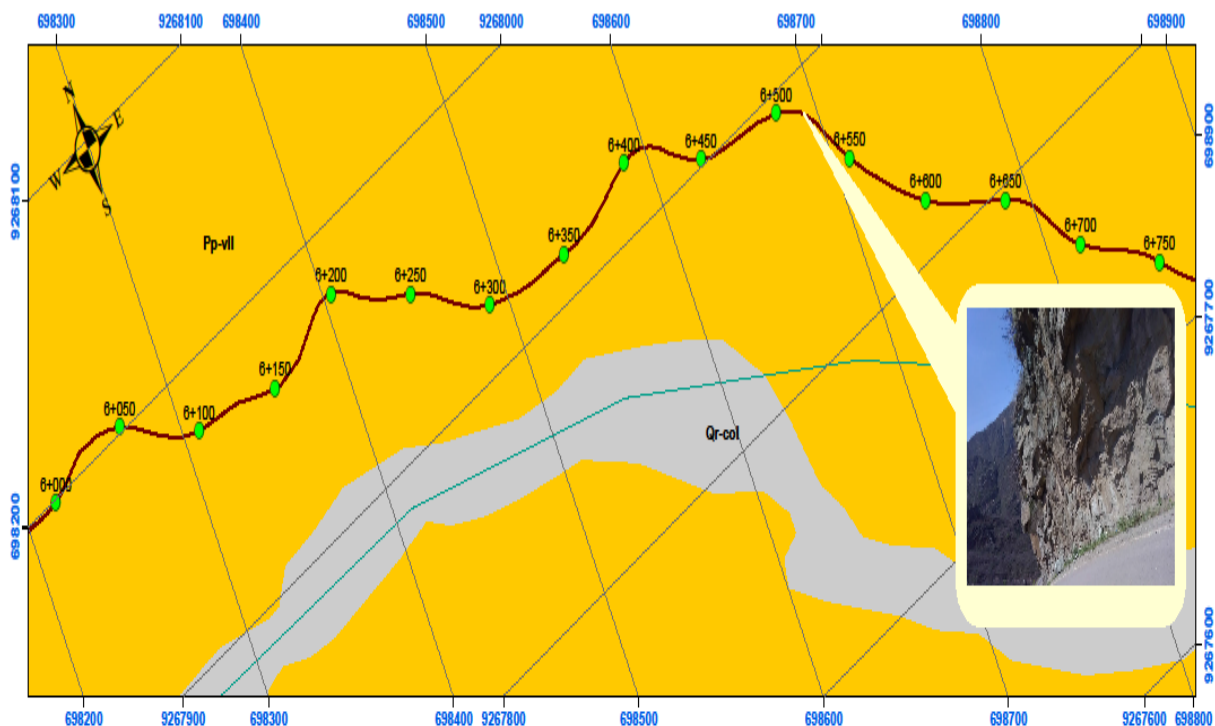

UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO-FILIAL CHICLAYO
 FACULTAD DE INGENIERIA
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA DE MINAS

TESIS: DETERMINACIÓN DE ZONAS VULNERABLES PARA PREVENIR LA CAIDA DE LA ROCA DE LA CARRETERA CHICLAYO-SANTA CRUZ TRAMOS CUMBIL, CATACHE KM 4+000 AL KM 9+000

MAPA: Geología Local | **ELABORADO POR:** Br. VASQUEZ TORRES Cristian Rogelio
 Progresiva. 5+000 km-6+000 km

DATUM:	WGS-84	LÁMINA N°
SISTEMA DE PROYECCIÓN:	UTM	
ZONA:	17M	03
HEMISFERIO:	SUR	
FECHA:	08/08/2018	
FUENTE:	Geocatmín y Topografía	

Mapa 3: Geología local tramo 5+000 km - 6+000 km. Fuente: Propia



ERATEMA	SISTEMA	SERIE	UNIDAD ESTRATIGRAFICA	SIMBOLO
CENOZOICO		RECIENTE	Deposito Coluvial Reciente	Qr-col
		PALEOCENO	Volcanico Llama	Pp-vll

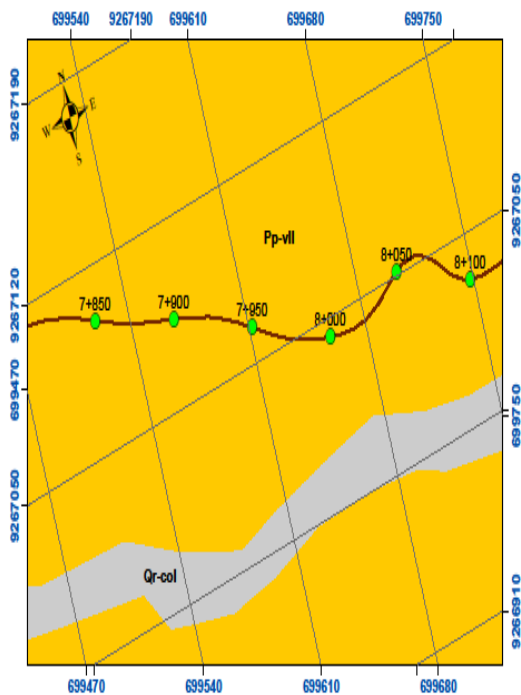
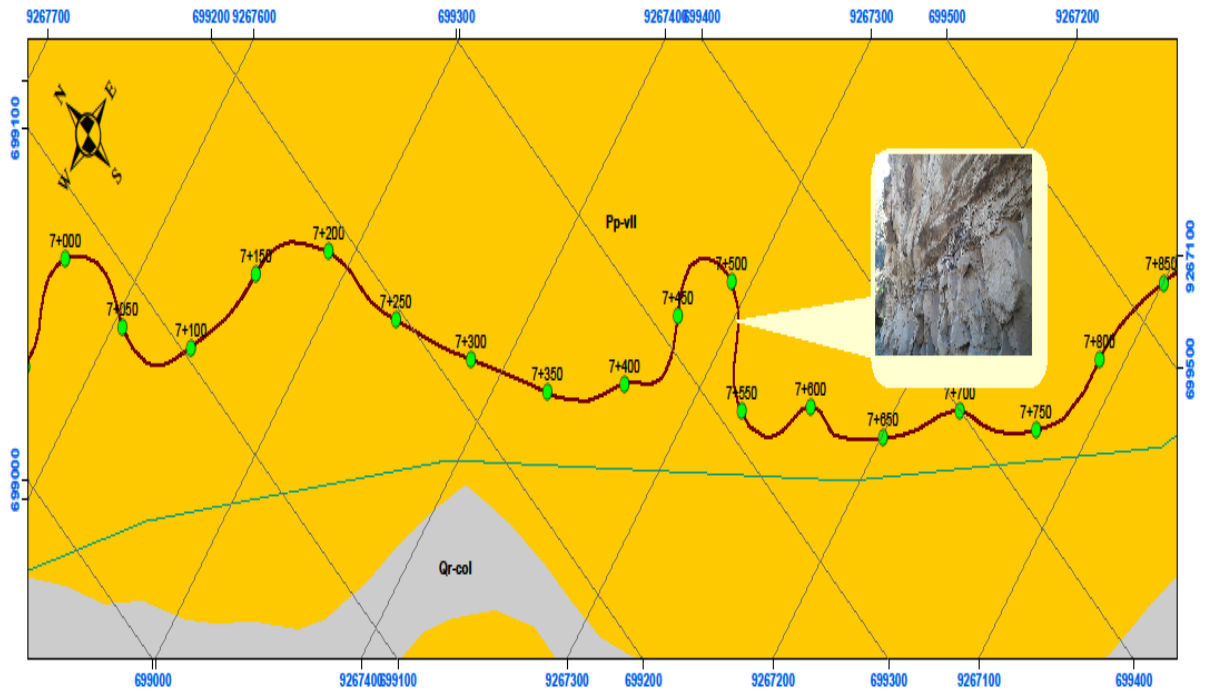

UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO-FILIAL CHICLAYO
 FACULTAD DE INGENIERIA
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA DE MINAS

TESIS: DETERMINACIÓN DE ZONAS VULNERABLES PARA PREVENIR LA CAIDA DE LA ROCA DE LA CARRETERA CHICLAYO SANTA CRUZ TRAMOS CUMBLI CATACHE KM 4+000 AL KM 9+000

MAPA: Geología Local **ELABORADO POR:** Br. VASQUEZ TORRES Cristian Rogelio
 Progresiva. 6+000 km-7+000 km

DATUM:	WGS-84	LÁMINA N° 04
SISTEMA DE PROYECCIÓN:	UTM	
ZONA:	17M	
ESCALA:	1:2,000	
HEMISFERIO:	SUR	FECHA: 07/08/2018
FUENTE:	Geocalmin y Topogeology	

Mapa 4: Geología local tramo 6+000 km - 7+000 km. Fuente: Propia



ERATEMA	SISTEMA	SERIE	UNIDAD ESTRATIGRAFICA	SIMBOLO
CENOZOICO	CUTERNARIO	RECIENTE	Deposito Coluvial Reciente	Qr-col
	PALEOGENO	PALEOCENO	Volcanico Llama	Pp-vll


UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO-FILIAL CHICLAYO
 FACULTAD DE INGENIERIA
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA DE MINAS

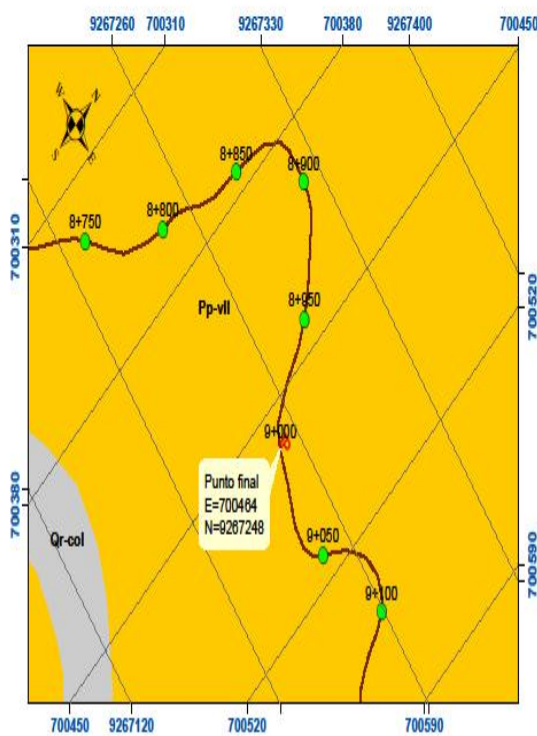
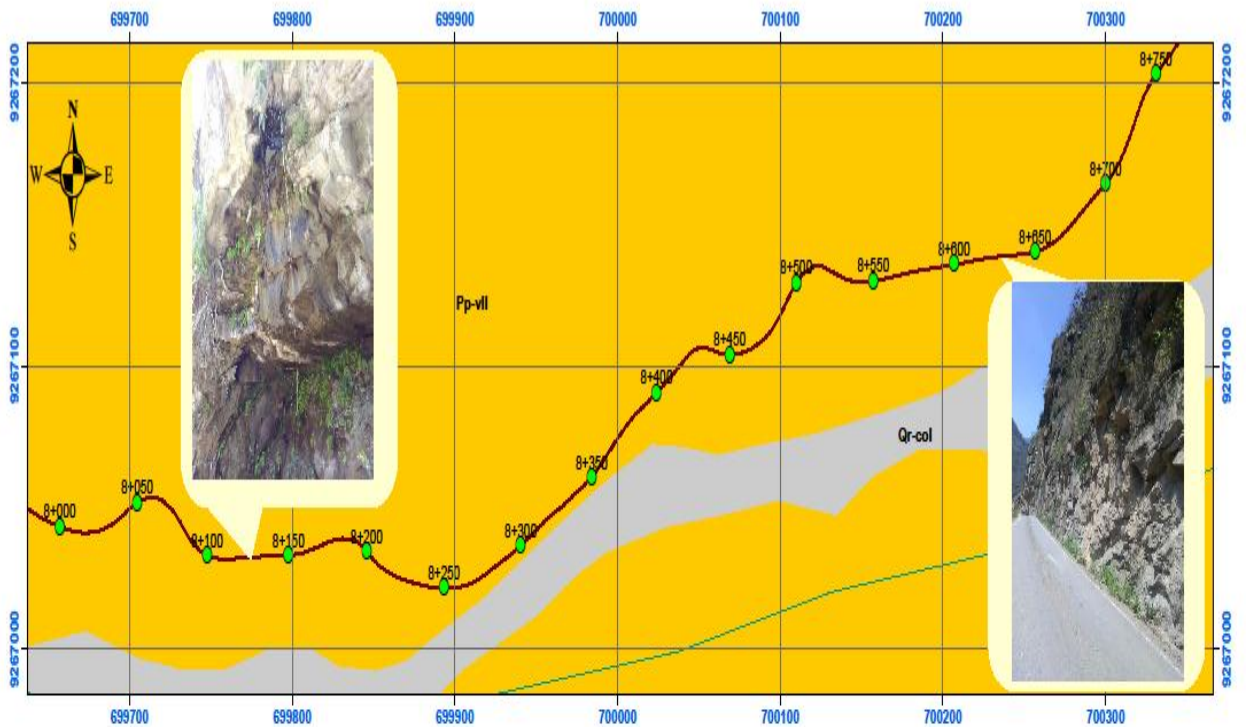
TESIS: DETERMINACION DE ZONAS VULNERABLES PARA PREVENIR LA CAIDA DE LA ROCA DE LA CARRETERA CHICLAYO SANTA CRUZ TRAMOS CUMBIL CATACHE KM 4+000 AL KM 9+000

MAPA: Geología Local
 Progresiva. 7+000 km-8+000 km

ELABORADO POR: Br. VASQUEZ TORRES Cristian Rogelio

DATUM:	WGS-84	LÁMINA N° 05
SISTEMA DE PROYECCION:	UTM	
ZONA:	17M	
ESCALA:	1:2,000	
HEMISFERIO:	SUR	FECHA: 08/08/2018
FUENTE:	Geocalmin y Topogeology	

Mapa 5: Geología local tramo 7+000 km - 8+000 km. Fuente: Propia



ERATEMA	SISTEMA	SERIE	UNIDAD ESTRATIGRAFICA	SIMBOLO
CENOZOICO	CUTERNARIO	RECIENTE	Deposito Coluvial Reciente	Qr-col
	PALEOGENO	PALEOCENO	Volcanico Llama	Pp-vll

 UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO-FILIAL CHICLAYO FACULTAD DE INGENIERIA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA DE MINAS																				
TESIS: DETERMINACIÓN DE ZONAS VULNERABLES PARA PREVENIR LA CAIDA DE LA ROCA DE LA CARRETERA CHICLAYO SANTA CRUZ TRAMOS CUMBIL CATACHE KM 4+000 AL KM 9+000																				
MAPA: Geología Local Progresiva. 8+000 km-9+000 km	ELABORADO POR: Br. VASQUEZ TORRES Cristian Rogelio																			
	<table border="1"> <tr> <td>DATUM:</td> <td>WGS-84</td> <td rowspan="2">LÁMINA N°</td> </tr> <tr> <td>SISTEMA DE PROYECCIÓN:</td> <td>UTM</td> </tr> <tr> <td>ZONA:</td> <td>17M</td> <td rowspan="2">06</td> </tr> <tr> <td>ESCALA:</td> <td>1:2,000</td> </tr> <tr> <td>HEMISFERIO:</td> <td>FECHA:</td> <td></td> </tr> <tr> <td>SUR</td> <td>09/08/2018</td> <td></td> </tr> <tr> <td>FUENTE:</td> <td>Geocalmín y Topogeology</td> <td></td> </tr> </table>	DATUM:	WGS-84	LÁMINA N°	SISTEMA DE PROYECCIÓN:	UTM	ZONA:	17M	06	ESCALA:	1:2,000	HEMISFERIO:	FECHA:		SUR	09/08/2018		FUENTE:	Geocalmín y Topogeology	
DATUM:	WGS-84	LÁMINA N°																		
SISTEMA DE PROYECCIÓN:	UTM																			
ZONA:	17M	06																		
ESCALA:	1:2,000																			
HEMISFERIO:	FECHA:																			
SUR	09/08/2018																			
FUENTE:	Geocalmín y Topogeology																			

Mapa 6: Geología local tramo 8+000 km - 9+000 km. Fuente: Propia

Anexo 04: Datos tomados de cada tramo de las discontinuidades

Tabla 27: DISCONTINUIDADES DEL MACIZO ROCOSO Km 4+000 - km 4+625

N°	DESC.	B	DB	N°	DESC.	B	DB
1	J	52°	113°	101	J	58°	198°
2	J	49°	38°	102	J	52°	156°
3	J	60°	37°	103	J	52°	181°
4	J	52°	233°	104	J	57°	205°
5	J	45°	283°	105	J	62°	189°
6	J	59°	203°	106	J	63°	208°
7	J	25°	81°	107	J	54°	80°
8	J	51°	77°	108	J	64°	82°
9	J	60°	33°	109	J	53°	85°
10	J	48°	229°	110	J	68°	65°

11	J	55°	220°	111	J	51°	82°
12	J	49°	94°	112	J	51°	82°
13	J	60°	194°	113	J	61°	70°
14	J	54°	207°	114	J	58°	81°
15	J	44°	198°	115	J	53°	65°
16	J	60°	146°	116	J	61°	66°
17	J	43°	98°	117	J	55°	158°
18	J	45°	42°	118	J	65°	219°
19	J	55°	189°	119	J	82°	175°
20	J	45°	137°	120	J	61°	225°
21	J	49°	134°	121	J	61°	239°
22	J	49°	237°	122	J	65°	195°
23	J	52°	230°	123	J	70°	240°
24	J	43°	74°	124	J	75°	200°
25	J	72°	22°	125	J	77°	224°
26	J	66°	24°	126	J	71°	218°
27	J	71°	80°	127	J	83°	166°
28	J	75°	311°	128	J	67°	215°
29	J	77°	100°	129	J	83°	208°
30	J	69°	237°	130	J	83°	212°
31	J	71°	37°	131	J	66°	155°
32	J	59°	259°	132	J	76°	163°
33	J	60°	108°	133	J	77°	240°
34	J	61°	26°	134	J	70°	171°
35	J	75°	43°	135	J	79°	177°
36	J	59°	268°	136	J	69°	55°
37	J	61°	175°	137	J	65°	170°
38	J	67°	212°	138	J	75°	229°
39	J	74°	245°	139	J	83°	185°
40	J	55°	287°	140	J	66°	171°
41	J	64°	39°	141	J	65°	240°
42	J	73°	152°	142	J	72°	190°
43	J	46°	49°	143	J	85°	217°
44	J	56°	229°	144	J	73°	225°
45	J	61°	132°	145	J	80°	179°
46	J	53°	149°	146	J	77°	196°
47	J	48°	197°	147	J	60°	192°
48	J	52°	39°	148	J	64°	165°
49	J	52°	121°	149	J	74°	172°
50	J	69°	77°	150	J	64°	191°

51	J	62°	196°	151	J	67°	184°
52	J	70°	99°	152	J	81°	345°
53	J	59°	89°	153	J	77°	318°
54	J	48°	169°	154	J	79°	354°
55	J	56°	272°	155	J	63°	325°
56	J	55°	122°	156	J	84°	346°
57	J	48°	136°	157	J	75°	174°
58	J	46°	115°	158	J	72°	166°
59	J	52°	231°	159	J	16°	164°
60	J	69°	316°	160	J	64°	220°
61	J	60°	257°	161	J	61°	189°
62	J	56°	87°	162	J	83°	183°
63	J	56°	206°	163	J	68°	166°
64	J	59°	231°	164	J	63°	231°
65	J	57°	228°	165	J	74°	236°
66	J	59°	43°	166	J	64°	217°
67	J	63°	24°	167	J	65°	189°
68	J	64°	22°	168	J	77°	204°
69	J	57°	294°	169	J	65°	244°
70	J	70°	222°	170	J	81°	234°
71	J	64°	274°	171	J	60°	171°
72	J	59°	302°	172	J	83°	169°
73	J	66°	53°	173	J	65°	242°
74	J	69°	248°	174	J	73°	233°
75	J	57°	325°	175	J	77°	180°
76	J	55°	266°	176	J	68°	218°
77	J	47°	325°	177	J	65°	188°
78	J	65°	23°	178	J	62°	189°
79	J	69°	228°	179	J	43°	243°
80	J	59°	228°	180	J	54°	217°
81	J	59°	172°	181	J	52°	199°
82	J	61°	29°	182	J	43°	224°
83	J	48°	222°	183	J	58°	240°
84	J	61°	223°	184	J	45°	176°
85	J	62°	175°	185	J	47°	167°
86	J	52°	242°	186	J	50°	238°
87	J	70°	262°	187	J	47°	164°
88	J	54°	73°	188	J	48°	167°
89	J	65°	231°	189	J	50°	215°
90	J	53°	99°	190	J	83°	190°

91	J	68°	275°	191	J	68°	191°
92	J	61°	314°	192	J	55°	198°
93	J	62°	43°	193	J	82°	164°
94	J	57°	43°	194	J	74°	50°
95	J	60°	320°	195	J	73°	198°
96	J	54°	105°	196	J	60°	158°
97	J	52°	256°	197	J	54°	229°
98	J	50°	148°	198	J	48°	232°
99	J	58°	186°	199	J	84°	65°
100	J	67°	69°	200	J	73°	238°

FUENTE: Elaboración propia

Tabla 28: DISCONTINUIDADES DEL MACIZO ROCOSO Km 4+625 - km 5+250

N°	DESC.	B	DB	N°	DESC.	B	DB
1	J	70°	210°	101	J	73°	194°
2	J	85°	215°	102	J	62°	202°
3	J	76°	100°	103	J	76°	314°
4	J	70°	310°	104	J	66°	345°
5	J	52°	160°	105	J	73°	309°
6	J	84°	150°	106	J	68°	352°
7	J	86°	145°	107	J	77°	350°
8	J	48°	140°	108	J	77°	339°
9	J	84°	175°	109	J	75°	332°
10	J	78°	348°	110	J	74°	311°

11	J	90°	349°	111	J	81°	317°
12	J	80°	340°	112	J	79°	301°
13	J	84°	307°	113	J	72°	135°
14	J	80°	328°	114	J	18°	110°
15	J	86°	328°	115	J	51°	252°
16	J	89°	334°	116	J	52°	120°
17	J	74°	346°	117	J	41°	186°
18	J	72°	313°	118	J	81°	215°
19	J	80°	308°	119	J	71°	241°
20	J	84°	310°	120	J	38°	184°
21	J	68°	322°	121	J	81°	251°
22	J	87°	320°	122	J	16°	228°
23	J	71°	345°	123	J	6°	225°
24	J	83°	349°	124	J	89°	67°
25	J	85°	321°	125	J	68°	231°
26	J	73°	353°	126	J	12°	236°
27	J	76°	351°	127	J	44°	320°
28	J	85°	313°	128	J	78°	52°
29	J	51°	316°	129	J	50°	235°
30	J	78°	325°	130	J	43°	231°
31	J	65°	340°	131	J	53°	247°
32	J	85°	336°	132	J	46°	79°
33	J	11°	185°	133	J	37°	180°
34	J	70°	194°	134	J	75°	129°
35	J	24°	20°	135	J	68°	350°
36	J	84°	101°	136	J	50°	216°
37	J	90°	95°	137	J	73°	207°
38	J	81°	115°	138	J	17°	183°
39	J	62°	173°	139	J	52°	217°
40	J	70°	162°	140	J	45°	78°
41	J	83°	175°	141	J	57°	190°
42	J	76°	153°	142	J	45°	76°
43	J	65°	188°	143	J	49°	219°
44	J	90°	95°	144	J	76°	152°
45	J	76°	131°	145	J	38°	204°
46	J	80°	215°	146	J	47°	238°
47	J	85°	185°	147	J	70°	315°
48	J	85°	126°	148	J	43°	187°
49	J	78°	251°	149	J	54°	226°
50	J	73°	65°	150	J	15°	78°

51	J	90°	145°	151	J	69°	216°
52	J	88°	270°	152	J	42°	94°
53	J	76°	117°	153	J	68°	75°
54	J	74°	146°	154	J	59°	193°
55	J	76°	123°	155	J	63°	304°
56	J	88°	142°	156	J	52°	184°
57	J	86°	231°	157	J	42°	226°
58	J	76°	150°	158	J	50°	86°
59	J	58°	167°	159	J	55°	190°
60	J	62°	183°	160	J	9°	315°
61	J	30°	223°	161	J	75°	201°
62	J	76°	150°	162	J	70°	203°
63	J	45°	218°	163	J	67°	193°
64	J	85°	212°	164	J	77°	208°
65	J	62°	184°	165	J	76°	195°
66	J	76°	158°	166	J	60°	78°
67	J	28°	50°	167	J	71°	192°
68	J	58°	175°	168	J	65°	184°
69	J	64°	153°	169	J	63°	326°
70	J	85°	170°	170	J	69°	345°
71	J	88°	166°	171	J	76°	329°
72	J	68°	185°	172	J	71°	319°
73	J	87°	167°	173	J	70°	342°
74	J	86°	183°	174	J	62°	333°
75	J	59°	153°	175	J	71°	319°
76	J	57°	310°	176	J	79°	315°
77	J	70°	158°	177	J	64°	323°
78	J	58°	160°	178	J	70°	334°
79	J	85°	170°	179	J	63°	311°
80	J	87°	172°	180	J	76°	330°
81	J	63°	50°	181	J	72°	189°
82	J	64°	170°	182	J	72°	182°
83	J	78°	177°	183	J	72°	183°
84	J	60°	193°	184	J	76°	182°
85	J	70°	195°	185	J	61°	204°
86	J	74°	203°	186	J	60°	179°
87	J	73°	178°	187	J	64°	201°
88	J	63°	204°	188	J	78°	196°
89	J	74°	195°	189	J	69°	206°
90	J	80°	172°	190	J	68°	190°

91	J	70°	193°	191	J	76°	179°
92	J	72°	195°	192	J	73°	188°
93	J	67°	190°	193	J	63°	206°
94	J	60°	203°	194	J	73°	126°
95	J	68°	211°	195	J	78°	192°
96	J	75°	168°	196	J	73°	201°
97	J	68°	171°	197	J	78°	177°
98	J	66°	164°	198	J	61°	203°
99	J	65°	208°	199	J	71°	120°
100	J	71°	189°	200	J	70°	177°

FUENTE: Elaboración propia

Tabla 29: DISCONTINUIDADES DEL MACIZO ROCOSO Km5+250 - km 5+875

N°	DESC.	B	DB	N°	DESC.	B	DB
1	J	80°	165°	91	J	83°	178°
2	J	75°	242°	92	J	55°	229°
3	J	68°	197°	93	J	41°	226°
4	J	63°	166°	94	J	74°	270°
5	J	37°	148°	95	J	61°	161°
6	J	76°	156°	96	J	45°	257°
7	J	83°	161°	97	J	71°	159°
8	J	59°	258°	98	J	71°	315°
9	J	51°	157°	99	J	60°	213°
10	J	83°	254°	100	J	36°	143°

11	J	73°	268°	101	J	38°	153°
12	J	54°	234°	102	J	67°	192°
13	J	40°	280°	103	J	46°	275°
14	J	76°	200°	104	J	70°	157°
15	J	68°	152°	105	J	45°	232°
16	J	41°	150°	106	J	36°	320°
17	J	78°	202°	107	J	40°	215°
18	J	49°	262°	108	J	42°	249°
19	J	70°	234°	109	J	81°	228°
20	J	75°	150°	110	J	74°	240°
21	J	36°	208°	111	J	77°	280°
22	J	44°	213°	112	J	46°	209°
23	J	60°	285°	113	J	84°	274°
24	J	57°	170°	114	J	70°	173°
25	J	85°	261°	115	J	72°	237°
26	J	75°	272°	116	J	47°	171°
27	J	54°	283°	117	J	47°	159°
28	J	40°	221°	118	J	75°	167°
29	J	40°	251°	119	J	60°	144°
30	J	59°	224°	120	J	82°	239°
31	J	51°	175°	121	J	80°	282°
32	J	81°	145°	122	J	84°	177°
33	J	72°	274°	123	J	38°	227°
34	J	71°	191°	124	J	57°	213°
35	J	66°	190°	125	J	41°	163°
36	J	59°	170°	126	J	78°	273°
37	J	39°	187°	127	J	56°	158°
38	J	43°	175°	128	J	59°	216°
39	J	75°	188°	129	J	52°	161°
40	J	47°	181°	130	J	63°	172°
41	J	48°	179°	131	J	58°	243°
42	J	60°	175°	132	J	76°	234°
43	J	52°	257°	133	J	47°	181°
44	J	43°	219°	134	J	61°	235°
45	J	37°	151°	135	J	72°	265°
46	J	43°	198°	136	J	44°	196°
47	J	81°	235°	137	J	75°	275°
48	J	42°	231°	138	J	59°	160°
49	J	55°	256°	139	J	38°	218°
50	J	51°	276°	140	J	36°	158°

51	J	48°	229°	141	J	81°	154°
52	J	78°	186°	142	J	40°	277°
53	J	43°	241°	143	J	68°	152°
54	J	66°	269°	144	J	39°	184°
55	J	79°	153°	145	J	58°	281°
56	J	83°	169°	146	J	63°	165°
57	J	65°	234°	147	J	40°	224°
58	J	72°	162°	148	J	57°	170°
59	J	83°	191°	149	J	48°	214°
60	J	41°	226°	150	J	55°	253°
61	J	47°	255°	151	J	50°	219°
62	J	73°	207°	152	J	78°	50°
63	J	44°	265°	153	J	64°	173°
64	J	58°	172°	154	J	74°	207°
65	J	61°	220°	155	J	59°	148°
66	J	50°	155°	156	J	56°	189°
67	J	60°	149°	157	J	36°	280°
68	J	52°	180°	158	J	38°	272°
69	J	74°	276°	159	J	44°	275°
70	J	58°	266°	160	J	60°	228°
71	J	79°	257°	161	J	39°	270°
72	J	70°	229°	162	J	36°	212°
73	J	46°	147°	163	J	72°	272°
74	J	53°	195°	164	J	40°	242°
75	J	53°	225°	165	J	75°	270°
76	J	38°	269°	166	J	72°	151°
77	J	70°	219°	167	J	43°	170°
78	J	57°	163°	168	J	46°	208°
79	J	85°	222°	169	J	48°	231°
80	J	57°	224°	170	J	67°	164°
81	J	85°	164°	171	J	85°	178°
82	J	45°	232°	172	J	63°	209°
83	J	82°	271°	173	J	79°	208°
84	J	66°	279°	174	J	64°	256°
85	J	64°	158°	175	J	54°	283°
86	J	64°	179°	176	J	82°	271°
87	J	70°	164°	177	J	71°	162°
88	J	47°	209°	178	J	36°	120°
89	J	47°	172°	179	J	73°	215°

90	J	79°	186°	180	J	63°	153°
----	----------	-----	------	-----	----------	-----	------

FUENTE: *Elaboración propia*

Tabla 30: DISCONTINUIDADES DEL MACIZO ROCOSO Km 5+875 - km 6+500

N°	DESC.	B	DB	N°	DESC.	B	DB
1	J	76°	200°	101	J	53°	195°
2	J	54°	80°	102	J	59°	182°
3	J	54°	89°	103	J	53°	217°
4	J	77°	91°	104	J	68°	185°
5	J	76°	90°	105	J	58°	174°
6	J	73°	79°	106	J	66°	189°
7	J	79°	75°	107	J	74°	214°
8	J	78°	92°	108	J	63°	164°
9	J	50°	85°	109	J	67°	219°

10	J	56°	83°	110	J	61°	206°
11	J	65°	83°	111	J	62°	220°
12	J	65°	164°	112	J	76°	183°
13	J	64°	192°	113	J	71°	162°
14	J	61°	160°	114	J	74°	160°
15	J	79°	202°	115	J	76°	190°
16	J	72°	175°	116	J	61°	209°
17	J	53°	197°	117	J	50°	211°
18	J	67°	203°	118	J	63°	184°
19	J	71°	193°	119	J	77°	187°
20	J	61°	185°	120	J	55°	175°
21	J	50°	217°	121	J	50°	196°
22	J	80°	179°	122	J	53°	211°
23	J	65°	182°	123	J	71°	198°
24	J	51°	210°	124	J	56°	191°
25	J	50°	206°	125	J	63°	194°
26	J	58°	193°	126	J	67°	191°
27	J	50°	185°	127	J	79°	345°
28	J	56°	214°	128	J	73°	306°
29	J	75°	172°	129	J	78°	342°
30	J	79°	192°	130	J	60°	354°
31	J	64°	181°	131	J	71°	353°
32	J	65°	173°	132	J	58°	339°
33	J	53°	172°	133	J	77°	346°
34	J	68°	175°	134	J	67°	329°
35	J	78°	209°	135	J	52°	323°
36	J	50°	181°	136	J	64°	343°
37	J	73°	189°	137	J	61°	309°
38	J	56°	203°	138	J	54°	185°
39	J	68°	220°	139	J	54°	166°
40	J	67°	214°	140	J	55°	188°
41	J	72°	202°	141	J	74°	207°
42	J	53°	209°	142	J	52°	214°
43	J	76°	160°	143	J	50°	169°
44	J	59°	168°	144	J	80°	174°
45	J	78°	193°	145	J	53°	187°
46	J	52°	205°	146	J	73°	161°
47	J	59°	192°	147	J	69°	208°
48	J	64°	204°	148	J	53°	197°
49	J	62°	220°	149	J	68°	191°

50	J	61°	208°	150	J	53°	177°
51	J	71°	212°	151	J	70°	189°
52	J	73°	168°	152	J	76°	181°
53	J	80°	180°	153	J	61°	179°
54	J	71°	174°	154	J	80°	202°
55	J	58°	163°	155	J	71°	210°
56	J	55°	201°	156	J	65°	219°
57	J	60°	162°	157	J	64°	218°
58	J	55°	209°	158	J	66°	184°
59	J	62°	197°	159	J	64°	175°
60	J	53°	214°	160	J	74°	167°
61	J	58°	161°	161	J	70°	202°
62	J	52°	163°	162	J	53°	176°
63	J	57°	219°	163	J	50°	189°
64	J	80°	192°	164	J	65°	183°
65	J	64°	198°	165	J	65°	192°
66	J	80°	163°	166	J	71°	212°
67	J	55°	166°	167	J	73°	202°
68	J	72°	161°	168	J	73°	218°
69	J	54°	162°	169	J	67°	198°
70	J	67°	207°	170	J	69°	204°
71	J	70°	176°	171	J	51°	209°
72	J	74°	164°	172	J	51°	182°
73	J	72°	207°	173	J	64°	208°
74	J	79°	165°	174	J	58°	181°
75	J	58°	197°	175	J	51°	177°
76	J	56°	208°	176	J	67°	211°
77	J	59°	197°	177	J	53°	171°
78	J	50°	214°	178	J	59°	214°
79	J	53°	174°	179	J	70°	206°
80	J	71°	188°	180	J	55°	195°
81	J	74°	183°	181	J	64°	189°
82	J	56°	203°	182	J	71°	189°
83	J	63°	180°	183	J	74°	205°
84	J	80°	161°	184	J	80°	172°
85	J	54°	220°	185	J	63°	174°
86	J	50°	192°	186	J	58°	170°
87	J	57°	182°	187	J	71°	201°
88	J	59°	218°	188	J	51°	164°
89	J	79°	188°	189	J	61°	165°

90	J	75°	161°	190	J	63°	202°
91	J	75°	214°	191	J	58°	170°
92	J	73°	193°	192	J	56°	177°
93	J	61°	183°	193	J	77°	196°
94	J	61°	187°	194	J	53°	182°
95	J	53°	177°	195	J	53°	164°
96	J	74°	183°	196	J	77°	199°
97	J	73°	212°	197	J	54°	206°
98	J	73°	218°	198	J	54°	163°
99	J	57°	174°	199	J	70°	206°
100	J	78°	183°	200	J	50°	196°

FUENTE: Elaboración propia

Tabla 31: DISCONTINUIDADES DEL MACIZO ROCOSO Km 6+500 - km 7+200

N°	DESC.	B	DB	N°	DESC.	B	DB
1	J	68°	345°	161	J	70°	191°
2	J	79°	337°	162	J	53°	86°
3	J	68°	338°	163	J	27°	222°
4	J	72°	325°	164	J	39°	75°
5	J	65°	332°	165	J	60°	79°
6	J	73°	335°	166	J	76°	212°
7	J	65°	332°	167	J	29°	216°
8	J	50°	180°	168	J	84°	315°
9	J	63°	76°	169	J	41°	79°

10	J	35°	59°	170	J	8°	120°
11	J	76°	306°	171	J	28°	308°
12	J	68°	323°	172	J	78°	85°
13	J	60°	300°	173	J	82°	95°
14	J	22°	50°	174	J	48°	208°
15	J	74°	180°	175	J	83°	331°
16	J	49°	132°	176	J	75°	321°
17	J	75°	320°	177	J	81°	347°
18	J	55°	184°	178	J	75°	340°
19	J	48°	21°	179	J	74°	330°
20	J	75°	100°	180	J	69°	343°
21	J	90°	359°	181	J	62°	314°
22	J	74°	194°	182	J	78°	337°
23	J	43°	358°	183	J	69°	344°
24	J	73°	63°	184	J	71°	326°
25	J	6°	101°	185	J	68°	305°
26	J	54°	220°	186	J	72°	337°
27	J	28°	220°	187	J	66°	312°
28	J	33°	197°	188	J	65°	323°
29	J	27°	216°	189	J	74°	320°
30	J	30°	84°	190	J	65°	329°
31	J	49°	75°	191	J	61°	318°
32	J	50°	315°	192	J	73°	308°
33	J	10°	43°	193	J	71°	342°
34	J	41°	214°	194	J	65°	322°
35	J	33°	79°	195	J	68°	340°
36	J	83°	348°	196	J	75°	324°
37	J	89°	336°	197	J	66°	315°
38	J	59°	108°	198	J	64°	53°
39	J	27°	75°	199	J	70°	223°
40	J	78°	196°	200	J	68°	209°
41	J	64°	191°	201	J	75°	231°
42	J	75°	177°	202	J	55°	178°
43	J	78°	181°	203	J	79°	190°
44	J	60°	208°	204	J	61°	160°
45	J	79°	201°	205	J	65°	200°
46	J	15°	201°	206	J	61°	190°
47	J	75°	198°	207	J	51°	210°
48	J	60°	208°	208	J	74°	238°
49	J	82°	213°	209	J	83°	173°

50	J	67°	97°	210	J	72°	234°
51	J	80°	195°	211	J	52°	231°
52	J	51°	211°	212	J	55°	91°
53	J	68°	329°	213	J	60°	328°
54	J	81°	323°	214	J	74°	294°
55	J	38°	186°	215	J	77°	229°
56	J	72°	167°	216	J	85°	167°
57	J	63°	79°	217	J	84°	174°
58	J	77°	105°	218	J	76°	244°
59	J	74°	203°	219	J	79°	219°
60	J	64°	192°	220	J	78°	318°
61	J	66°	177°	221	J	73°	173°
62	J	75°	179°	222	J	58°	319°
63	J	37°	181°	223	J	58°	242°
64	J	72	329°	224	J	71°	164°
65	J	79°	348°	225	J	55°	78°
66	J	73°	305°	226	J	74°	96°
67	J	8°	342°	227	J	58°	138°
68	J	71°	197°	228	J	71°	171°
69	J	67°	305°	229	J	82°	183°
70	J	78°	179°	230	J	71°	162°
71	J	49°	86°	231	J	57°	88°
72	J	67°	194°	232	J	80°	179°
73	J	36°	357°	233	J	60°	205°
74	J	70°	197°	234	J	63°	45°
75	J	45°	120°	235	J	68°	201°
76	J	65°	193°	236	J	51°	210°
77	J	73°	204°	237	J	61°	185°
78	J	69°	179°	238	J	61°	195°
79	J	60°	201°	239	J	78°	348°
80	J	36°	186°	240	J	59°	235°
81	J	42°	123°	241	J	69°	234°
82	J	38°	187°	242	J	80°	183°
83	J	77°	185°	243	J	76°	120°
84	J	84°	200°	244	J	70°	192°
85	J	21°	195°	245	J	64°	207°
86	J	72°	348°	246	J	68°	222°
87	J	62°	294°	247	J	73°	215°
88	J	71°	275°	248	J	51°	218°
89	J	69°	180°	249	J	62°	79°

90	J	70°	208°	250	J	79°	110°
91	J	38°	310°	251	J	67°	349°
92	J	62°	189°	252	J	55°	48°
93	J	6°	175°	253	J	76°	187°
94	J	49°	285°	254	J	31°	76°
95	J	32°	198°	255	J	38°	108°
96	J	16°	295°	256	J	48°	206°
97	J	37°	67°	257	J	41°	202°
98	J	78°	314°	258	J	79°	217°
99	J	59°	175°	259	J	40°	209°
100	J	67°	214°	260	J	15°	181°
101	J	15°	209°	261	J	85°	310°
102	J	34°	188°	262	J	29°	212°
103	J	78°	202°	263	J	48°	229°
104	J	8°	209°	264	J	75°	152°
105	J	48°	357°	265	J	46°	38°
106	J	27°	212°	266	J	13°	75°
107	J	37°	191°	267	J	48°	351°
108	J	17°	342°	268	J	30°	156°
109	J	86°	188°	269	J	43°	149°
110	J	74°	45°	270	J	36°	89°
111	J	38°	192°	271	J	72°	320°
112	J	12°	179°	272	J	53°	78°
113	J	68°	196°	273	J	73°	165°
114	J	46°	210°	274	J	75°	140°
115	J	26°	182°	275	J	55°	65°
116	J	59°	209°	276	J	68°	186°
117	J	79°	180°	277	J	52°	78°
118	J	77°	211°	278	J	77°	137°
119	J	85°	185°	279	J	53°	254°
120	J	73°	176°	280	J	52°	222°
121	J	63°	205°	281	J	74°	240°
122	J	50°	191°	282	J	64°	327°
123	J	70°	97°	283	J	83°	43°
124	J	85°	139°	284	J	59°	230°
125	J	55°	73°	285	J	65°	154°
126	J	73°	214°	286	J	58°	94°
127	J	56°	89°	287	J	82°	177°
128	J	71°	189°	288	J	77°	180°
129	J	84°	348°	289	J	80°	64°

130	J	27°	211°	290	J	83°	167°
131	J	62°	181°	291	J	52°	155°
132	J	76°	196°	292	J	45°	337°
133	J	56°	209°	293	J	34°	162°
134	J	73°	120°	294	J	51°	194°
135	J	61°	202°	295	J	52°	93°
136	J	60°	53°	296	J	33°	157°
137	J	54°	178°	297	J	41°	199°
138	J	15°	204°	298	J	43°	76°
139	J	63°	192°	299	J	29°	207°
140	J	74°	136°	300	J	86°	124°
141	J	56°	86°	301	J	71°	76°
142	J	68°	120°	302	J	49°	103°
143	J	55°	79°	303	J	19°	79°
144	J	67°	186°	304	J	48°	83°
145	J	61°	80°	305	J	81°	247°
146	J	76°	179°	306	J	31°	86°
147	J	54°	199°	307	J	52°	246°
148	J	82°	214°	308	J	60°	79°
149	J	77°	177°	309	J	52°	190°
150	J	64°	64°	310	J	79°	320°
151	J	78°	200°	311	J	52°	188°
152	J	27°	175°	312	J	51°	257°
153	J	39°	200°	313	J	70°	189°
154	J	59°	180°	314	J	68°	249°
155	J	73°	328°	315	J	76°	172°
156	J	76°	120°	316	J	54°	218°
157	J	43°	203°	317	J	72°	228°
158	J	72°	206°	318	J	52°	50°
159	J	81°	315°	319	J	67°	242°
160	J	27°	193°	320	J	59°	191°

FUENTE: Elaboración propia

Tabla 32: DISCONTINUIDADES DEL MACIZO ROCOSO Km7+200 - km 7+600

N°	DESC.	B	DB	N°	DESC.	B	DB
1	J	75°	139°	101	J	12°	234°
2	J	30°	126°	102	J	75°	163°
3	J	6°	212°	103	J	61°	210°
4	J	83°	348°	104	J	64°	213°
5	J	84°	134°	105	J	31°	236°
6	J	71°	83°	106	J	74°	210°
7	J	76°	62°	107	J	35°	79°
8	J	68°	80°	108	J	75°	272°

9	J	51°	65°	109	J	74°	319°
10	J	65°	88°	110	J	50°	128°
11	J	78°	71°	111	J	64°	310°
12	J	60°	73°	112	J	74°	210°
13	J	84°	71°	113	J	86°	200°
14	J	74°	87°	114	J	5°	310°
15	J	78°	70°	115	J	77°	220°
16	J	80°	78°	116	J	69°	218°
17	J	2°	211°	117	J	83°	296°
18	J	90°	194°	118	J	71°	302°
19	J	49°	138°	119	J	84°	306°
20	J	69°	115°	120	J	65°	333°
21	J	85°	125°	121	J	83°	307°
22	J	76°	225°	122	J	80°	301°
23	J	61°	189°	123	J	70°	360°
24	J	75°	230°	124	J	81°	355°
25	J	15°	192°	125	J	82°	292°
26	J	54°	139°	126	J	69°	337°
27	J	58°	99°	127	J	84°	337°
28	J	66°	116°	128	J	67°	206°
29	J	42°	237°	129	J	65°	224°
30	J	45°	263°	130	J	70°	90°
31	J	61°	203°	131	J	67°	207°
32	J	11°	80°	132	J	75°	158°
33	J	79°	170°	133	J	76°	239°
34	J	38°	191°	134	J	73°	191°
35	J	65°	141°	135	J	77°	249°
36	J	41°	231°	136	J	73°	248°
37	J	82°	244°	137	J	72°	325°
38	J	81°	148°	138	J	78°	255°
39	J	30°	239°	139	J	67°	224°
40	J	19°	172°	140	J	65°	176°
41	J	90°	230°	141	J	70°	211°
42	J	89°	220°	142	J	35°	192°
43	J	64°	230°	143	J	78°	212°
44	J	90°	210°	144	J	81°	252°
45	J	10°	210°	145	J	79°	211°
46	J	60°	200°	146	J	82°	138°
47	J	70°	185°	147	J	15°	235°
48	J	18°	258°	148	J	79°	207°

49	J	12°	154°	149	J	55°	225°
50	J	59°	215°	150	J	73°	196°
51	J	75°	215°	151	J	77°	115°
52	J	66°	275°	152	J	69°	242°
53	J	72°	230°	153	J	48°	228°
54	J	84°	218°	154	J	77°	120°
55	J	46°	115°	155	J	70°	196°
56	J	35°	210°	156	J	37°	221°
57	J	88°	340°	157	J	79°	198°
58	J	40°	160°	158	J	75°	216°
59	J	82°	105°	159	J	66°	248°
60	J	80°	290°	160	J	74°	235°
61	J	35°	330°	161	J	67°	345°
62	J	37°	150°	162	J	74°	250°
63	J	36°	338°	163	J	69°	204°
64	J	89°	160°	164	J	25°	120°
65	J	60°	155°	165	J	48°	95°
66	J	15°	160°	166	J	79°	206°
67	J	82°	130°	167	J	66°	212°
68	J	60°	212°	168	J	85°	150°
69	J	74°	180°	169	J	72°	50°
70	J	72°	124°	170	J	75°	195°
71	J	50°	288°	171	J	45°	218°
72	J	24°	254°	172	J	70°	145°
73	J	38°	260°	173	J	85°	221°
74	J	12°	150°	174	J	73°	53°
75	J	82°	115°	175	J	71°	239°
76	J	80°	125°	176	J	55°	180°
77	J	88°	240°	177	J	59°	238°
78	J	76°	118°	178	J	65°	50°
79	J	78°	190°	179	J	59°	201°
80	J	20°	205°	180	J	61°	226°
81	J	85°	171°	181	J	58°	250°
82	J	18°	121°	182	J	64°	221°
83	J	84°	210°	183	J	67°	180°
84	J	79°	330°	184	J	45°	203°
85	J	66°	115°	185	J	61°	150°
86	J	87°	111°	186	J	58°	235°
87	J	50°	214°	187	J	57°	65°
88	J	90°	131°	188	J	55°	227°

89	J	65°	155°	189	J	54°	234°
90	J	84°	112°	190	J	66°	259°
91	J	79°	210°	191	J	56°	208°
92	J	64°	291°	192	J	69°	246°
93	J	14°	171°	193	J	54°	224°
94	J	81°	195°	194	J	40°	168°
95	J	10°	192°	195	J	37°	210°
96	J	90°	50°	196	J	55°	195°
97	J	81°	161°	197	J	54°	201°
98	J	90°	273°	198	J	57°	224°
99	J	12°	80°	199	J	69°	239°
100	J	74°	271°	200	J	69°	206°

FUENTE: Elaboración propia

Tabla 33: DISCONTINUIDADES DEL MACIZO ROCOSO Km 7+600 - km 8+400

N°	DESC.	B	DB	N°	DESC.	B	DB
1	J	79°	205°	91	J	73°	146°
2	J	62°	151°	92	J	74°	229°
3	J	45°	170°	93	J	67°	171°
4	J	67°	159°	94	J	67°	178°
5	J	40°	148°	95	J	50°	189°
6	J	49°	195°	96	J	79°	189°
7	J	67°	199°	97	J	64°	183°
8	J	56°	202°	98	J	56°	212°

9	J	52°	155°	99	J	47°	155°
10	J	41°	158°	100	J	64°	165°
11	J	39°	199°	101	J	71°	184°
12	J	49°	201°	102	J	38°	203°
13	J	61°	216°	103	J	59°	230°
14	J	80°	208°	104	J	80°	218°
15	J	80°	198°	105	J	75°	200°
16	J	80°	159°	106	J	44°	221°
17	J	67°	199°	107	J	62°	168°
18	J	49°	156°	108	J	48°	160°
19	J	71°	207°	109	J	78°	225°
20	J	61°	157°	110	J	46°	193°
21	J	38°	208°	111	J	55°	192°
22	J	49°	168°	112	J	61°	195°
23	J	59°	209°	113	J	79°	176°
24	J	45°	220°	114	J	37°	179°
25	J	59°	145°	115	J	70°	165°
26	J	55°	203°	116	J	79°	191°
27	J	62°	188°	117	J	59°	175°
28	J	80°	221°	118	J	54°	167°
29	J	47°	196°	119	J	42°	228°
30	J	59°	146°	120	J	48°	192°
31	J	63°	229°	121	J	61°	223°
32	J	41°	161°	122	J	66°	177°
33	J	62°	226°	123	J	43°	162°
34	J	56°	147°	124	J	69°	202°
35	J	59°	173°	125	J	76°	155°
36	J	41°	187°	126	J	71°	155°
37	J	44°	210°	127	J	48°	225°
38	J	65°	172°	128	J	55°	200°
39	J	80°	180°	129	J	54°	150°
40	J	59°	220°	130	J	52°	217°
41	J	42°	151°	131	J	72°	230°
42	J	55°	151°	132	J	42°	158°
43	J	72°	230°	133	J	49°	222°
44	J	37°	150°	134	J	55°	217°
45	J	77°	153°	135	J	45°	164°
46	J	57°	161°	136	J	46°	211°
47	J	59°	168°	137	J	65°	178°
48	J	74°	225°	138	J	80°	153°

49	J	55°	199°	139	J	59°	187°
50	J	69°	223°	140	J	80°	203°
51	J	56°	225°	141	J	52°	195°
52	J	55°	184°	142	J	77°	212°
53	J	73°	225°	143	J	45°	212°
54	J	38°	193°	144	J	79°	147°
55	J	54°	193°	145	J	70°	168°
56	J	54°	216°	146	J	62°	191°
57	J	75°	169°	147	J	53°	152°
58	J	60°	209°	148	J	67°	173°
59	J	72°	215°	149	J	37°	158°
60	J	65°	165°	150	J	64°	188°
61	J	71°	165°	151	J	46°	167°
62	J	54°	147°	152	J	68°	217°
63	J	37°	220°	153	J	62°	217°
64	J	43°	149°	154	J	51°	222°
65	J	48°	156°	155	J	69°	207°
66	J	52°	230°	156	J	49°	168°
67	J	72°	150°	157	J	58°	196°
68	J	79°	165°	158	J	80°	213°
69	J	75°	149°	159	J	46°	208°
70	J	46°	155°	160	J	47°	210°
71	J	57°	151°	161	J	61°	224°
72	J	75°	209°	162	J	65°	212°
73	J	58°	209°	163	J	78°	158°
74	J	78°	169°	164	J	68°	210°
75	J	38°	211°	165	J	73°	199°
76	J	50°	161°	166	J	78°	175°
77	J	60°	198°	167	J	38°	175°
78	J	68°	163°	168	J	42°	187°
79	J	40°	206°	169	J	40°	183°
80	J	45°	205°	170	J	65°	190°
81	J	62°	212°	171	J	61°	173°
82	J	48°	146°	172	J	41°	220°
83	J	44°	230°	173	J	50°	171°
84	J	61°	146°	174	J	78°	151°
85	J	79°	164°	175	J	62°	223°
86	J	43°	223°	176	J	78°	183°
87	J	79°	151°	177	J	62°	187°
88	J	52°	181°	178	J	60°	151°

89	J	40°	169°	179	J	51°	176°
90	J	71°	216°	180	J	37°	174°

FUENTE: Elaboración propia

Tabla 34: DISCONTINUIDADES DEL MACIZO ROCOSO Km 8+400 - km 9+000

N°	DESC.	B	DB	N°	DESC.	B	DB
1	J	45°	190°	101	J	49°	143°
2	J	55°	213°	102	J	65°	162°
3	J	76°	145°	103	J	58°	174°
4	J	51°	217°	104	J	74°	203°
5	J	50°	142°	105	J	47°	207°
6	J	53°	157°	106	J	60°	224°
7	J	45°	270°	107	J	51°	204°
8	J	68°	233°	108	J	46°	276°

9	J	49°	226°	109	J	67°	188°
10	J	78°	139°	110	J	60°	257°
11	J	55°	216°	111	J	73°	149°
12	J	65°	244°	112	J	54°	206°
13	J	58°	185°	113	J	73°	131°
14	J	60°	244°	114	J	60°	202°
15	J	54°	261°	115	J	64°	246°
16	J	49°	179°	116	J	76°	252°
17	J	73°	170°	117	J	72°	162°
18	J	55°	207°	118	J	49°	203°
19	J	66°	256°	119	J	64°	214°
20	J	58°	156°	120	J	57°	263°
21	J	67°	146°	121	J	74°	241°
22	J	68°	234°	122	J	65°	249°
23	J	53°	185°	123	J	66°	215°
24	J	46°	227°	124	J	58°	240°
25	J	47°	135°	125	J	60°	156°
26	J	78°	210°	126	J	65°	257°
27	J	65°	230°	127	J	63°	269°
28	J	60°	173°	128	J	52°	215°
29	J	53°	200°	129	J	65°	148°
30	J	71°	234°	130	J	45°	137°
31	J	68°	208°	131	J	47°	130°
32	J	52°	180°	132	J	71°	137°
33	J	67°	220°	133	J	69°	212°
34	J	57°	163°	134	J	75°	269°
35	J	74°	141°	135	J	66°	171°
36	J	58°	239°	136	J	47°	177°
37	J	45°	259°	137	J	58°	266°
38	J	57°	237°	138	J	48°	176°
39	J	53°	203°	139	J	51°	211°
40	J	48°	271°	140	J	67°	243°
41	J	67°	237°	141	J	67°	208°
42	J	58°	177°	142	J	61°	185°
43	J	65°	168°	143	J	54°	270°
44	J	45°	260°	144	J	56°	225°
45	J	76°	173°	145	J	58°	260°
46	J	55°	239°	146	J	61°	265°
47	J	48°	210°	147	J	49°	252°
48	J	72°	236°	148	J	68°	238°

49	J	62°	190°	149	J	72°	213°
50	J	53°	210°	150	J	74°	238°
51	J	72°	201°	151	J	68°	245°
52	J	70°	279°	152	J	76°	248°
53	J	50°	254°	153	J	46°	255°
54	J	55°	197°	154	J	73°	267°
55	J	46°	204°	155	J	45°	162°
56	J	75°	271°	156	J	65°	234°
57	J	68°	270°	157	J	47°	160°
58	J	57°	235°	158	J	72°	179°
59	J	58°	175°	159	J	46°	252°
60	J	56°	273°	160	J	71°	172°
61	J	73°	245°	161	J	68°	188°
62	J	67°	131°	162	J	60°	250°
63	J	59°	236°	163	J	52°	190°
64	J	71°	222°	164	J	49°	157°
65	J	70°	240°	165	J	66°	265°
66	J	59°	212°	166	J	47°	207°
67	J	60°	251°	167	J	58°	199°
68	J	76°	146°	168	J	61°	221°
69	J	54°	162°	169	J	52°	253°
70	J	45°	197°	170	J	51°	173°
71	J	76°	201°	171	J	71°	148°
72	J	71°	213°	172	J	50°	190°
73	J	58°	156°	173	J	69°	134°
74	J	69°	262°	174	J	62°	174°
75	J	72°	132°	175	J	75°	133°
76	J	59°	247°	176	J	45°	196°
77	J	52°	180°	177	J	63°	257°
78	J	61°	140°	178	J	72°	232°
79	J	53°	270°	179	J	42°	177°
80	J	63°	176°	180	J	44°	185°
81	J	75°	165°	181	J	39°	252°
82	J	72°	193°	182	J	76°	170°
83	J	49°	249°	183	J	45°	216°
84	J	65°	233°	184	J	40°	230°
85	J	59°	161°	185	J	55°	224°
86	J	52°	167°	186	J	48°	159°
87	J	71°	147°	187	J	73°	250°
88	J	46°	272°	188	J	67°	163°

89	J	56°	270°	189	J	60°	130°
90	J	68°	143°	190	J	52°	172°
91	J	49°	156°	191	J	53°	159°
92	J	49°	229°	192	J	59°	225°
93	J	75°	149°	193	J	63°	253°
94	J	52°	137°	194	J	62°	214°
95	J	45°	134°	195	J	71°	141°
96	J	53°	228°	196	J	64°	183°
97	J	54°	130°	197	J	46°	135°
98	J	65°	270°	198	J	70°	149°
99	J	46°	145°	199	J	45°	229°
100	J	78°	278°	200	J	53°	263°

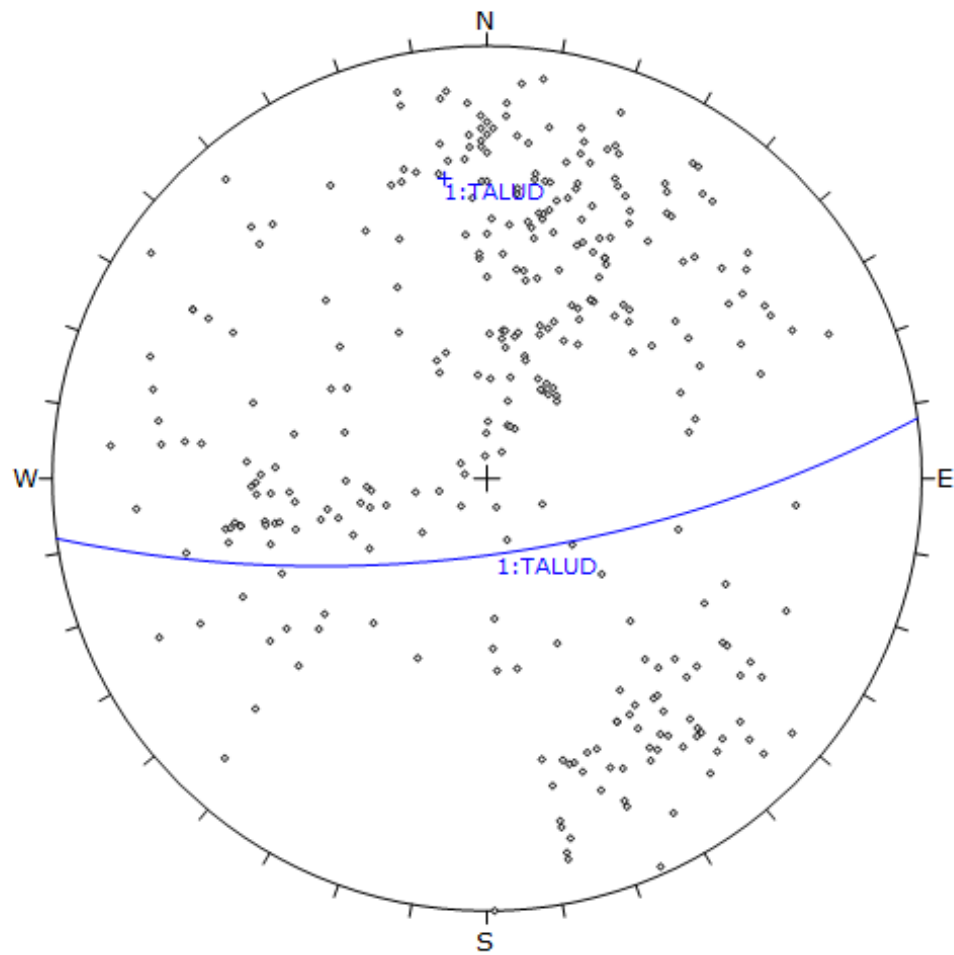
FUENTE: Elaboración propia

Anexo 05: Reporte del Software Dips

TRAMO 01: Km 4+000 - km 4+625

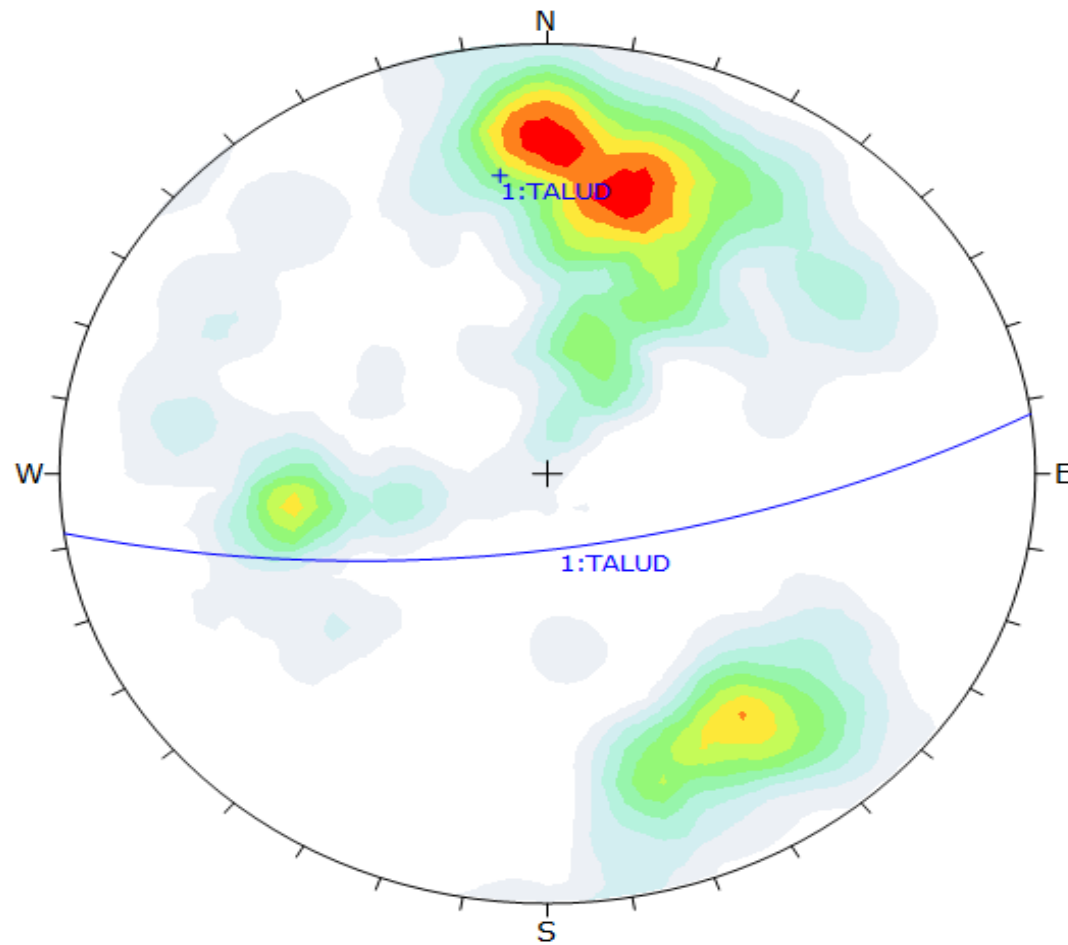
ID	Dip	Dip Direction
1	68	345
2	79	337
3	68	338
4	72	325
5	65	332
6	73	335
7	65	332
8	50	180
9	63	76
10	35	59
11	76	306
12	68	323
13	60	300
14	22	50
15	74	180
16	49	132
17	75	320
18	55	184
19	48	21
20	75	100
21	90	359
22	74	194
23	43	358
24	73	63
25	6	101
26	54	220
27	28	220
28	33	197

Figura 29: Hojas de cálculo del software Dips. Estación 01 Fuente: Software Dips



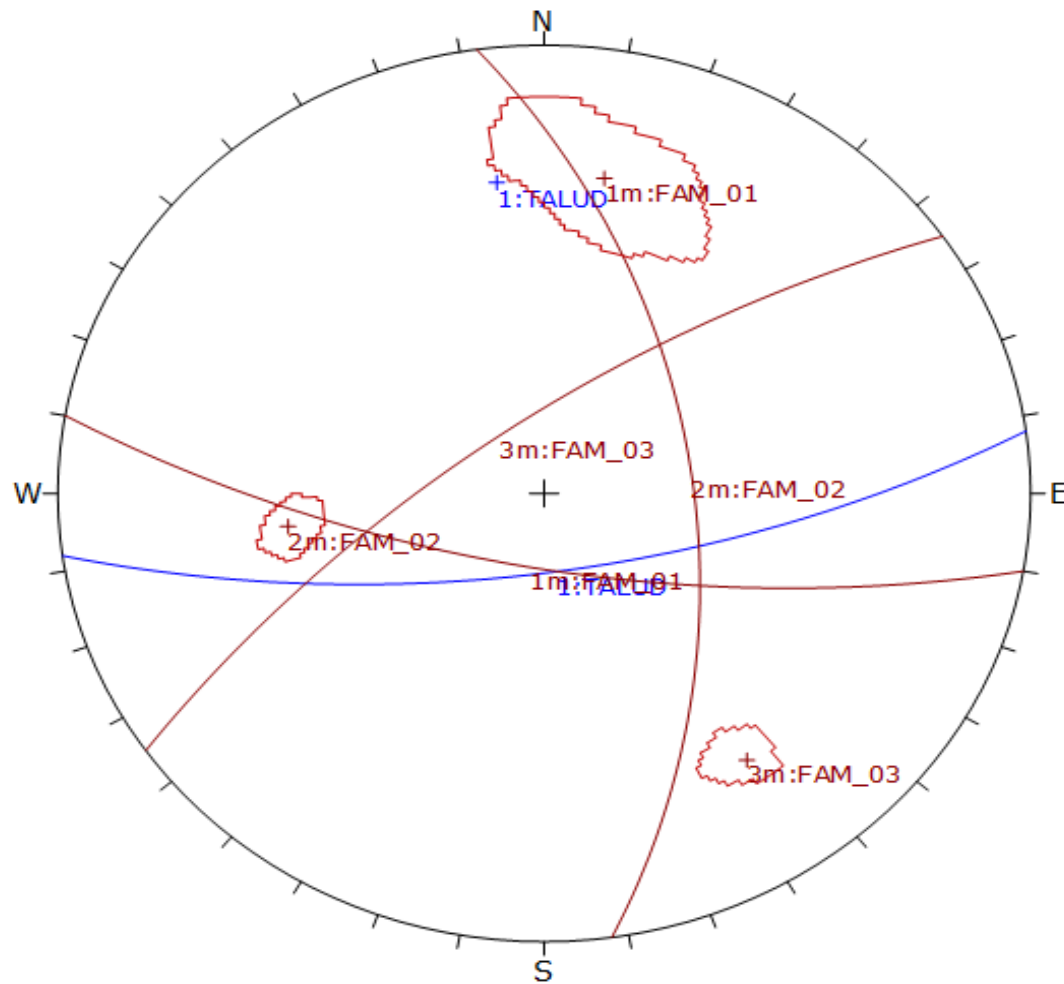
Symbol	Feature
o	Pole Vectors
Plot Mode Pole Vectors	
Vector Count 320 (320 Entries)	
Hemisphere Lower	
Projection Equal Angle	

Figura 30: Gráfico de polos de las discontinuidades. Estación 01 Fuente: Software Dips



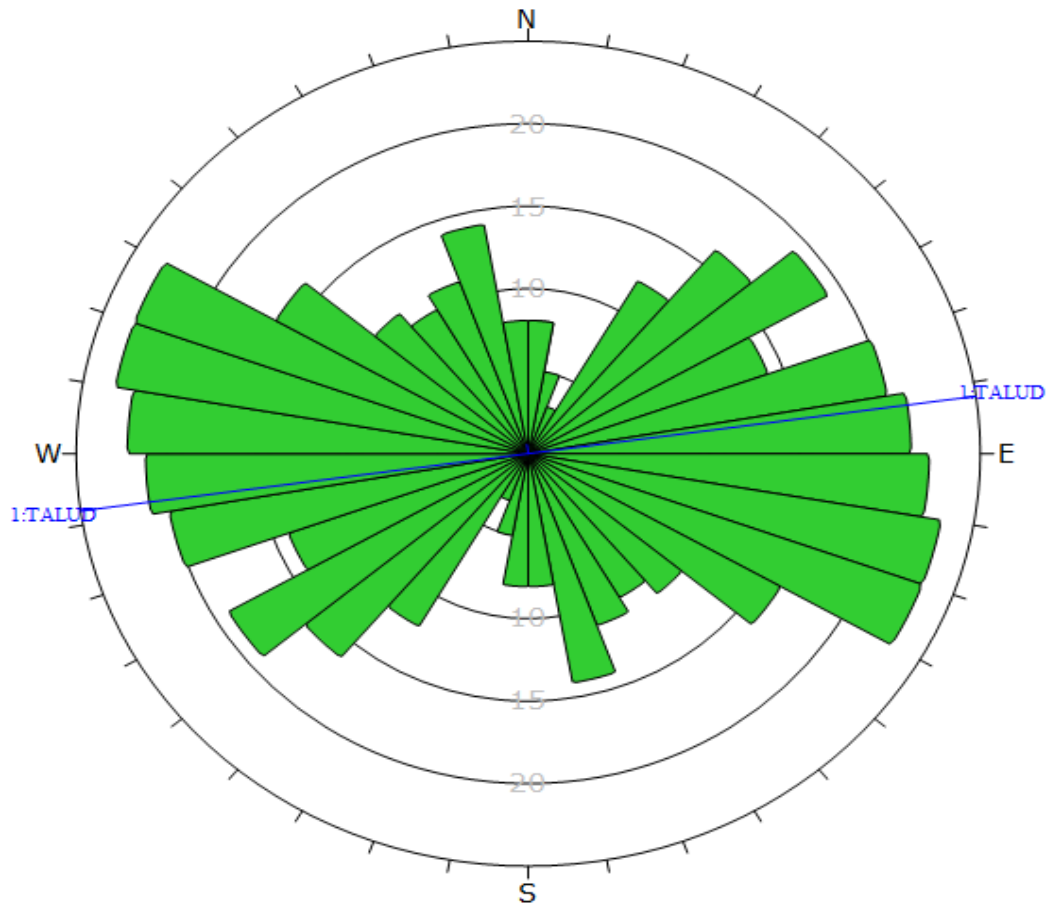
Color	Density Concentrations
	0.00 - 0.60
	0.60 - 1.20
	1.20 - 1.80
	1.80 - 2.40
	2.40 - 3.00
	3.00 - 3.60
	3.60 - 4.20
	4.20 - 4.80
	4.80 - 5.40
	5.40 - 6.00
Maximum Density	5.91%
Contour Data	Pole Vectors
Contour Distribution	Fisher
Counting Circle Size	1.0%
Plot Mode	Pole Vectors
Vector Count	320 (320 Entries)
Hemisphere	Lower
Projection	Equal Angle

Figura 31: Grafico de contorno de polos o distribución polar. Estación 01 Fuente: Software Dips



	Color	Dip	Dip Direction	Label
User Planes				
1		70	172	TALUD
Mean Set Planes				
1m		71	190	FAM_01
2m		56	82	FAM_02
3m		72	325	FAM_03
Plot Mode		Pole Vectors		
Vector Count		320 (320 Entries)		
Hemisphere		Lower		
Projection		Equal Angle		

Figura 32: Gráfico de sistemas principales. Estación 01 Fuente: Software Dips



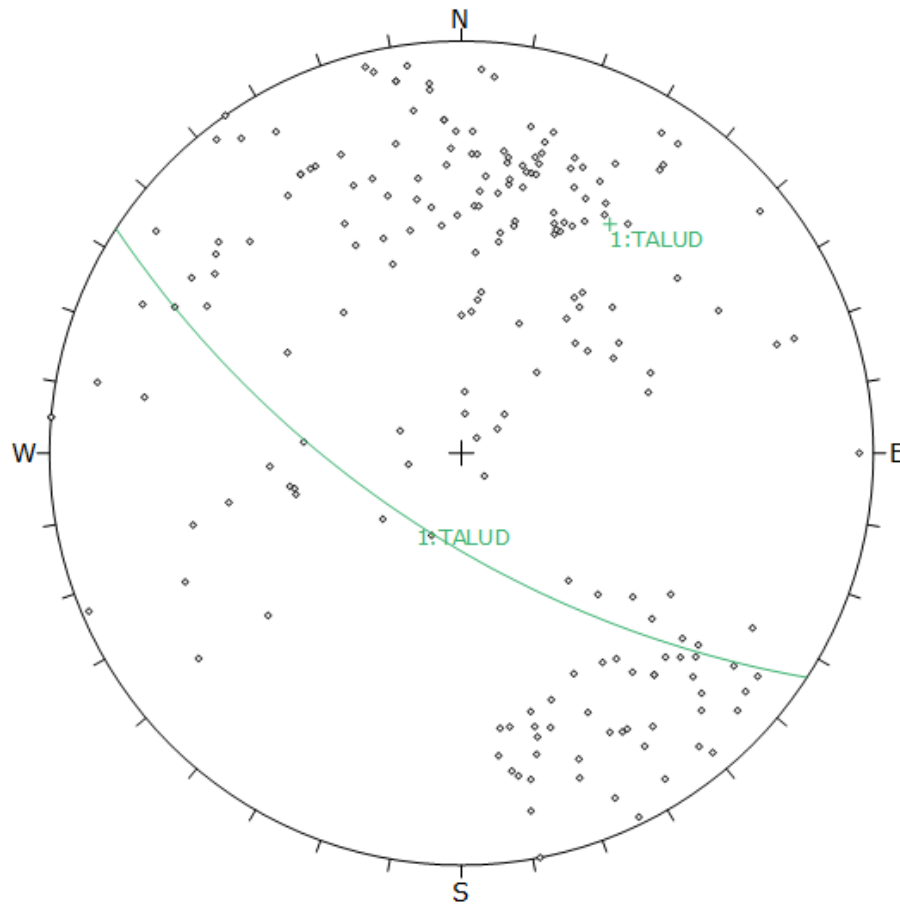
Plot Mode	Rosette
Plot Data	Apparent Strike
Face Normal Trend	0.0
Face Normal Plunge	90.0
Bin Size	10°
Outer Circle	25 planes per arc
Planes Plotted	256
Minimum Angle To Plot	45.0°
Maximum Angle To Plot	90.0°

Figura 33: Gráfico de Roseta. Estación 01 Fuente: Software Dips

TRAMO 02: km 4+625 - km 5+250

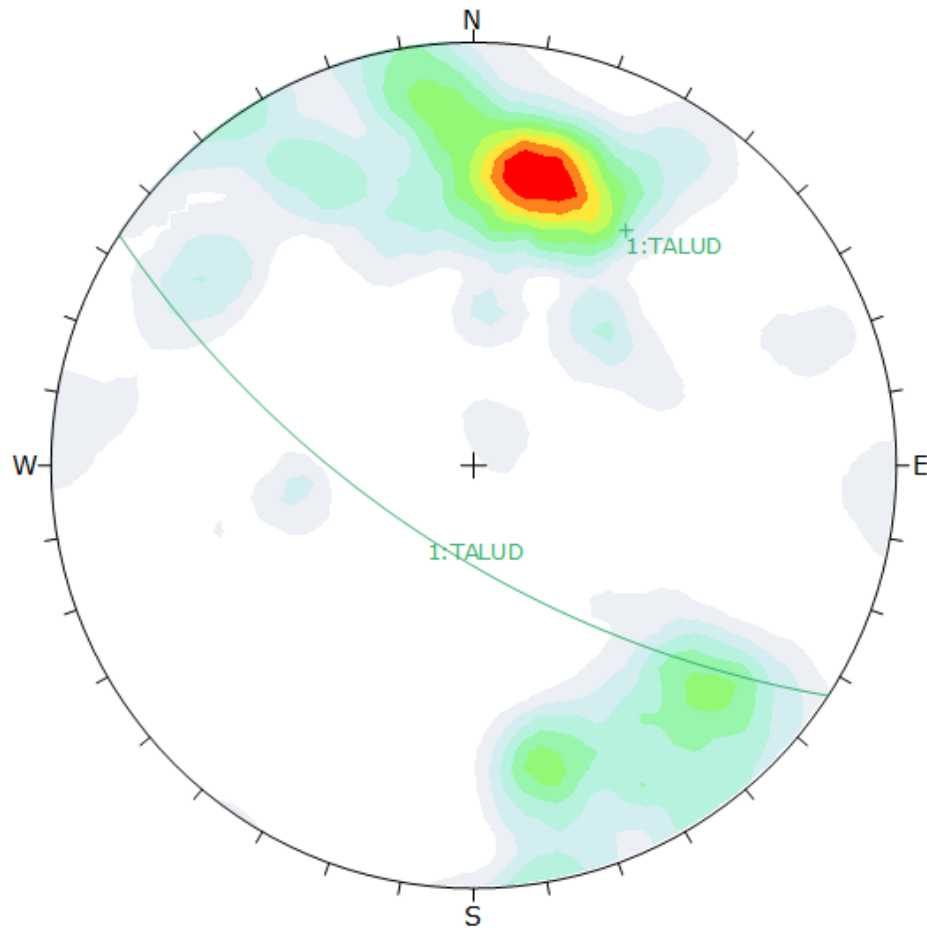
ID	Dip	Dip Direction
1	70	210
2	85	215
3	76	100
4	70	310
5	52	160
6	84	150
7	86	145
8	48	140
9	84	175
10	78	348
11	90	349
12	80	340
13	84	307
14	80	328
15	86	328
16	89	334
17	74	346
18	72	313
19	80	308
20	84	310
21	68	322
22	87	320
23	71	345
24	83	349
25	85	321
26	73	353
27	76	351
28	85	313
29	51	316
30	78	325
31	65	340
32	85	336
33	11	185
34	70	194
35	24	20
36	84	101
37	90	95

Figura 34: Hojas de cálculo del software Dips. Estación 02 Fuente: Software Dips



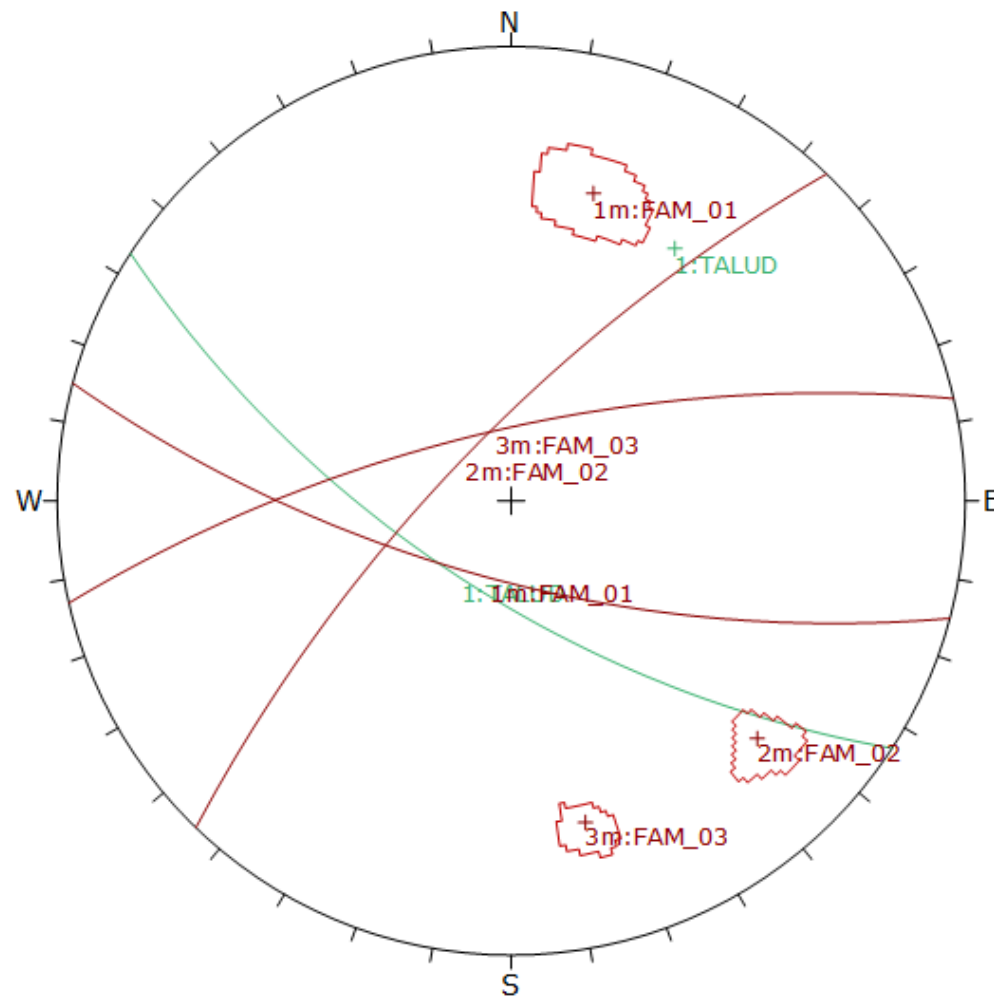
Symbol	Feature
◊	Pole Vectors
Plot Mode	Pole Vectors
Vector Count	200 (200 Entries)
Hemisphere	Lower
Projection	Equal Angle

Figura 35: Gráfico de polos de las discontinuidades. Estación 02 Fuente: Software Dips



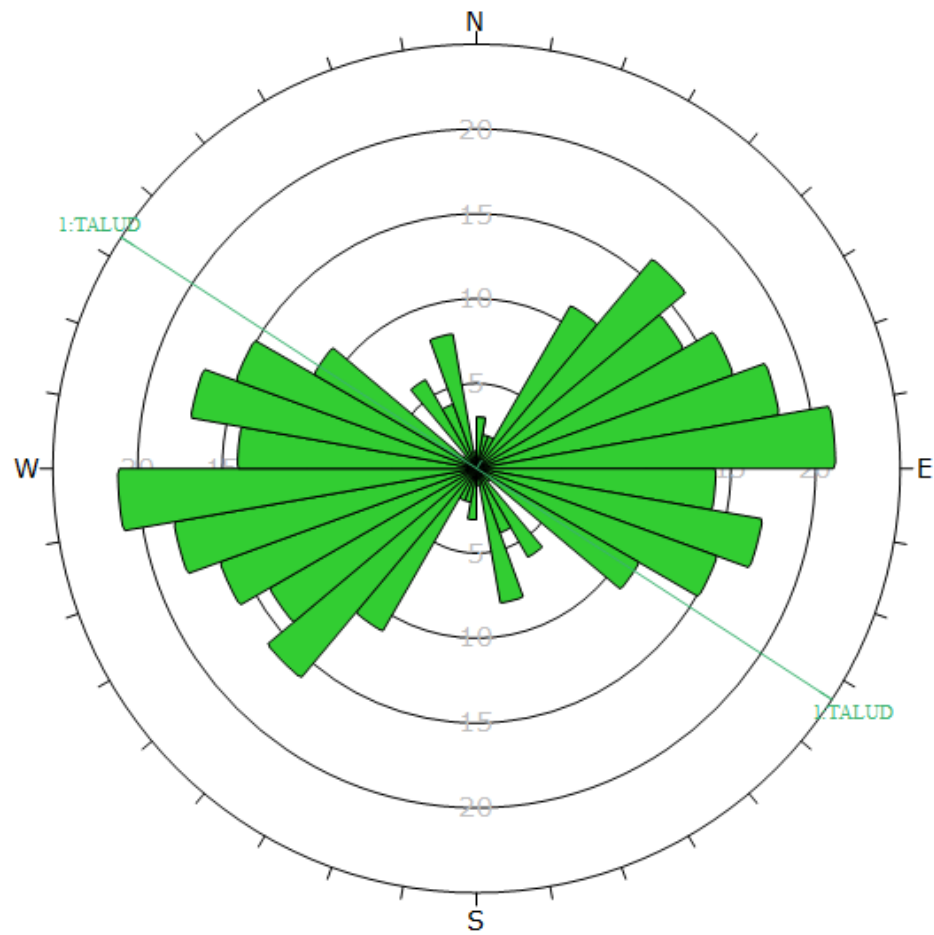
Color	Density Concentrations
	0.00 - 0.90
	0.90 - 1.80
	1.80 - 2.70
	2.70 - 3.60
	3.60 - 4.50
	4.50 - 5.40
	5.40 - 6.30
	6.30 - 7.20
	7.20 - 8.10
	8.10 - 9.00
Maximum Density	8.94%
Contour Data	Pole Vectors
Contour Distribution	Fisher
Counting Circle Size	1.0%
Plot Mode	Pole Vectors
Vector Count	200 (200 Entries)
Hemisphere	Lower
Projection	Equal Angle

Figura 36: Gráfico de contorno de polos o distribución polar. Estación 02 Fuente: Software Dips



	Color	Dip	Dip Direction	Label
User Planes				
1		67	213	TALUD
Mean Set Planes				
1m		70	195	FAM_01
2m		74	314	FAM_02
3m		72	347	FAM_03
Plot Mode		Pole Vectors		
Vector Count		200 (200 Entries)		
Hemisphere		Lower		
Projection		Equal Angle		

Figura 37: Gráfico de sistemas principales. Estación 02 Fuente: Software Dips



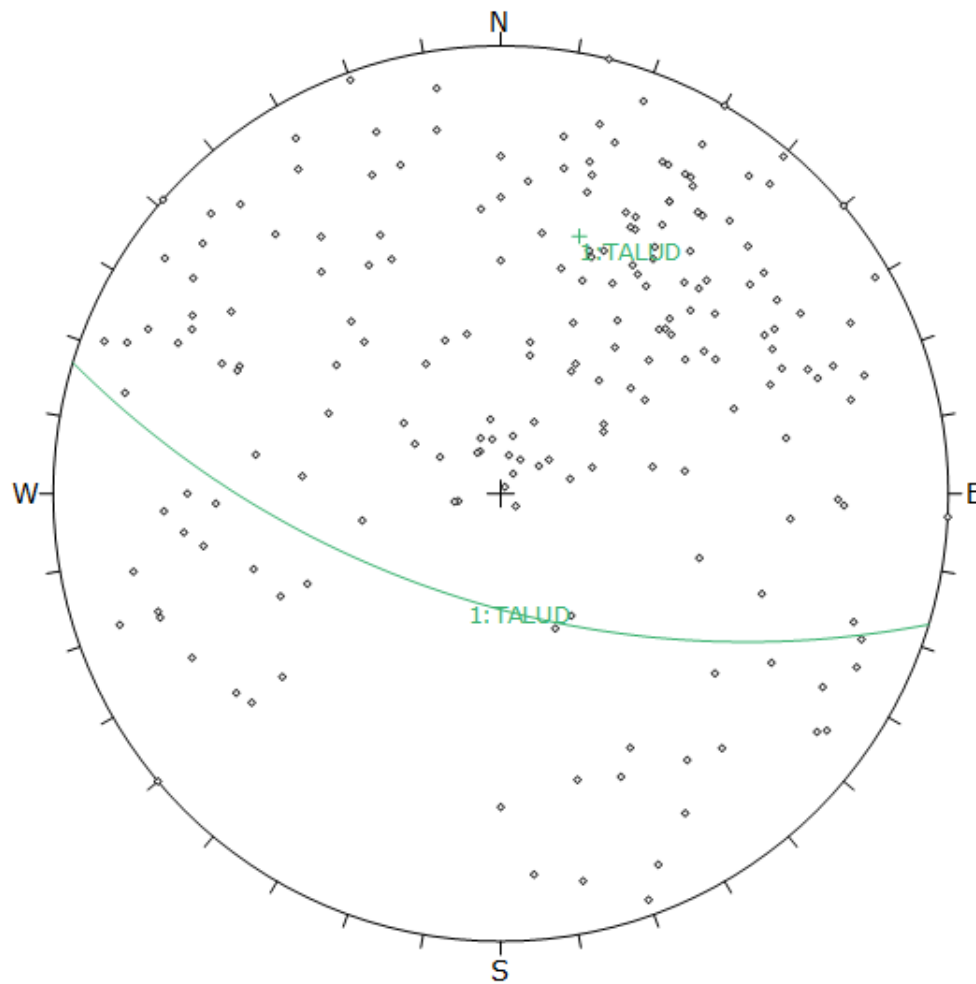
Plot Mode	Rosette
Plot Data	Apparent Strike
Face Normal Trend	0.0
Face Normal Plunge	90.0
Bin Size	10°
Outer Circle	25 planes per arc
Planes Plotted	180
Minimum Angle To Plot	45.0°
Maximum Angle To Plot	90.0°

Figura 38: Grafico de Roseta. Estación 02 Fuente: Software Dips

TRAMO 03: km 5+250 - km 5+875

ID	Dip	Dip Direction
1	75	139
2	30	126
3	6	212
4	83	348
5	84	134
6	71	83
7	76	62
8	68	80
9	51	65
10	65	88
11	78	71
12	60	73
13	84	71
14	74	87
15	78	70
16	80	78
17	2	211
18	90	194
19	49	138
20	69	115
21	85	125
22	76	225
23	61	189
24	75	230
25	15	192
26	54	139
27	58	99
28	66	116
29	42	237
30	45	263
31	61	203
32	11	80
33	79	170
34	38	191
35	65	141
36	41	231
37	82	244
38	81	148
39	30	239
40	19	172
41	90	230

Figura 39: Hojas de cálculo del software Dips. Estación 03 Fuente: Software Dips



Symbol	Feature
◊	Pole Vectors
Plot Mode	Pole Vectors
Vector Count	200 (200 Entries)
Hemisphere	Lower
Projection	Equal Angle

Figura 40: Gráfico de polos de las discontinuidades. Estación 03 Fuente: Software Dips

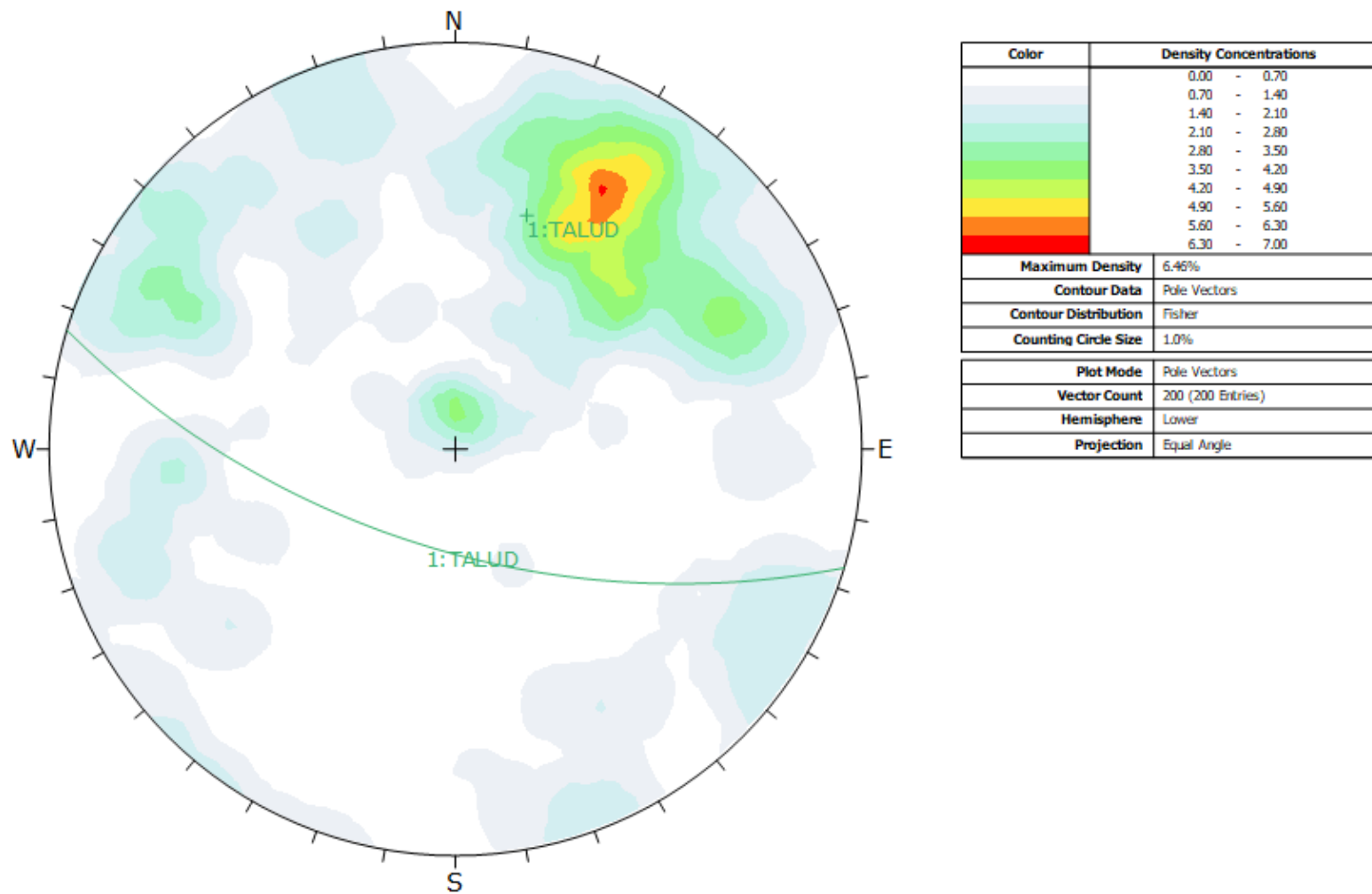


Figura 41: Grafico de contorno de polos o distribución polar. Estación 03 Fuente: Software Dips

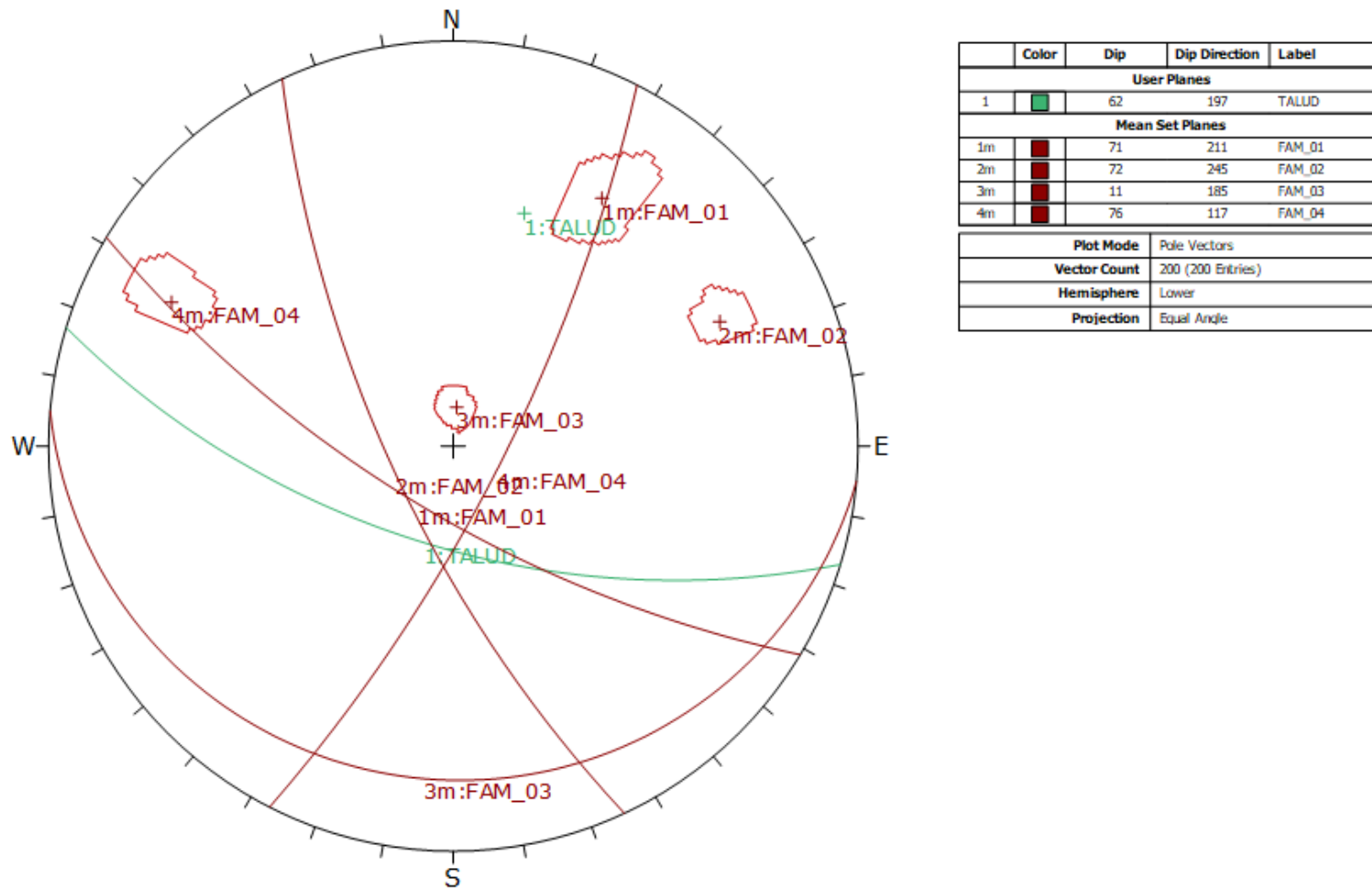
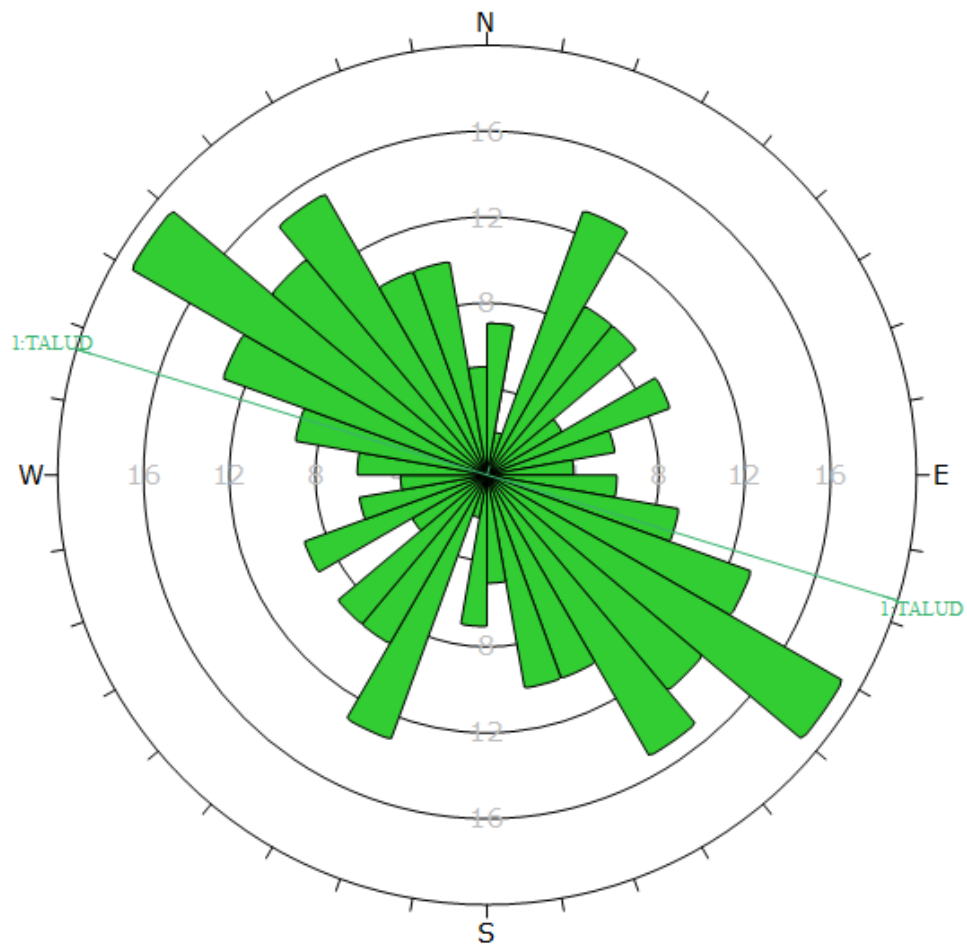


Figura 42: Gráfico de sistemas principales. Estación 03 Fuente: Software Dips



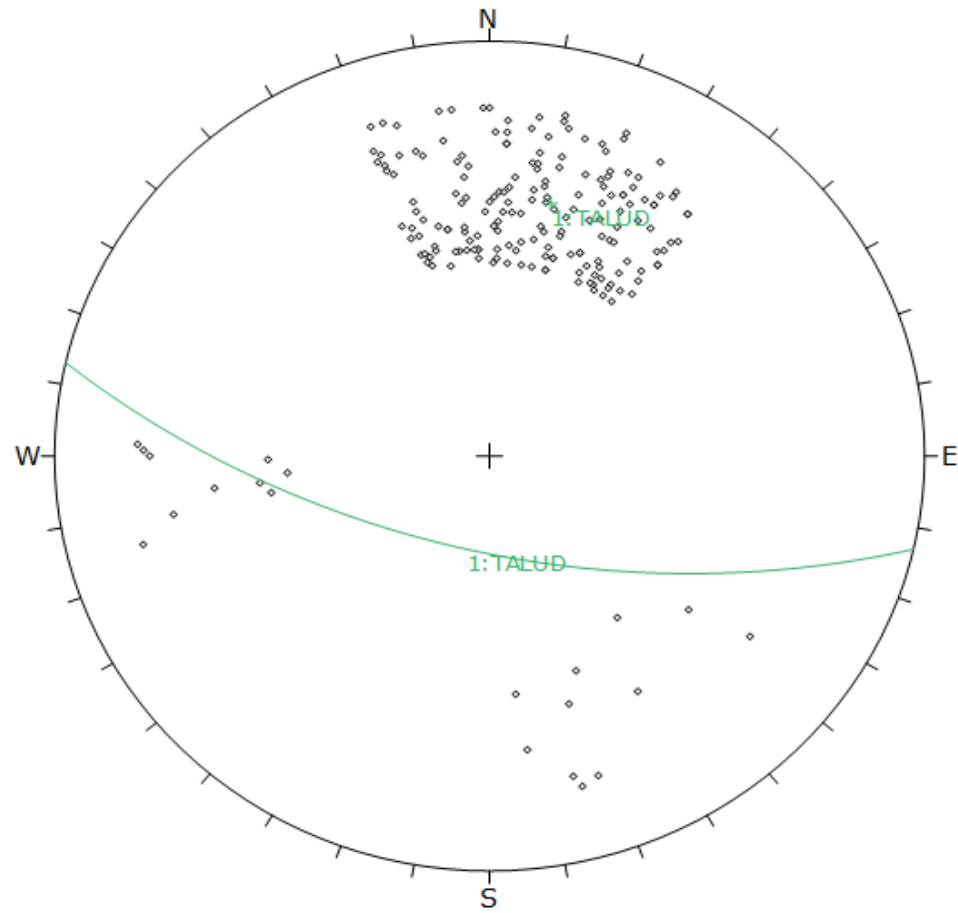
Plot Mode	Rosette
Plot Data	Apparent Strike
Face Normal Trend	0.0
Face Normal Plunge	90.0
Bin Size	10°
Outer Circle	20 planes per arc
Planes Plotted	163
Minimum Angle To Plot	45.0°
Maximum Angle To Plot	90.0°

Figura 43: Gráfico de Roseta. Estación 03 Fuente: Software Dips

TRAMO 04: km 5+875 - km 6+500

ID	Dip	Dip Direction
1	76	200
2	54	80
3	54	89
4	77	91
5	76	90
6	73	79
7	79	75
8	78	92
9	50	85
10	56	83
11	65	83
12	65	164
13	64	192
14	61	160
15	79	202
16	72	175
17	53	197
18	67	203
19	71	193
20	61	185
21	50	217
22	80	179
23	65	182
24	51	210
25	50	206
26	58	193
27	50	185
28	56	214
29	75	172
30	79	192

Figura 44: Hojas de cálculo del software Dips. Estación 04 Fuente: Software Dips



Symbol	Feature
◊	Pole Vectors
Plot Mode Pole Vectors	
Vector Count 200 (200 Entries)	
Hemisphere Lower	
Projection Equal Angle	

Figura 45: Gráfico de polos de las discontinuidades. Estación 04 Fuente: Software Dips

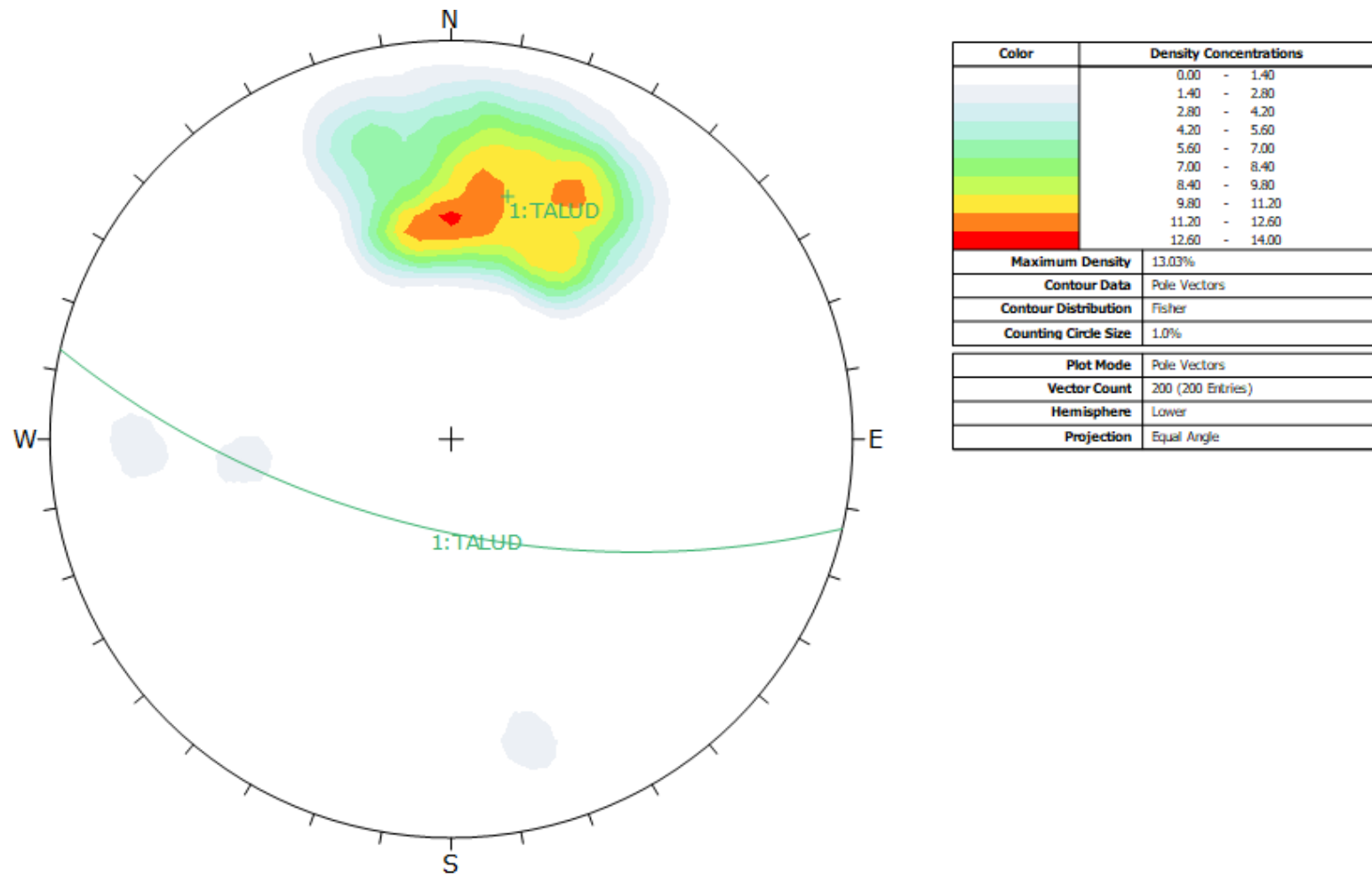
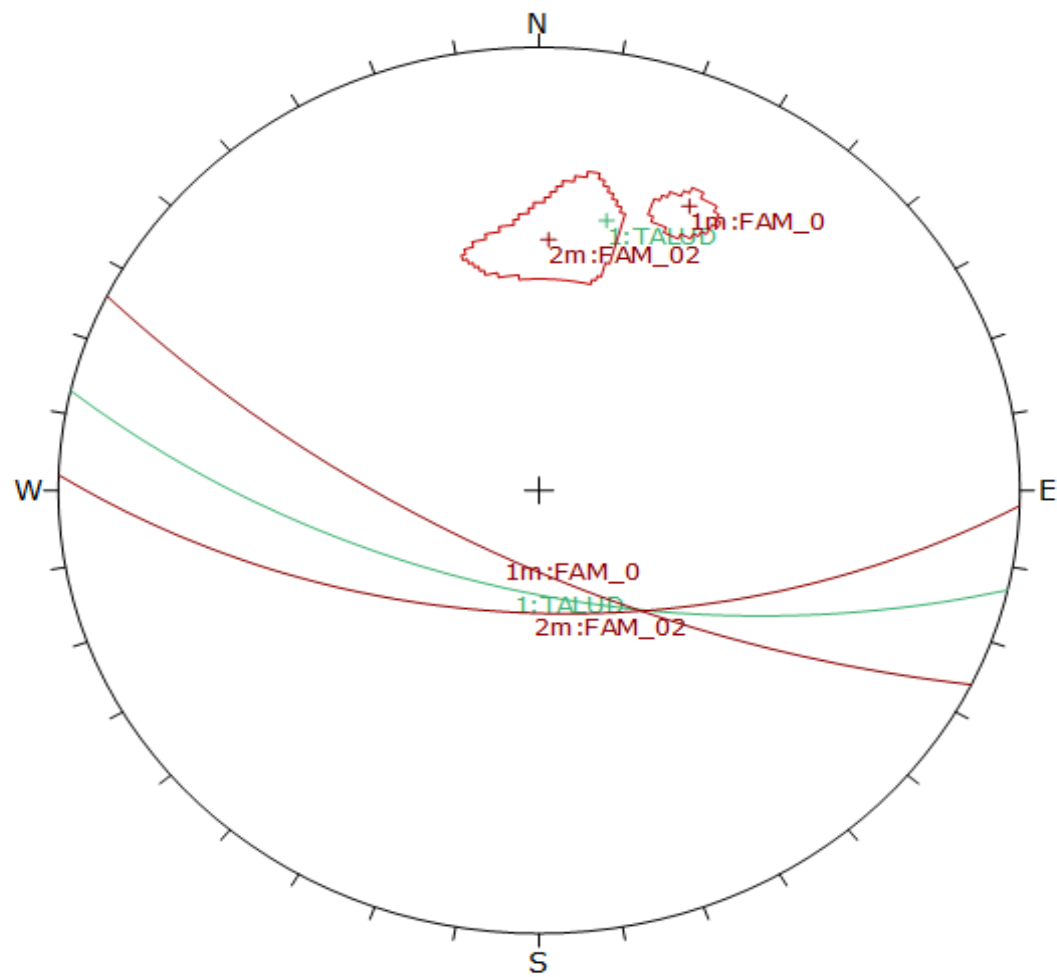
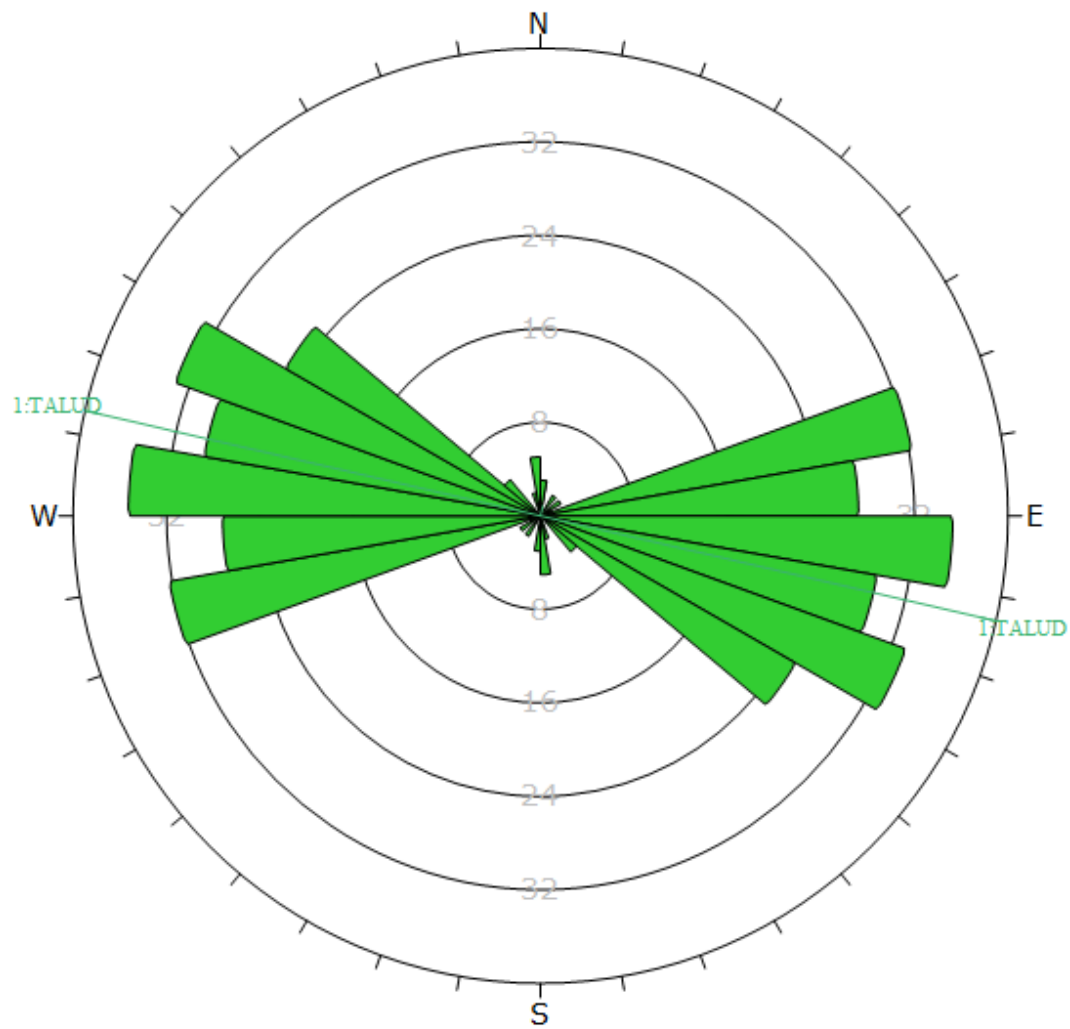


Figura 46: Gráfico de contorno de polos o distribución polar. Estación 04 Fuente: Software Dips



	Color	Dip	Dip Direction	Label
User Planes				
1	■	64	193	TALUD
Mean Set Planes				
1m	■	71	206	FAM_0
2m	■	59	182	FAM_02
Plot Mode		Pole Vectors		
Vector Count		200 (200 Entries)		
Hemisphere		Lower		
Projection		Equal Angle		

Figura 47: Gráfico de sistemas principales. Estación 04 Fuente: Software Dips



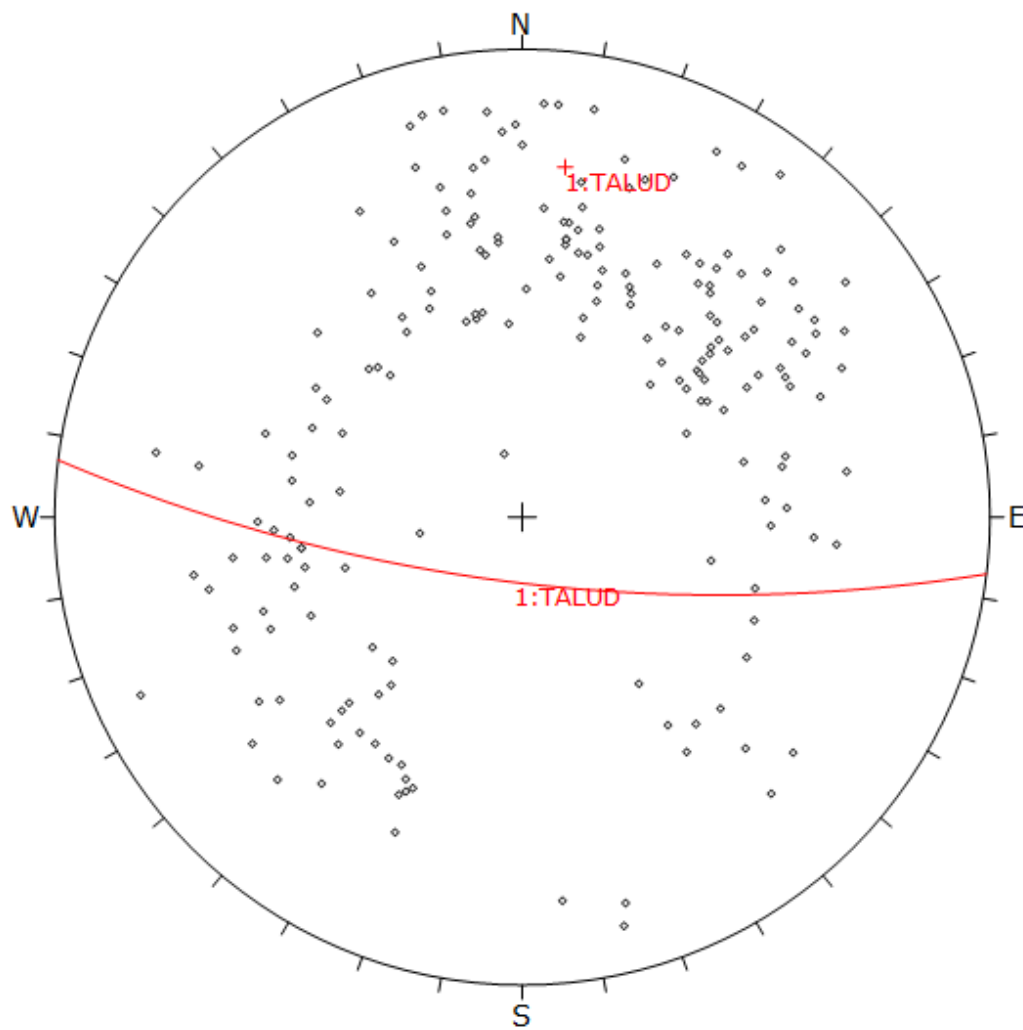
Plot Mode	Rosette
Plot Data	Apparent Strike
Face Normal Trend	0.0
Face Normal Plunge	90.0
Bin Size	10°
Outer Circle	40 planes per arc
Planes Plotted	200
Minimum Angle To Plot	45.0°
Maximum Angle To Plot	90.0°

Figura 48: Gráfico de Roseta. Estación 04 Fuente: Software Dips

TRAMO 05: km 6+500 - km 7+200

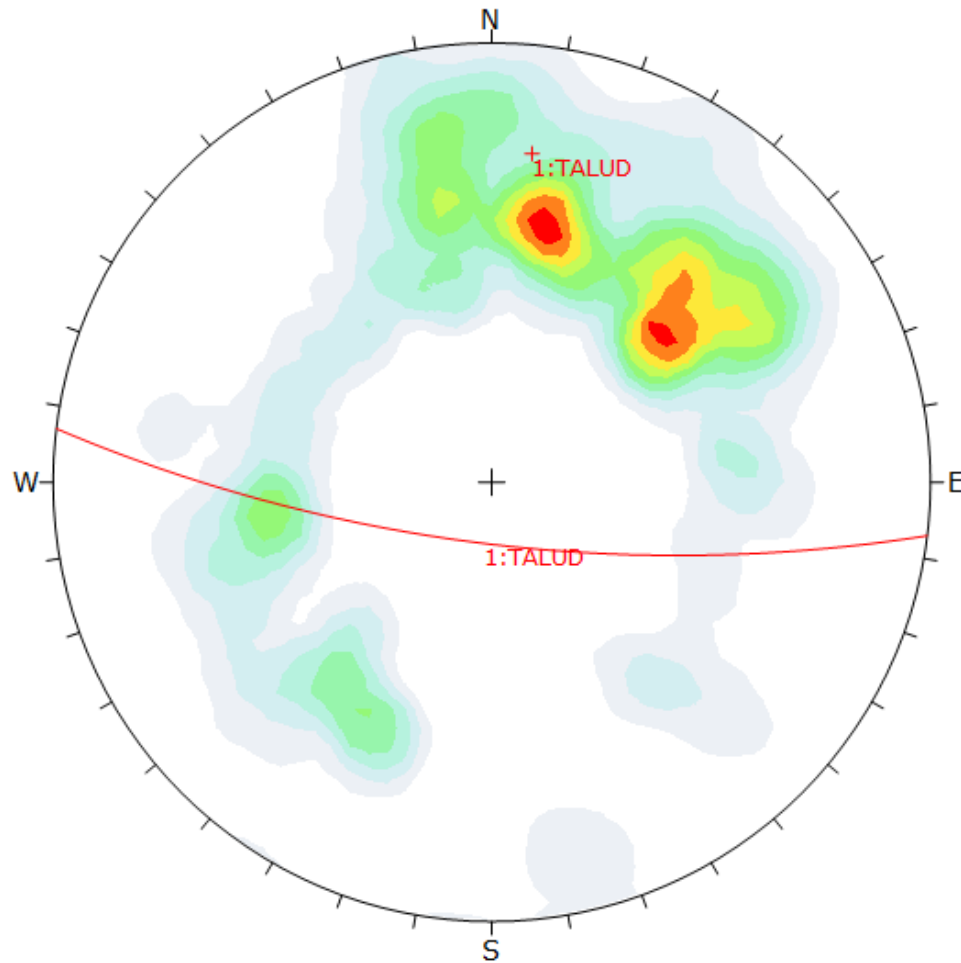
ID	Dip	Dip Direction
1	52	113
2	49	38
3	60	37
4	52	233
5	45	283
6	59	203
7	25	81
8	51	77
9	60	33
10	48	229
11	55	220
12	49	94
13	60	194
14	54	207
15	44	198
16	60	146
17	43	98
18	45	42
19	55	189
20	45	137
21	49	134
22	49	237
23	52	230
24	43	74
25	72	22
26	66	24
27	71	80
28	75	311
29	77	100
30	69	237
31	71	37
32	59	259

Figura 49: Hojas de cálculo del software Dips. Estación 05 Fuente: Software Dips



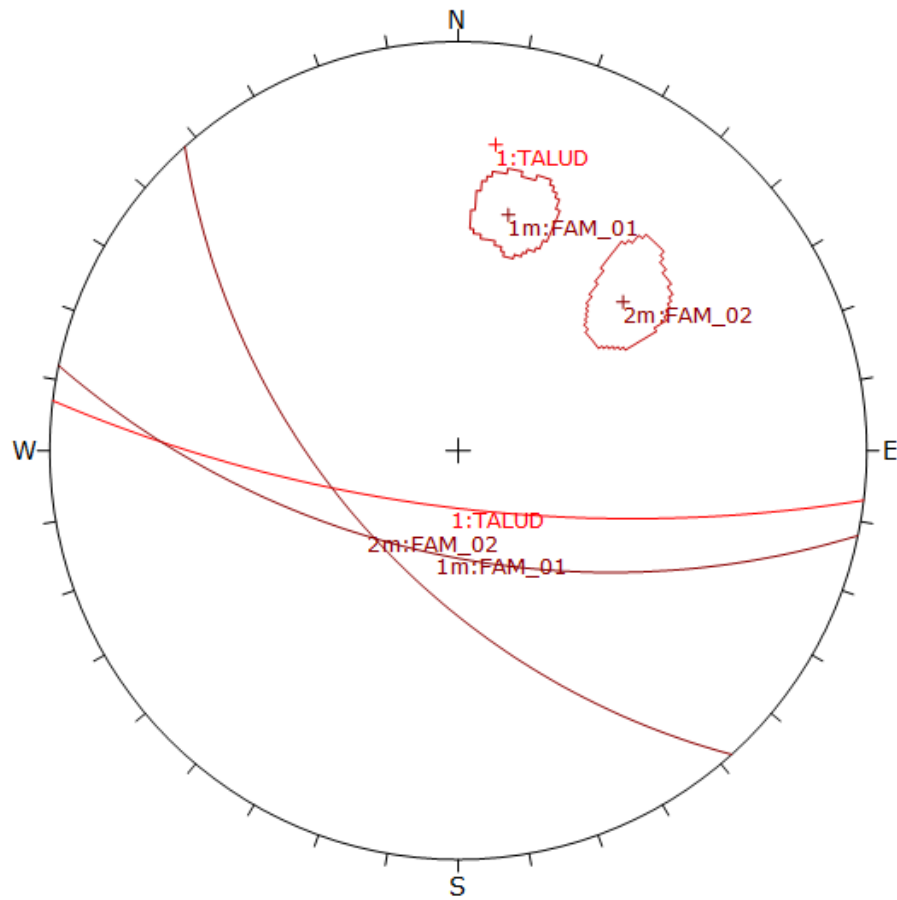
Symbol	Feature
◊	Pole Vectors
Plot Mode Pole Vectors	
Vector Count 200 (200 Entries)	
Hemisphere Lower	
Projection Equal Angle	

Figura 50: Gráfico de polos de las discontinuidades. Estación 05 Fuente: Software Dips



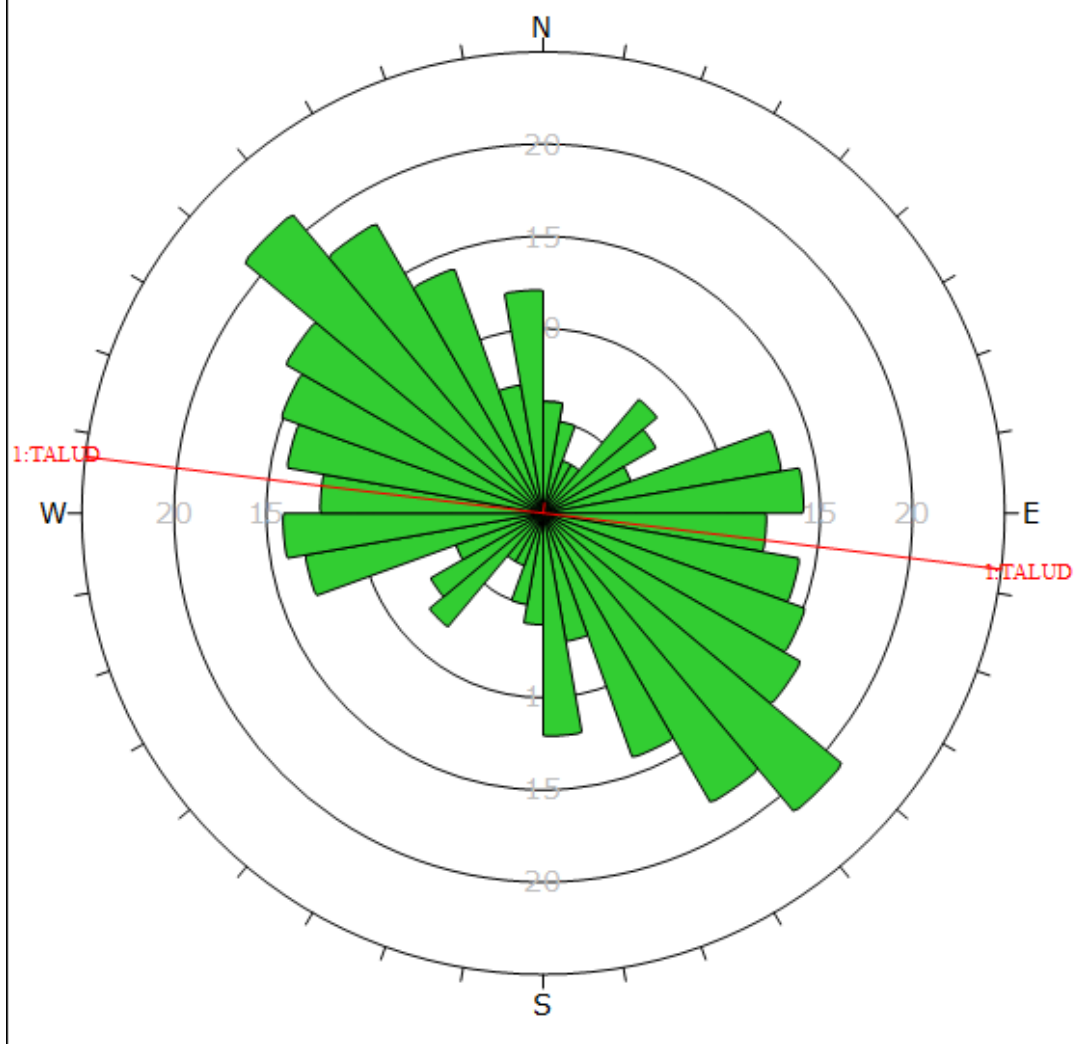
Color	Density Concentrations
	0.00 - 0.70
	0.70 - 1.40
	1.40 - 2.10
	2.10 - 2.80
	2.80 - 3.50
	3.50 - 4.20
	4.20 - 4.90
	4.90 - 5.60
	5.60 - 6.30
	6.30 - 7.00
Maximum Density	6.72%
Contour Data	Pole Vectors
Contour Distribution	Fisher
Counting Circle Size	1.0%
Plot Mode	Pole Vectors
Vector Count	200 (200 Entries)
Hemisphere	Lower
Projection	Equal Angle

Figura 51: Gráfico de contorno de polos o distribución polar. Estación 05 Fuente: Software Dips



	Color	Dip	Dip Direction	Label
User Planes				
1		74	187	TALUD
Mean Set Planes				
1m		61	192	FAM_01
2m		57	228	FAM_02
Plot Mode		Pole Vectors		
Vector Count		200 (200 Entries)		
Hemisphere		Lower		
Projection		Equal Angle		

Figura 52: Gráfico de sistemas principales. Estación 05 Fuente: Software Dips



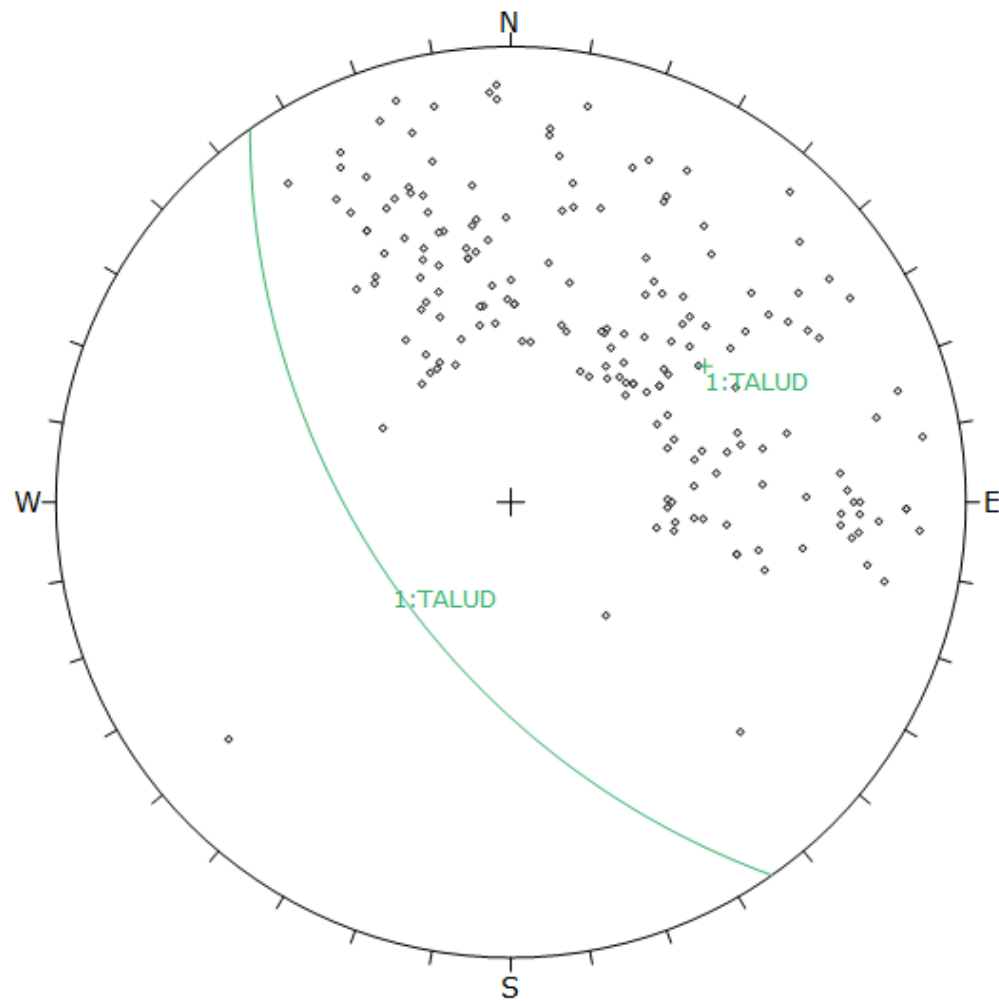
Plot Mode	Rosette
Plot Data	Apparent Strike
Face Normal Trend	0.0
Face Normal Plunge	90.0
Bin Size	10°
Outer Circle	25 planes per arc
Planes Plotted	193
Minimum Angle To Plot	45.0°
Maximum Angle To Plot	90.0°

Figura 53: Gráfico de Roseta. Estación 05 Fuente: Software Dips

TRAMO 06: km 7+200 - km 7+600

ID	Dip	Dip Direction
1	80	165
2	75	242
3	68	197
4	63	166
5	37	148
6	76	156
7	83	161
8	59	258
9	51	157
10	83	254
11	73	268
12	54	234
13	40	280
14	76	200
15	68	152
16	41	150
17	78	202
18	49	262
19	70	234
20	75	150
21	36	208
22	44	213
23	60	285
24	57	170
25	85	261
26	75	272
27	54	283
28	40	221
29	40	251
30	59	224
31	51	175
32	81	145
33	72	274

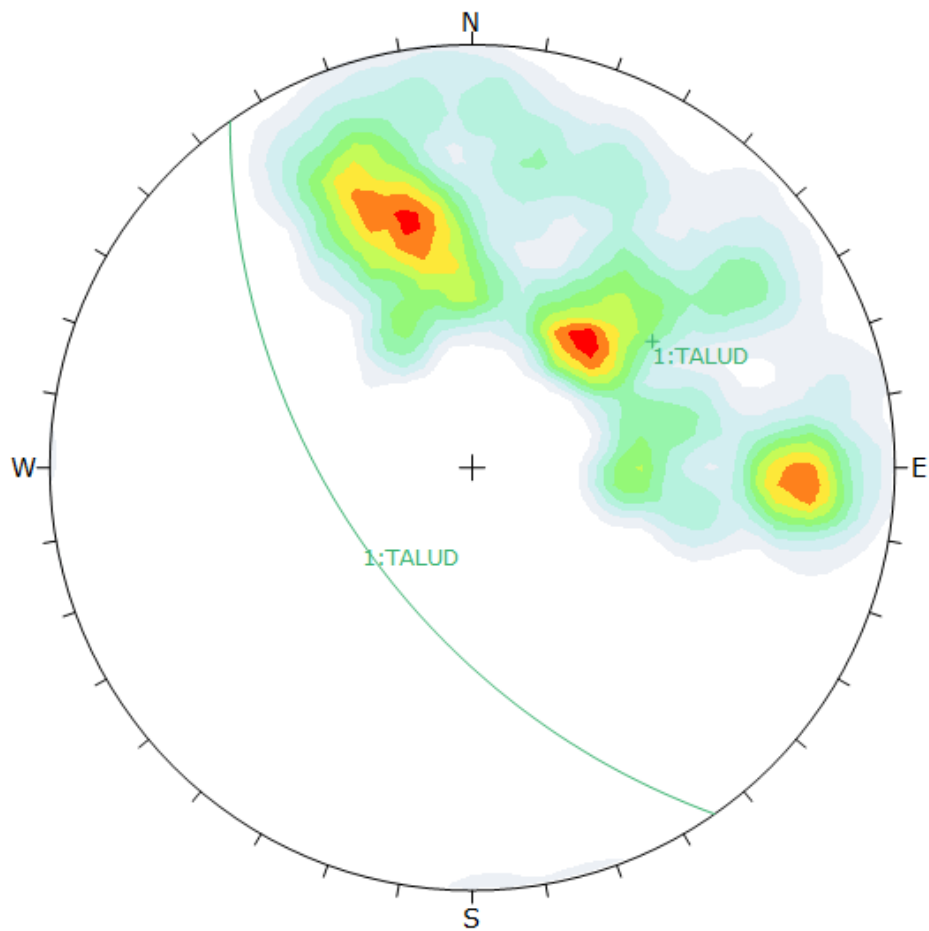
Figura 54: Hojas de cálculo del software Dips. Estación 06 Fuente: Software Dips



Symbol	Feature
◊	Pole Vectors

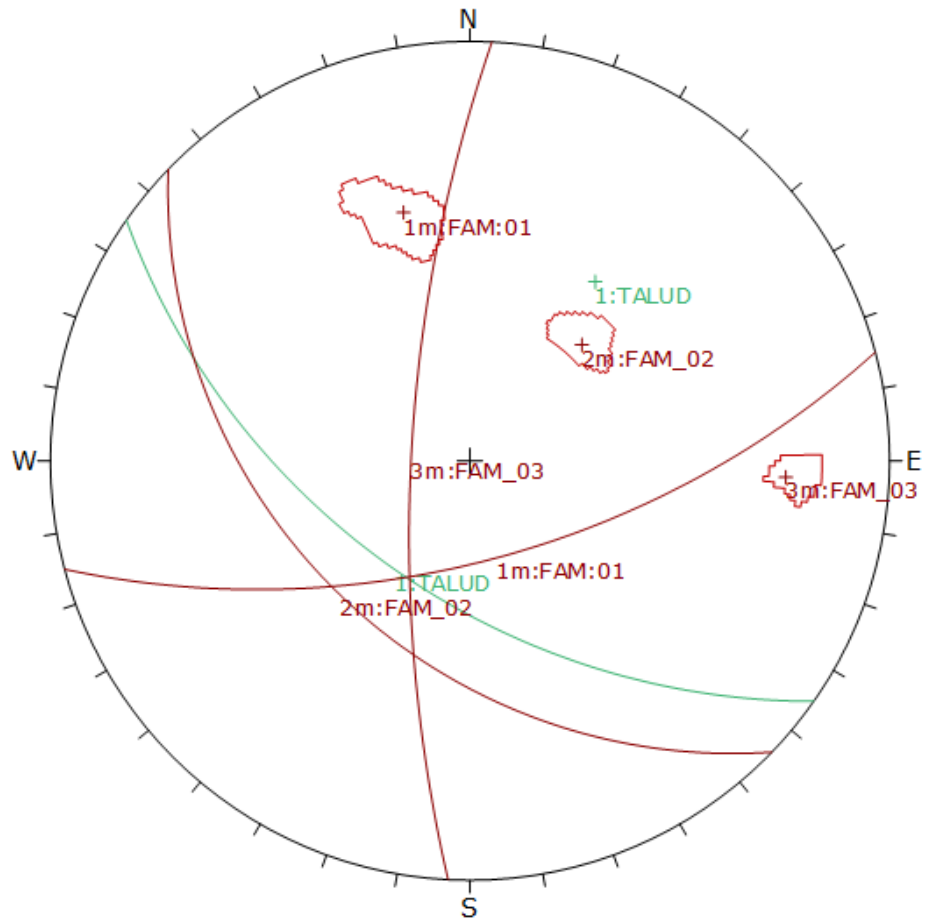
Plot Mode	Pole Vectors
Vector Count	180 (180 Entries)
Hemisphere	Lower
Projection	Equal Angle

Figura 55: Gráfico de polos de las discontinuidades. Estación 06 Fuente: Software Dips



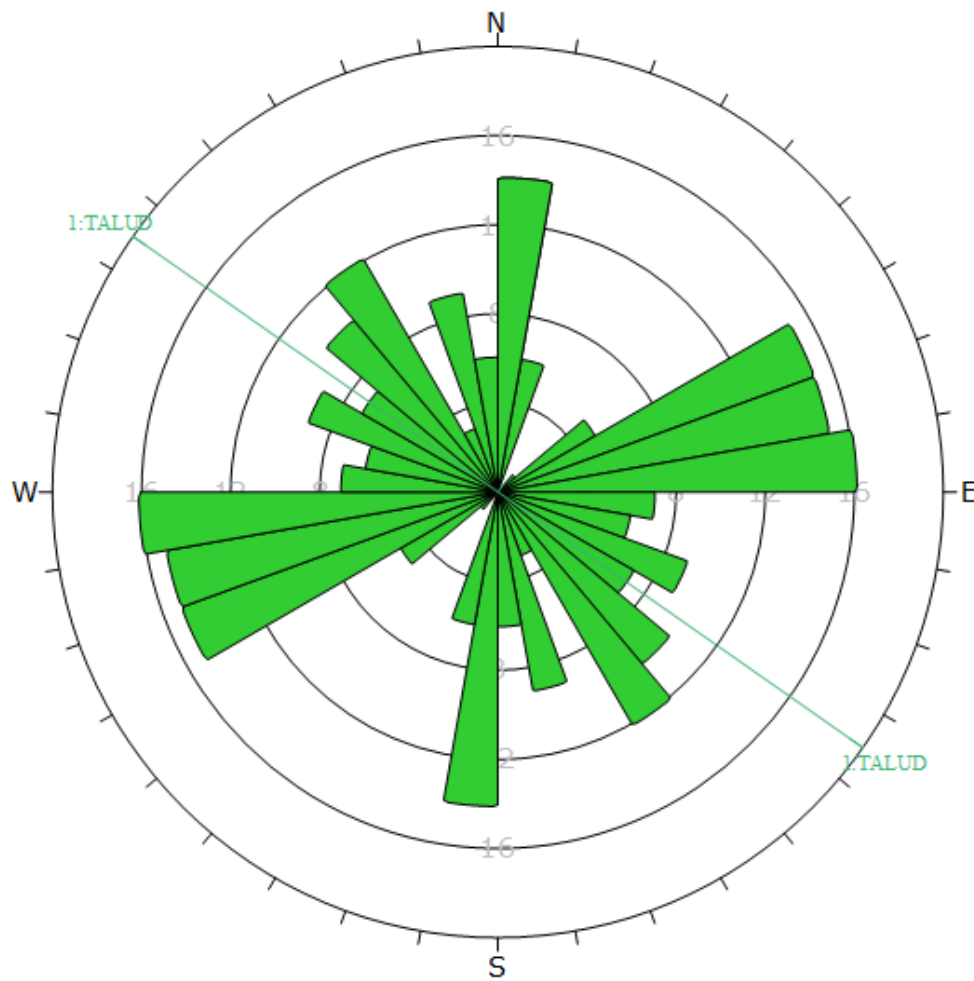
Color	Density Concentrations
	0.00 - 0.75
	0.75 - 1.50
	1.50 - 2.25
	2.25 - 3.00
	3.00 - 3.75
	3.75 - 4.50
	4.50 - 5.25
	5.25 - 6.00
	6.00 - 6.75
	6.75 - 7.50
Maximum Density	7.17%
Contour Data	Pole Vectors
Contour Distribution	Fisher
Counting Circle Size	1.0%
Plot Mode	Pole Vectors
Vector Count	180 (180 Entries)
Hemisphere	Lower
Projection	Equal Angle

Figura 56: Gráfico de contorno de polos o distribución polar. Estación 06 Fuente: Software Dips



	Color	Dip	Dip Direction	Label
User Planes				
1	■	55	215	TALUD
Mean Set Planes				
1m	■	63	165	FAM:01
2m	■	42	224	FAM_02
3m	■	74	273	FAM_03
Plot Mode		Pole Vectors		
Vector Count		180 (180 Entries)		
Hemisphere		Lower		
Projection		Equal Angle		

Figura 57: Gráfico de sistemas principales. Estación 06 Fuente: Software Dips



Plot Mode	Rosette
Plot Data	Apparent Strike
Face Normal Trend	0.0
Face Normal Plunge	90.0
Bin Size	10°
Outer Circle	20 planes per arc
Planes Plotted	141
Minimum Angle To Plot	45.0°
Maximum Angle To Plot	90.0°

Figura 58: Gráfico de Roseta. Estación 06 Fuente: Software Dips

TRAMO 07: km 7+600 - km 8+400

ID	Dip	Dip Direction
51	56	225
52	55	181
53	73	225
54	38	193
55	54	193
56	54	216
57	75	169
58	60	209
59	72	215
60	65	165
61	71	165
62	54	147
63	37	220
64	43	149
65	48	156
66	52	230
67	72	150
68	79	165
69	75	149
70	46	155
71	57	151
72	75	209
73	58	209
74	78	169
75	38	211
76	50	161
77	60	198
78	68	163
79	40	206
80	45	205
81	62	212
82	48	146
83	44	230
84	61	146
85	79	164
86	43	223
87	79	151
88	52	181
89	40	169
90	71	216
91	73	146
92	74	229
93	67	171
94	67	178
95	50	189
96	79	189
97	64	183
98	56	212

Figura 59: Hojas de cálculo del software Dips. Estación 07 Fuente: Software Dips

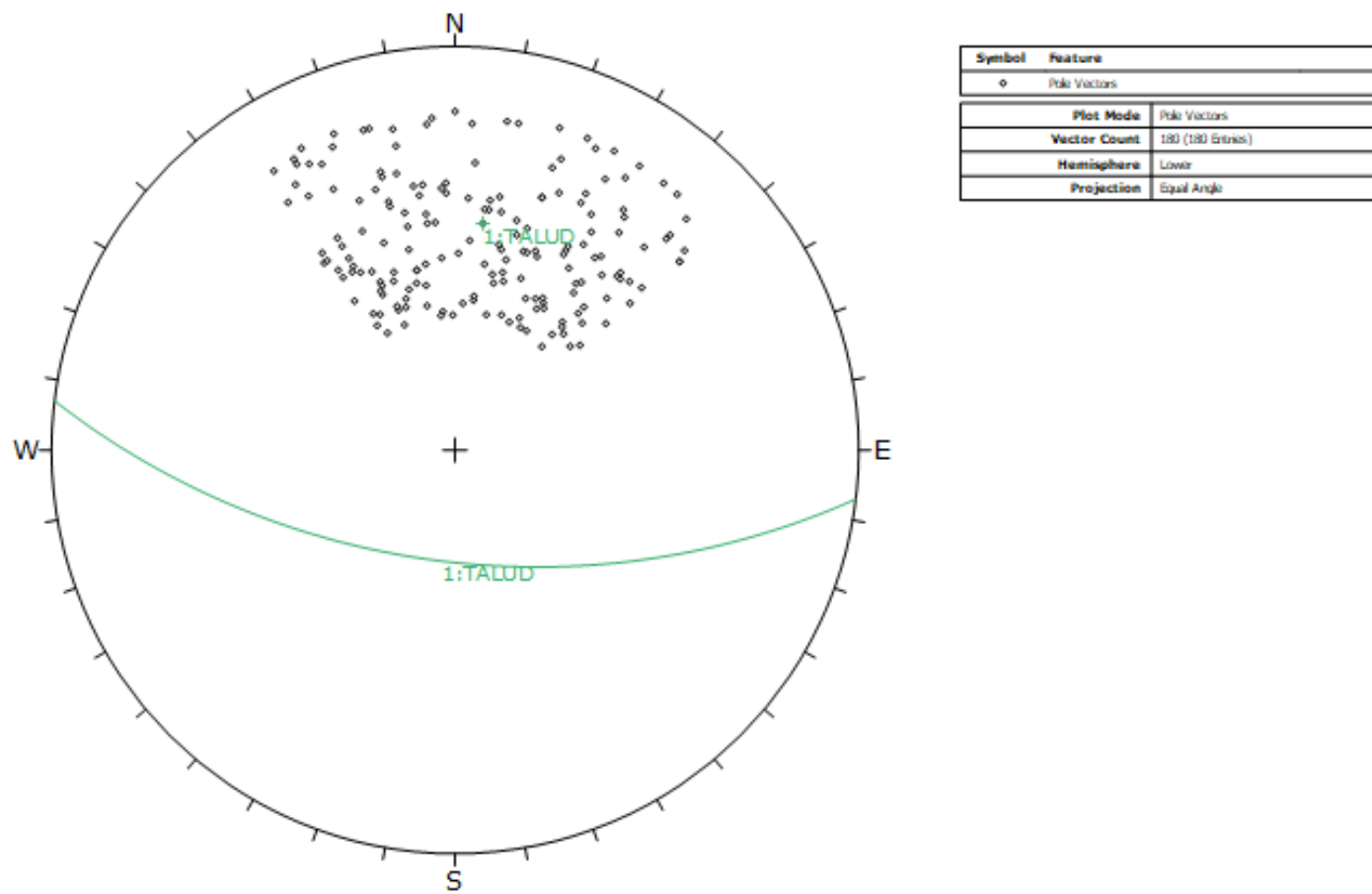
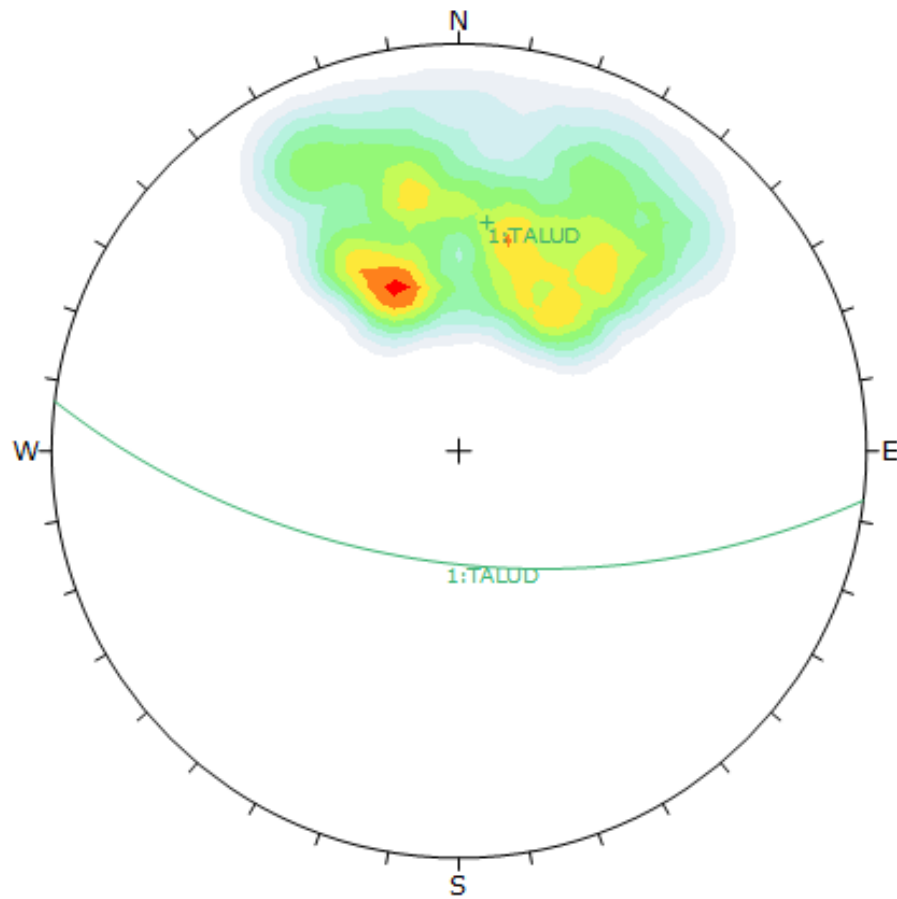
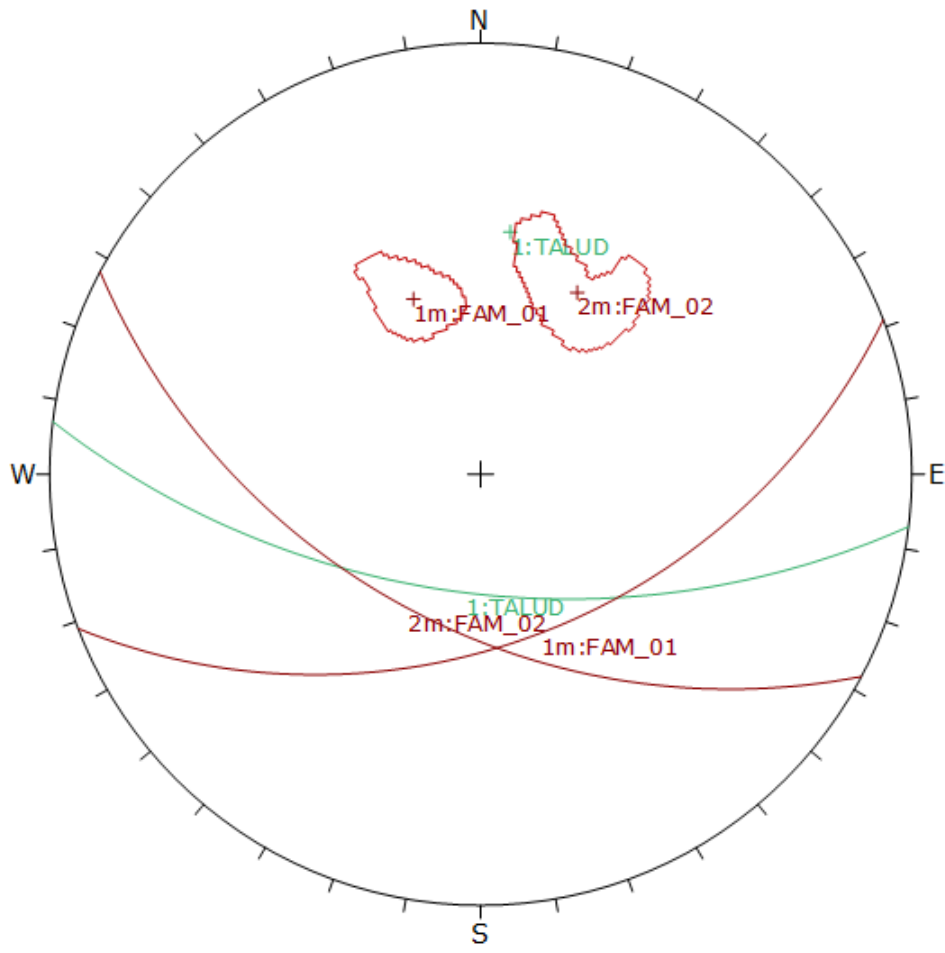


Figura 60: Gráfico de polos de las discontinuidades. Estación 07 Fuente: Software Dips



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
Maximum Density	9.30%
Contour Data	Pole Vectors
Contour Distribution	Fisher
Counting Circle Size	1.0%
Plot Mode	Pole Vectors
Vector Count	180 (180 Entries)
Hemisphere	Lower
Projection	Equal Angle

Figura 61: Gráfico de contorno de polos o distribución polar. Estación 07 Fuente: Software Dips



	Color	Dip	Dip Direction	Label
User Planes				
1		59	187	TALUD
Mean Set Planes				
1m		47	159	FAM_01
2m		51	208	FAM_02
Plot Mode		Pole Vectors		
Vector Count		180 (180 Entries)		
Hemisphere		Lower		
Projection		Equal Angle		

Figura 62: Gráfico de sistemas principales. Estación 07 Fuente: Software Dips

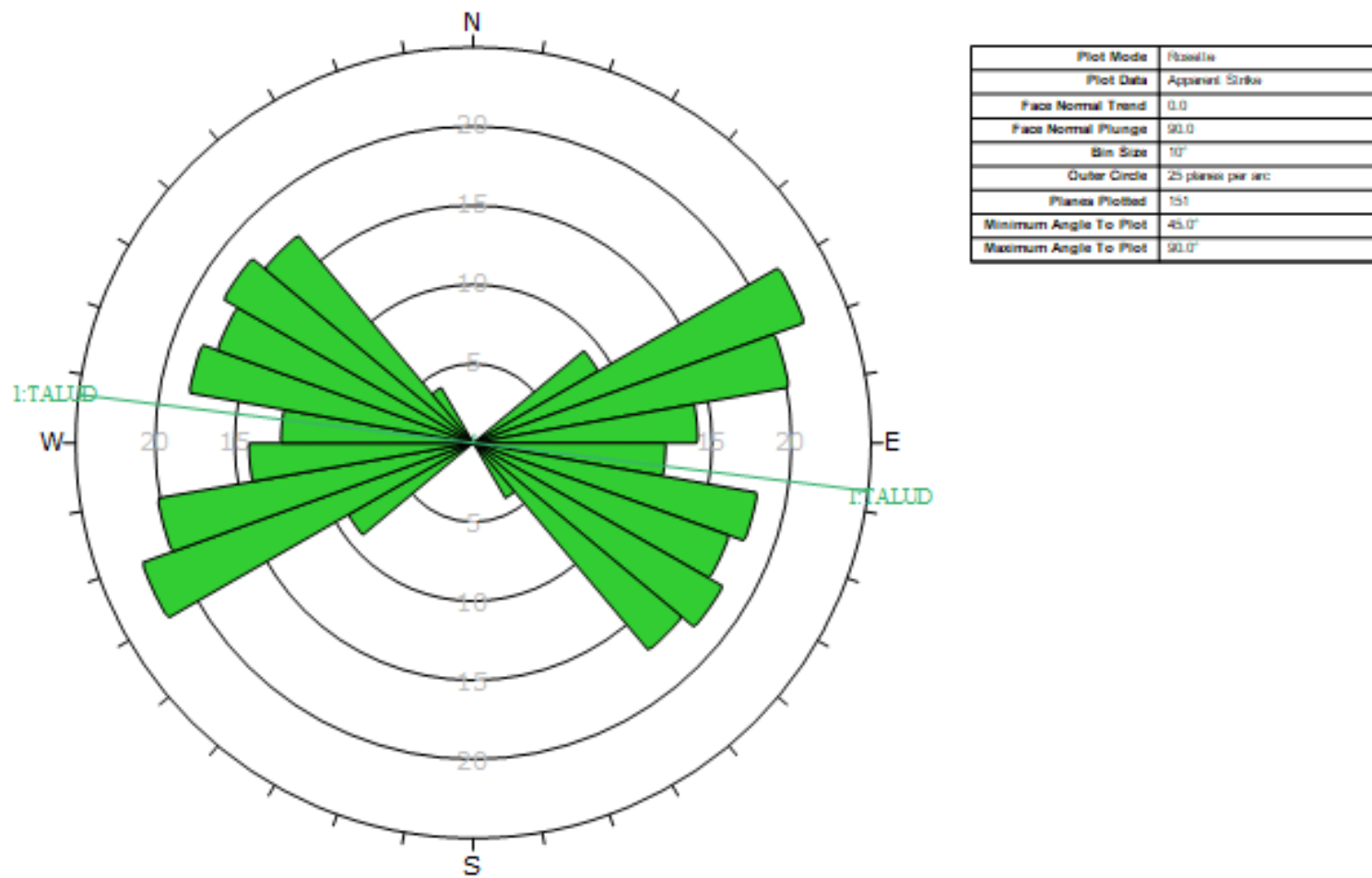
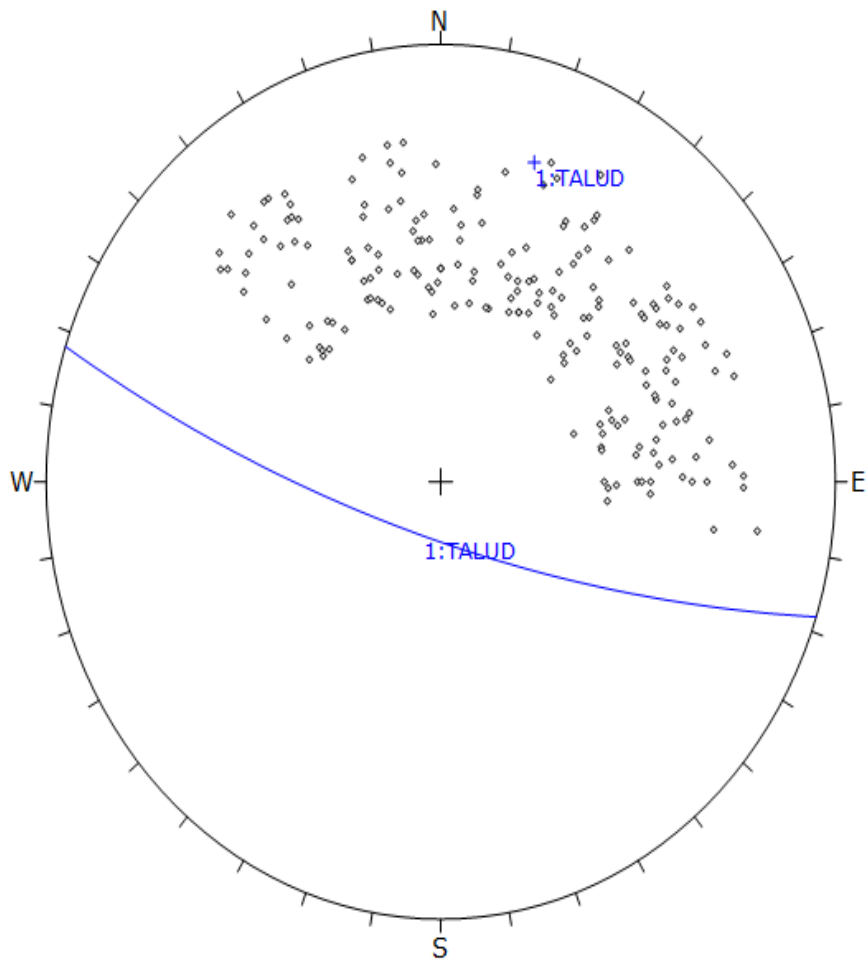


Figura 63: Gráfico de Roseta. Estación 07 Fuente: Software Dips

TRAMO 07: km 8+400 - km 9+000

ID	Dip	Dip Direction
1	45	190
2	55	213
3	76	145
4	51	217
5	50	142
6	53	157
7	45	270
8	68	233
9	49	226
10	78	139
11	55	216
12	65	244
13	58	185
14	60	244
15	54	261
16	49	179
17	73	170
18	55	207
19	66	256
20	58	156
21	67	146
22	68	234
23	53	185
24	46	227
25	47	135
26	78	210
27	65	230
28	60	173
29	53	200
30	71	234
31	68	208
32	52	180
33	67	220
34	57	163
35	74	141
36	58	239
37	45	259
38	57	237
39	53	203
40	48	271
41	67	237

Figura 64: Hojas de cálculo del software Dips. Estación 08 Fuente: Software Dips



Symbol	Feature
◊	Pole Vectors
Plot Mode Pole Vectors	
Vector Count 200 (200 Entries)	
Hemisphere Lower	
Projection Equal Angle	

Figura 65: Gráfico de polos de las discontinuidades. Estación 08 Fuente: Software Dips

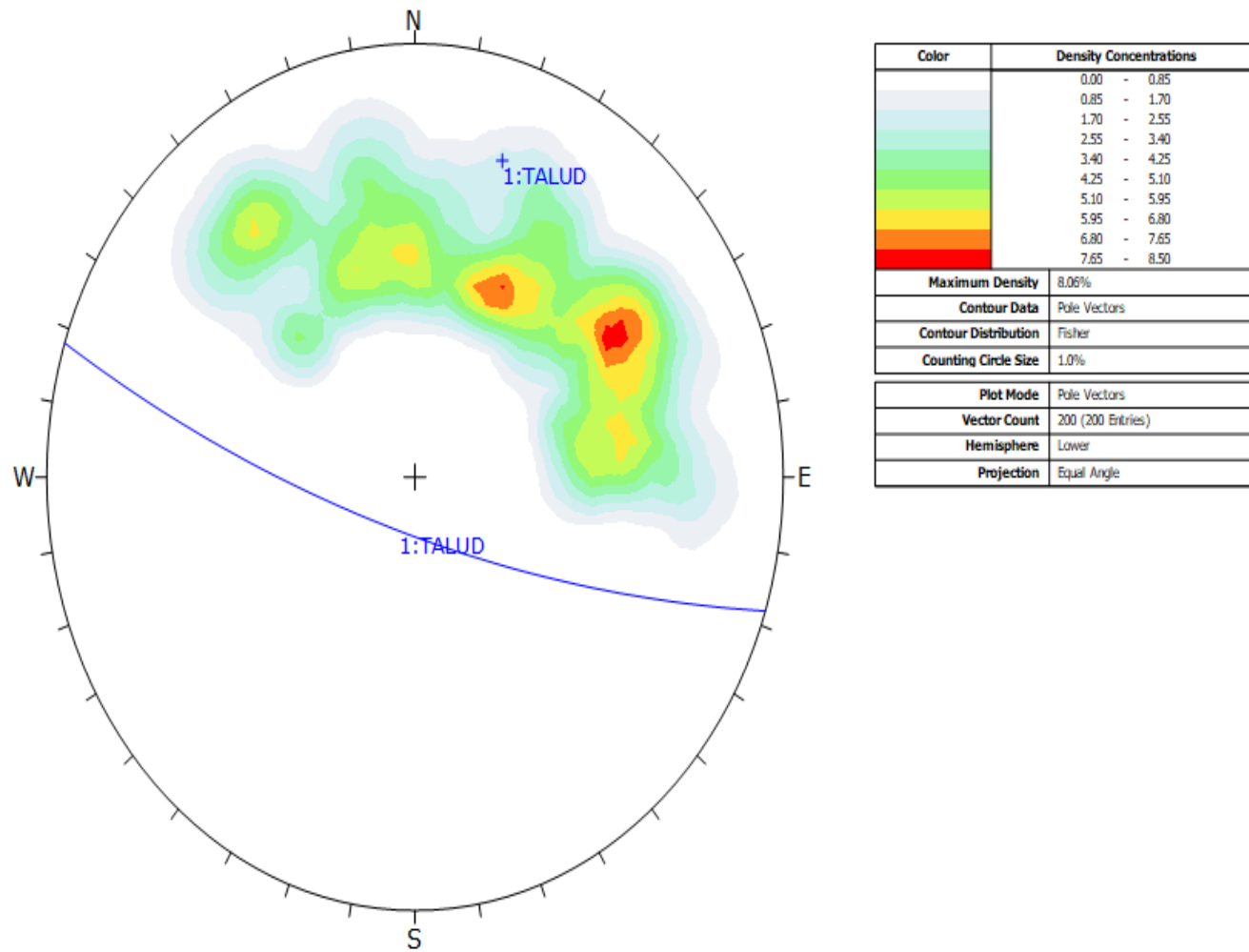
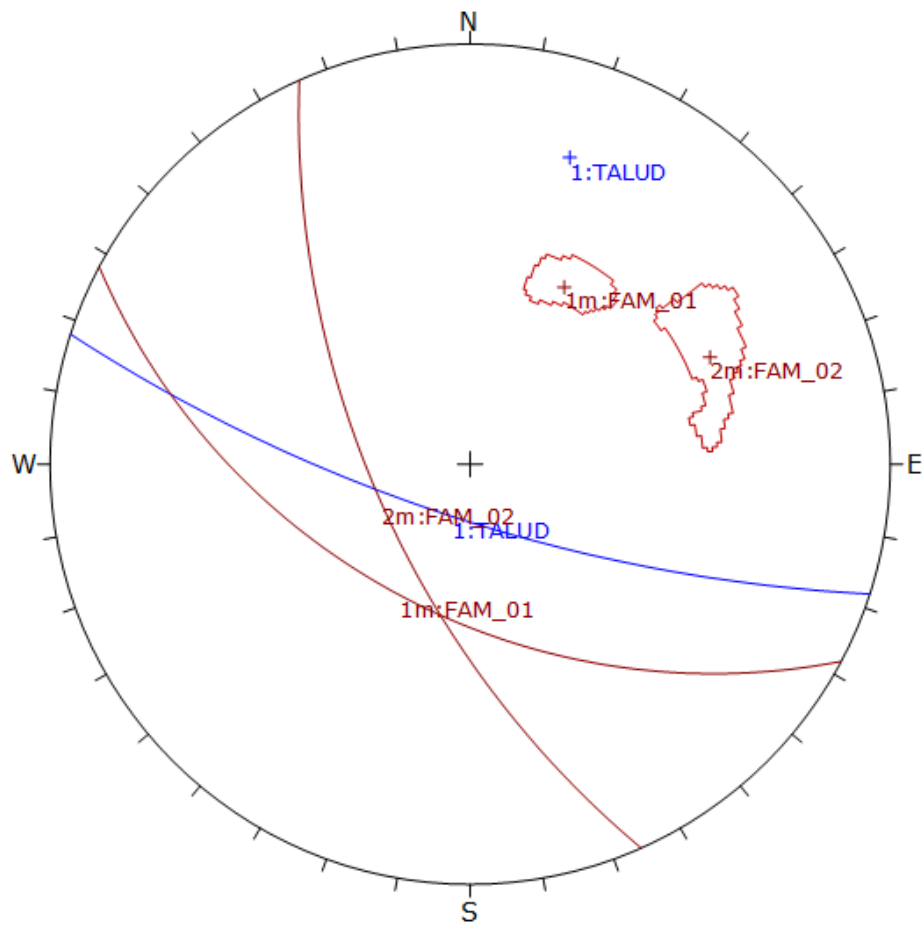
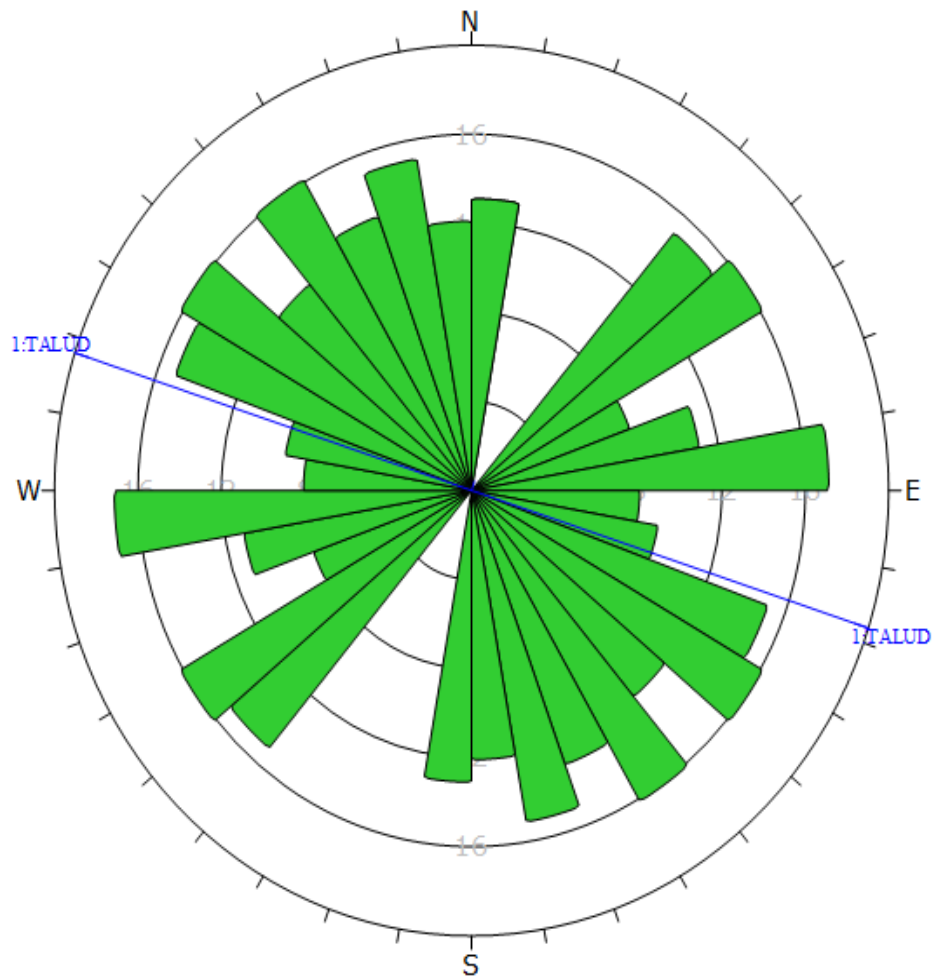


Figura 66: Gráfico de contorno de polos o distribución polar. Estación 08 Fuente: Software Dips



	Color	Dip	Dip Direction	Label
User Planes				
1		75	198	TALUD
Mean Set Planes				
1m		51	208	FAM_01
2m		64	246	FAM_02
Plot Mode		Pole Vectors		
Vector Count		200 (200 Entries)		
Hemisphere		Lower		
Projection		Equal Angle		

Figura 67: Gráfico de sistemas principales. Estación 08 Fuente: Software Dips



Plot Mode	Rosette
Plot Data	Apparent Strike
Face Normal Trend	0.0
Face Normal Plunge	90.0
Bin Size	10°
Outer Circle	20 planes per arc
Planes Plotted	196
Minimum Angle To Plot	45.0°
Maximum Angle To Plot	90.0°

Figura 68: Gráfico de Roseta. Estación 08 Fuente: Software Dips

Anexo 06: Ensayos de laboratorio fotos

FOTOS DE LOS ENSAYOS REALIZADOS EN EL LABORATORIO DE MECANICA DE ROCAS Y PETROLOGIA



Figura 69: Perforadora diamantina saca testigos Fuente: Propia



Figura 70: Se perfora la roca para poder sacar testigos Fuente: Propia



Figura 71: Testigos de la roca andesita Fuente: Propia



Figura 72: Roca dacita después de la perforación Fuente: Propia



Figura 73: Cortadora diamantina Fuente: Propia



Figura 74: Pulido de las testigos para su posterior ensayo Fuente: Propia



Figura 75: Toma de datos de cada tipo de roca Fuente: Propia

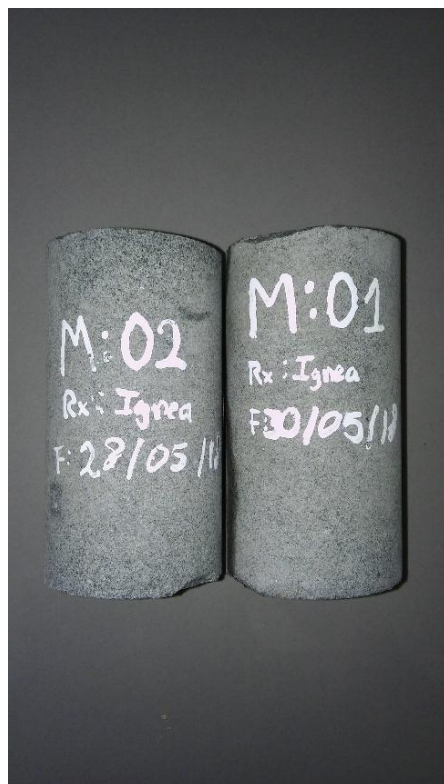


Figura 76: Muestras ya terminadas de roca andesita Fuente: Propia



Figura 77: Muestras ya terminadas de roca dacita Fuente: Propia

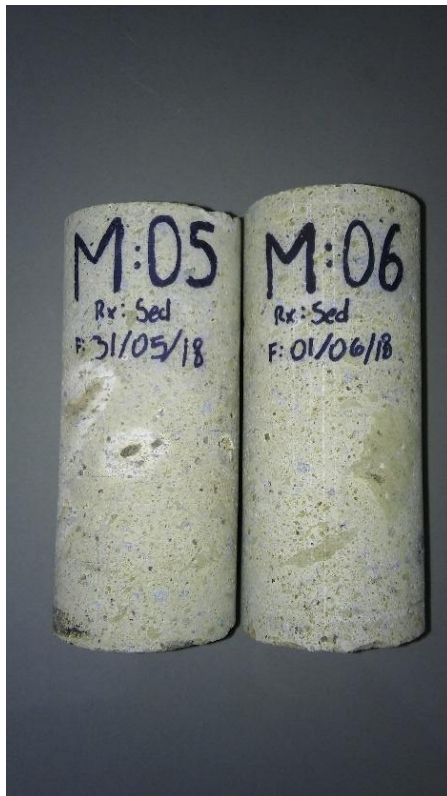


Figura 78: Muestras ya terminadas de roca de conglomerado de cuarzo y caliza Fuente: Propia



Figura 79: Testigo terminado de andesita Fuente: Propia

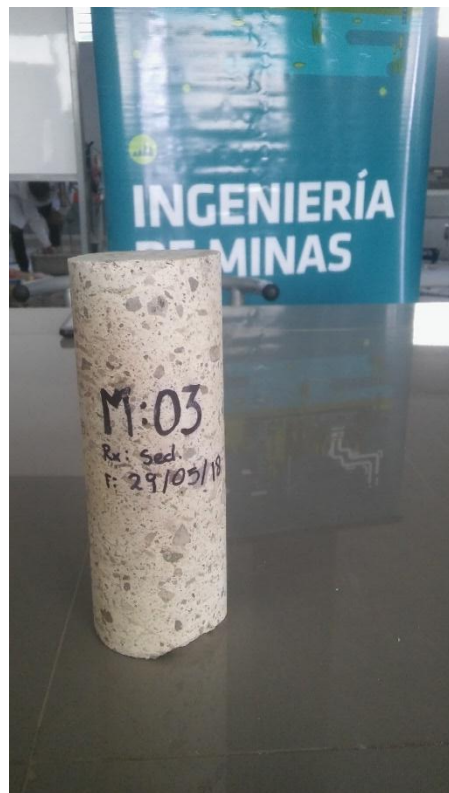


Figura 80: Testigo terminado de Dacita Fuente: Propia

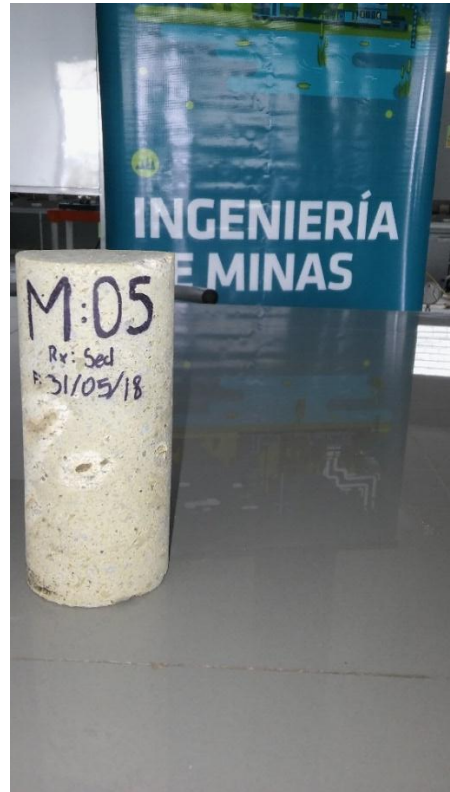


Figura 81: Testigo terminado de conglomerado de cuarzo y caliza Fuente: Propia



Figura 82: Muestras listas para los ensayos Fuente: Propia

ENSAYO DE CARGA PUNTUAL EN ROCA



Figura 83: Ensayo de carga puntual Fuente: Propia



Figura 84: Ensayo de carga puntual Según Louis Fuente: Propia



Figura 85: Muestra fracturada Fuente: Propia Fuente: Propia



Figura 86: Ensayo de carga puntual según Louis Fuente: Propia



Figura 87: Ensayo de carga puntual de tipo de roca dacita Fuente: Propia

ENSAYO UNIAXIAL EN ROCA



Figura 88: Tablero para poner los datos de la maquina uniaxial Fuente: Propia



Figura 89: Desarrollo del ensayo uniaxial para rocas Fuente: Propia



Figura 90: Se coloca la muestra en la maquina Fuente: Propia



Figura 91: Termino del ensayo de compresión uniaxial Fuente: Propia



Figura 92: Resultado que arroja la maquina después del ensayo Fuente: Propia



Figura 93: Resultados del ensayo uniaxial Fuente: Propia

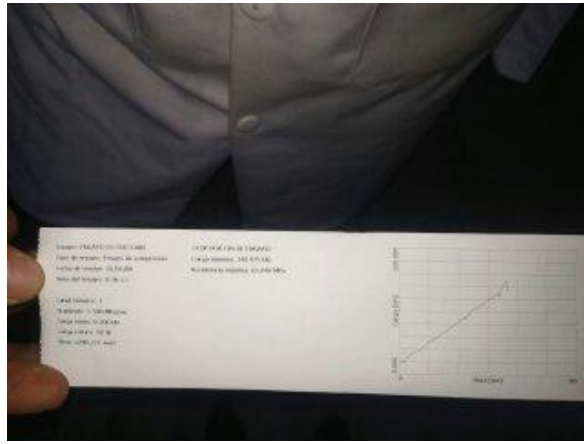


Figura 94: Resultados impresos del ensayo realizado Fuente: Propia



Figura 95: Toma de datos del tipo de roca Fuente: Propia



Figura 96: Muestra fracturada de la roca Fuente: Propia

Anexo 07: Resultado de los ensayos del laboratorio

 UCV UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO	LABORATORIO MECÁNICA DE ROCAS Y PETROLOGÍA		Tipo de Documento: FORMATO	
			Código: UCV-LAB-2018	
			Versión: 01	
			Fecha de aprobación: 18/06/2018	Pag: 1/3

**INFORME DE RESULTADOS: ENSAYO DE COMPRESIÓN SIMPLE EN ROCA
 ASTM.D 2938**

PROYECTO: Determinación de zonas vulnerables para prevenir la caída de roca en la Carretera Chiclayo - Santa Cruz tramos Cumbil - Catache Km 4+000 al Km 9+000

Sitio: Santa Cruz- Caiamarca	Dirección: Carrera Santa Cruz - 6-B
Cliente: Cristian Rogelio Vásquez Torres	No de Muestra: 01
Tipo de Muestra: Roca Ígnea	Orden de Servicio: OS-IGR-LAB-001-18-01
Fecha de recepción de la muestra: 11/06/2018	Fecha de ensayo: 18/06/2018
Código de Proyecto: LAB-001-18	
Informe: Para el desarrollo de tesis	
Descripción de la muestra : Andesita color gris	

PROPIEDADES FÍSICAS DE LA PROBETA	
Diámetro (cm)	5.4
Altura (cm)	13.5
Peso de la probeta (g):	738.26
Carga máxima (kg)	17842.37
Relación altura/diámetro	2.5
Área (cm ²)	22.9
Volumen (cm ³)	309.15
Densidad	2.8
Resistencia a Compresión (kg/cm²)	2648.621
Resistencia a Compresión (PSI)	37672.2372



OBSERVACIONES:

Realizó: Cristian Rogelio Vásquez Torres

Jefa de Laboratorio
 Ing. Janyna Jacinta Flores Arrasco

LOS RESULTADOS PRESENTADOS CORRESPONDEN ÚNICAMENTE A LA MUESTRA SOMETIDA A ENSAYO. ESTE INFORME NO PUEDE SER PRODUCIDO EN SU TOTALIDAD NI

PARCIALMENTE, SIN LA AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL LABORATORIO QUE LO EMITE. ESTE INFORME NO ES VÁLIDO SIN FIRMA
 Carrera 3.5Km

INFORME DE RESULTADOS: ENSAYO DE COMPRESIÓN SIMPLE EN ROCA ASTM.D 2938

PROYECTO: Determinación de zonas vulnerables para prevenir la caída de roca en la Carretera Chiclayo - Santa Cruz tramos Cumbil - Catache Km 4+000 al Km 9+000

Sitio: Santa Cruz- Caiamarca

Cliente: Cristian Rogelio Vásquez Torres

Tipo de Muestra: Roca Ígnea

Fecha de recepción de la muestra: 11/06/2018

Código de Proyecto: LAB-001-18

Informe: Para el desarrollo de tesis

Descripción de la muestra : Dacita color blanco con puntos negros

Dirección: Carrera Santa Cruz - 6-B

No de Muestra: 02

Orden de Servicio: OS-IGR-LAB-002-18-01

Fecha de ensayo: 18/06/2018

PROPIEDADES FÍSICAS DE LA PROBETA	
Diámetro (cm)	5.4
Altura (cm)	13.5
Peso de la probeta (g):	794.91
Carga máxima (kg)	15191.22
Relación altura/diámetro	2.5
Área (cm ²)	22.9
Volumen (cm ³)	309.15
Densidad	3.3
Resistencia a Compresión (kg/cm²)	3551.335
Resistencia a Compresión (PSI)	50511.8446



OBSERVACIONES:

Realizó: Cristian Rogelio Vásquez
Torres

Jefa de Laboratorio
Ing. Janyna Jacinta Flores Arrasco

LOS RESULTADOS PRESENTADOS CORRESPONDEN ÚNICAMENTE A LA MUESTRA SOMETIDA A ENSAYO. ESTE INFORME NO PUEDE SER PRODUCIDO EN SU TOTALIDAD NI

PARCIALMENTE, SIN LA AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL LABORATORIO QUE LO EMITE. ESTE INFORME NO ES VÁLIDO SIN FIRMA

INFORME DE RESULTADOS: ENSAYO DE COMPRESIÓN SIMPLE EN ROCA ASTM.D 2938

PROYECTO: Determinación de zonas vulnerables para prevenir la caída de roca en la Carretera Chiclayo - Santa Cruz tramos Cumbil - Catache Km 4+000 al Km 9+000

Sitio: Santa Cruz- Cajamarca

Cliente: Cristian Rogelio Vásquez Torres

Tipo de Muestra: Roca Sedimentaria

Fecha de recepción de la muestra: 11/06/2018

Código de Proyecto: LAB-003-18

Informe: Para el desarrollo de tesis

Dirección: Carrera Santa Cruz - 6-B

No de Muestra: 03

Orden de Servicio: OS-IGR-LAB-001-18-01

Fecha de ensayo: 18/06/2018

Descripción de la muestra : Conglomerado de Caliza y cuarzo color amarillo palido

PROPIEDADES FÍSICAS DE LA PROBETA	
Diámetro (cm)	5.4
Altura (cm)	13.5
Peso de la probeta (g):	678.97
Carga máxima (kg)	469.2
Relación altura/diámetro	2.5
Área (cm ²)	22.9
Volumen (cm ³)	309.15
Densidad	1.98
Resistencia a Compresión (kg/cm²)	779.9299
Resistencia a Compresión (PSI)	11093.2084



OBSERVACIONES:

Realizó: Cristian Rogelio Vásquez
Torres

Jefa de Laboratorio
Ing. Janyna Jacinta Flores Arrasco

LOS RESULTADOS PRESENTADOS CORRESPONDEN ÚNICAMENTE A LA MUESTRA SOMETIDA A ENSAYO. ESTE INFORME NO PUEDE SER PRODUCIDO EN SU TOTALIDAD NI

PARCIALMENTE, SIN LA AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL LABORATORIO QUE LO EMITE. ESTE INFORME NO ES VÁLIDO SIN FIRMA

Anexo 08: Cohesión y Ángulo de Fricción de Tipo de Roca

ESTACIÓN GEOMECÁNICA 01

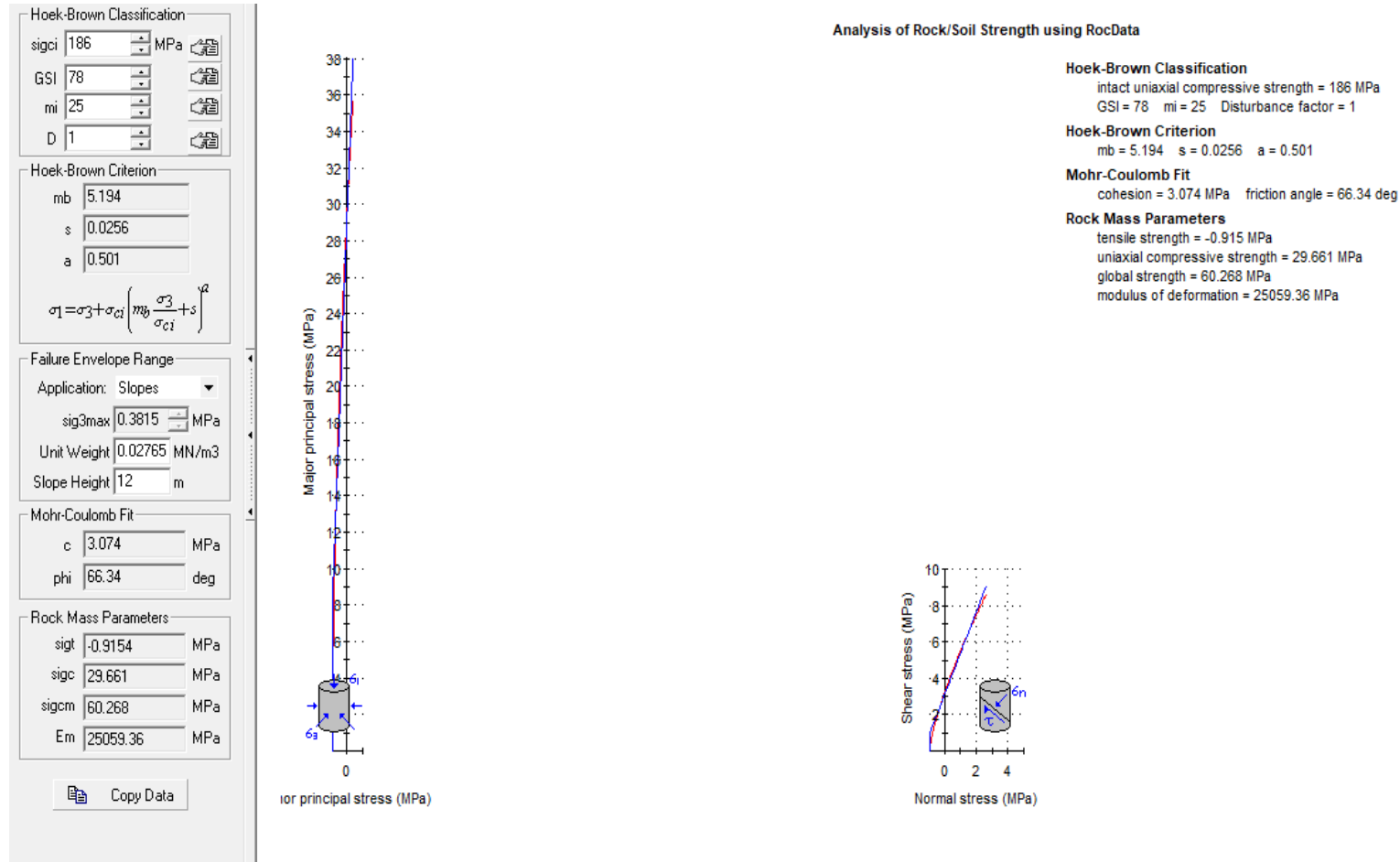


Figura 97: Desarrollo de la cohesión y ángulo de fricción - Estación 01. Fuente: Software RocData

ESTACIÓN GEOMECÁNICA 02

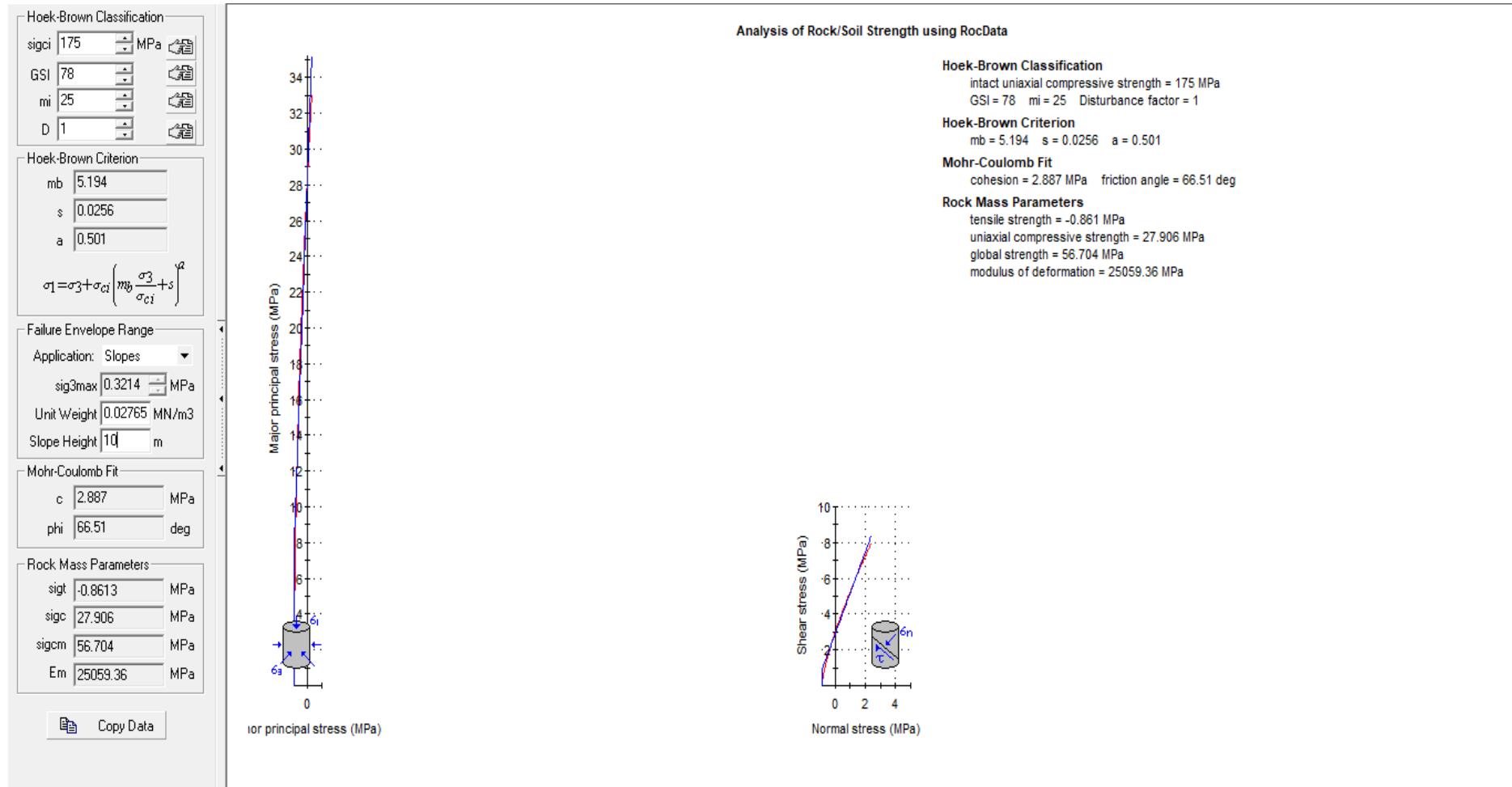


Figura 98: Desarrollo de la cohesión y ángulo de fricción - Estación 02. Fuente: Software RocData

ESTACIÓN GEOMECÁNICA 03

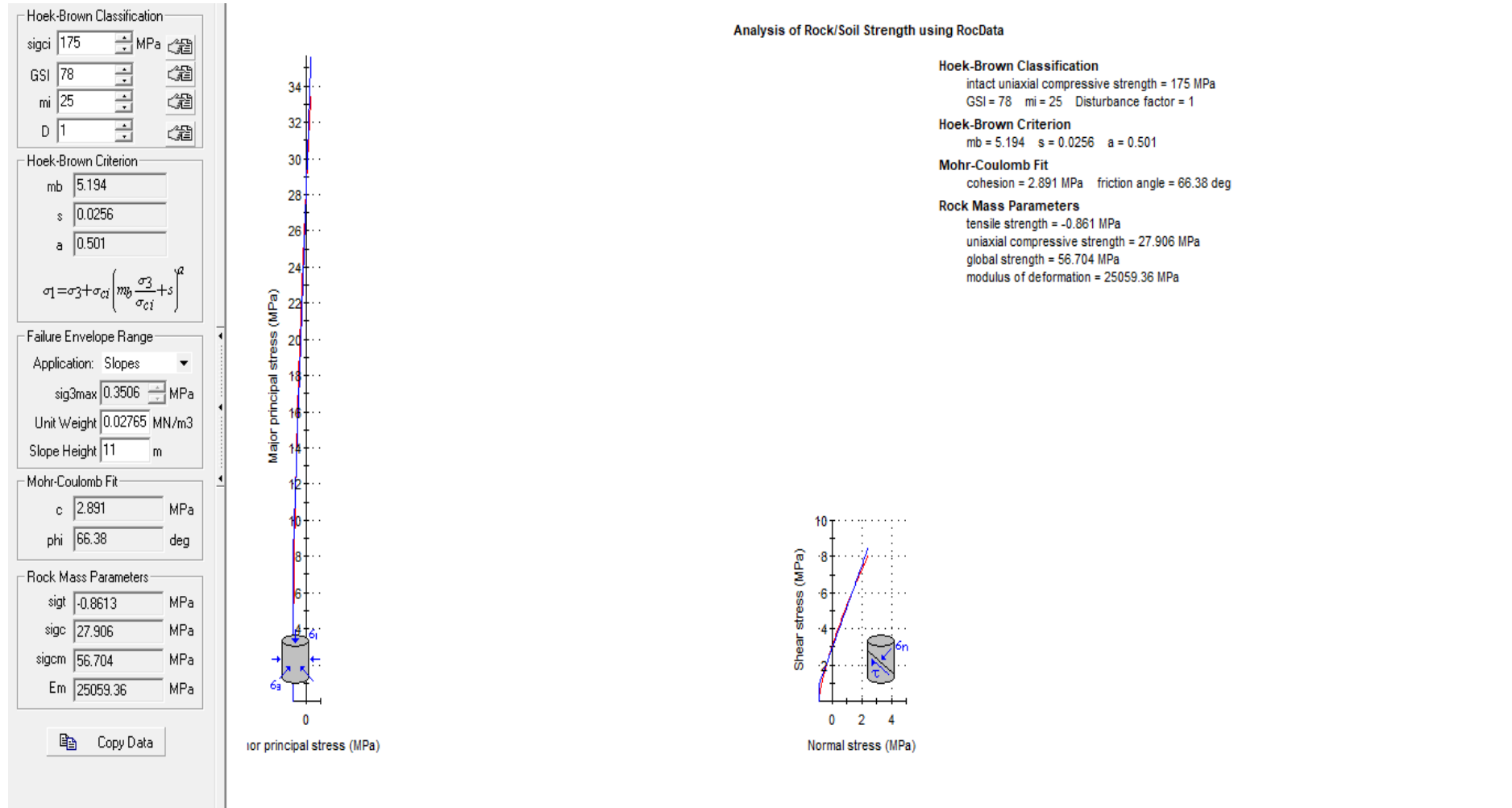


Figura 99: Desarrollo de la cohesión y ángulo de fricción - Estación 03. Fuente: Software RocData

ESTACIÓN GEOMECÁNICA 04

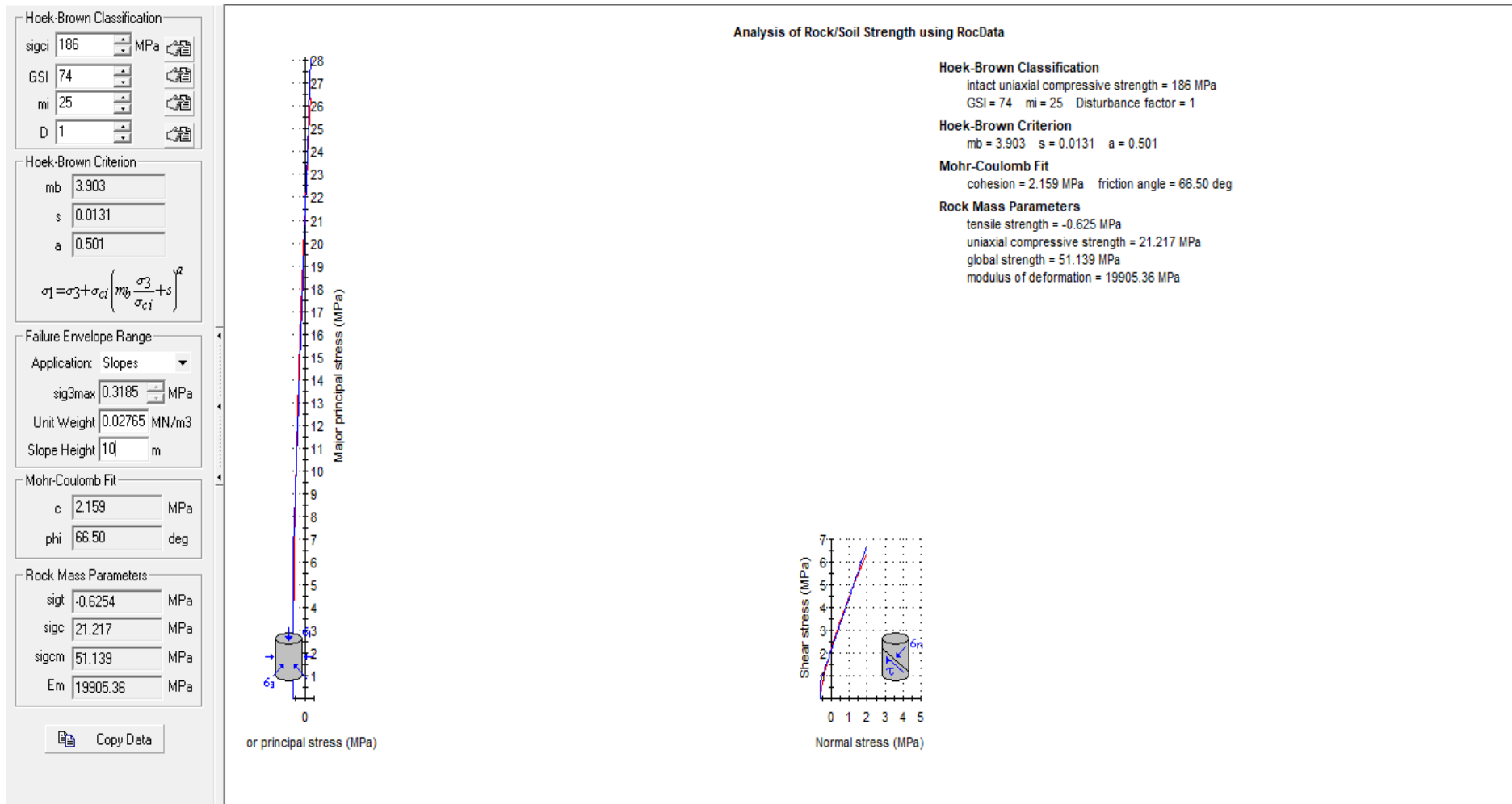


Figura 100: Desarrollo de la cohesión y ángulo de fricción - Estación 04. Fuente: Software RocData

ESTACIÓN GEOMECÁNICA 05

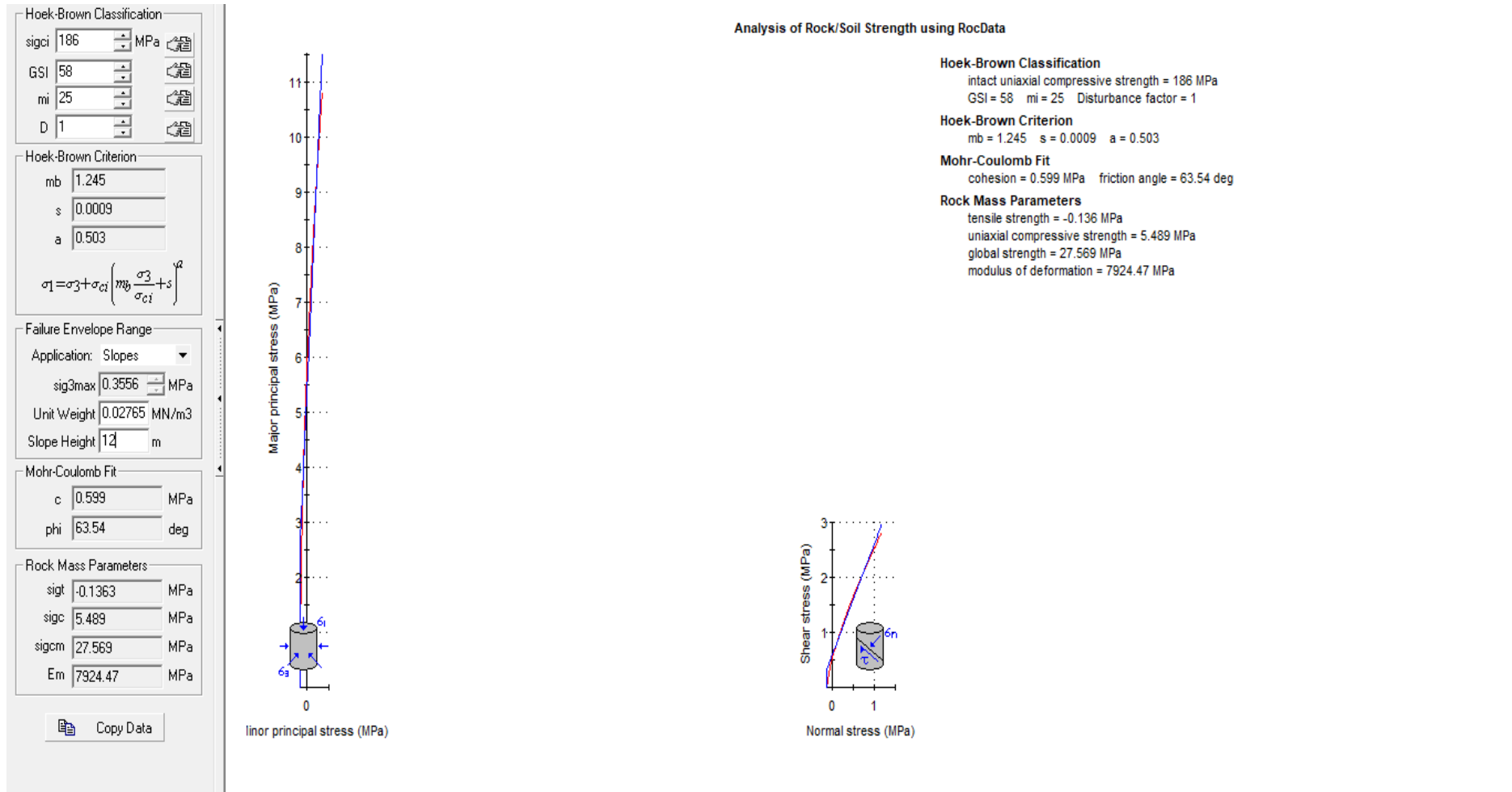


Figura 101: Desarrollo de la cohesión y ángulo de fricción - Estación 05. Fuente: Software RocData

ESTACIÓN GEOMECÁNICA 06

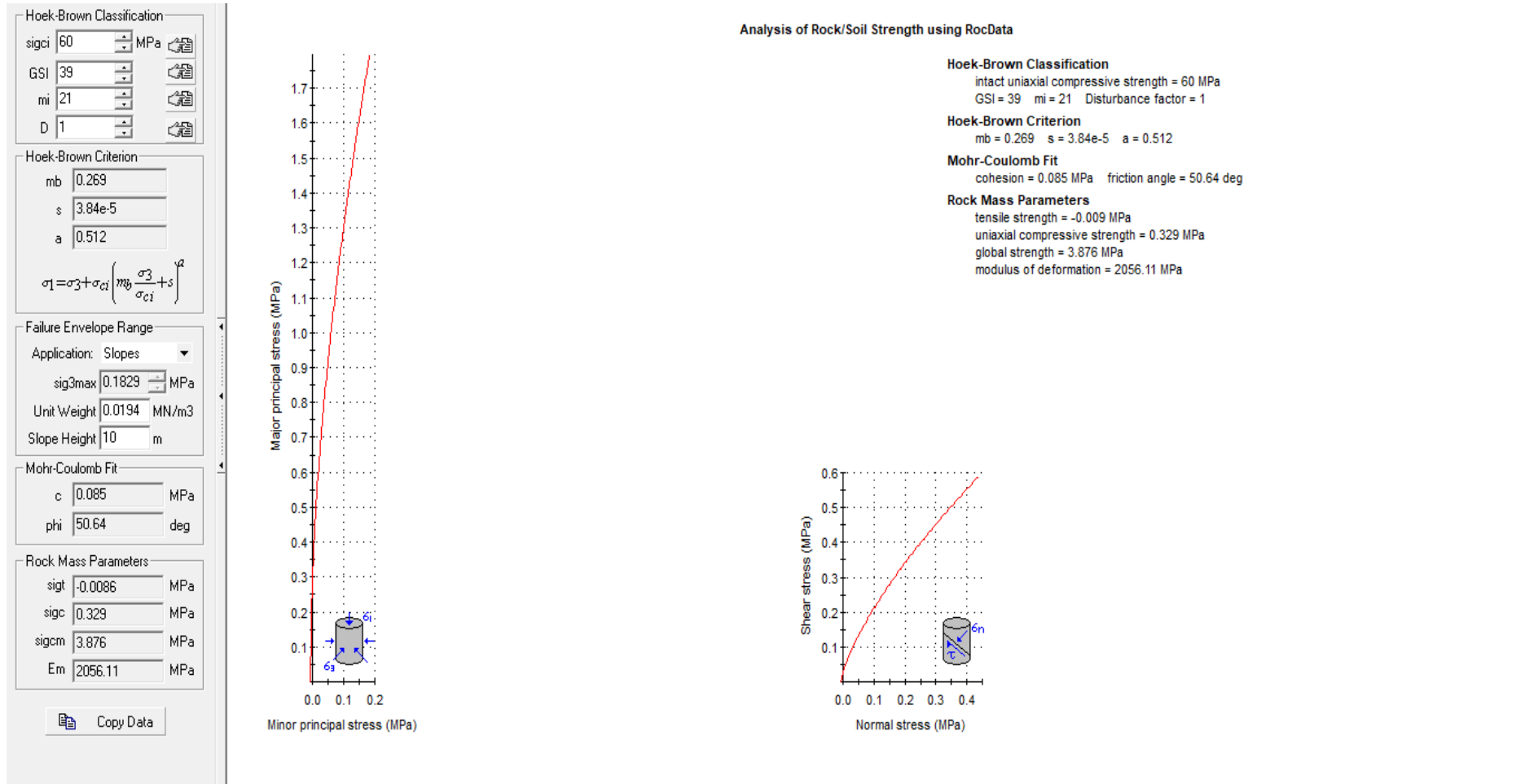


Figura 102: Desarrollo de la cohesión y ángulo de fricción - Estación 06. Fuente: Software Rock Data

ESTACIÓN GEOMECÁNICA 07

Hoek-Brown Classification

sigci 250 MPa

GSI 80

mi 25

D 1

Hoek-Brown Criterion

mb 5.991

s 0.0357

a 0.501

$$\sigma_1 = \sigma_3 + \sigma_{ci} \left(mb \frac{\sigma_3}{\sigma_{ci}} + s \right)^a$$

Failure Envelope Range

Application: Slopes

sig3max 0.3820 MPa

Unit Weight 0.032 MN/m³

Slope Height 10 m

Mohr-Coulomb Fit

c 4.910 MPa

phi 66.74 deg

Rock Mass Parameters

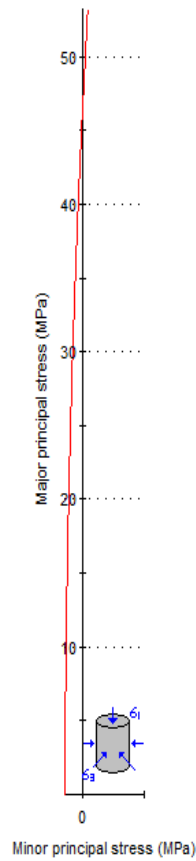
sigt -1.4886 MPa

sigc 47.126 MPa

sigcm 88.193 MPa

Em 28117.07 MPa

Copy Data



Analysis of Rock/Soil Strength using RocData

Hoek-Brown Classification

intact uniaxial compressive strength = 250 MPa
 GSI = 80 mi = 25 Disturbance factor = 1

Hoek-Brown Criterion

mb = 5.991 s = 0.0357 a = 0.501

Mohr-Coulomb Fit

cohesion = 4.910 MPa friction angle = 66.74 deg

Rock Mass Parameters

tensile strength = -1.489 MPa
 uniaxial compressive strength = 47.126 MPa
 global strength = 88.193 MPa
 modulus of deformation = 28117.07 MPa

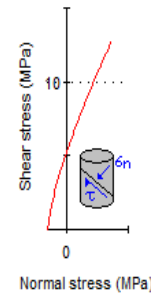


Figura 103: Desarrollo de la cohesión y ángulo de fricción - Estación 07. Fuente: Software RocData

ESTACIÓN GEOMECÁNICA 08

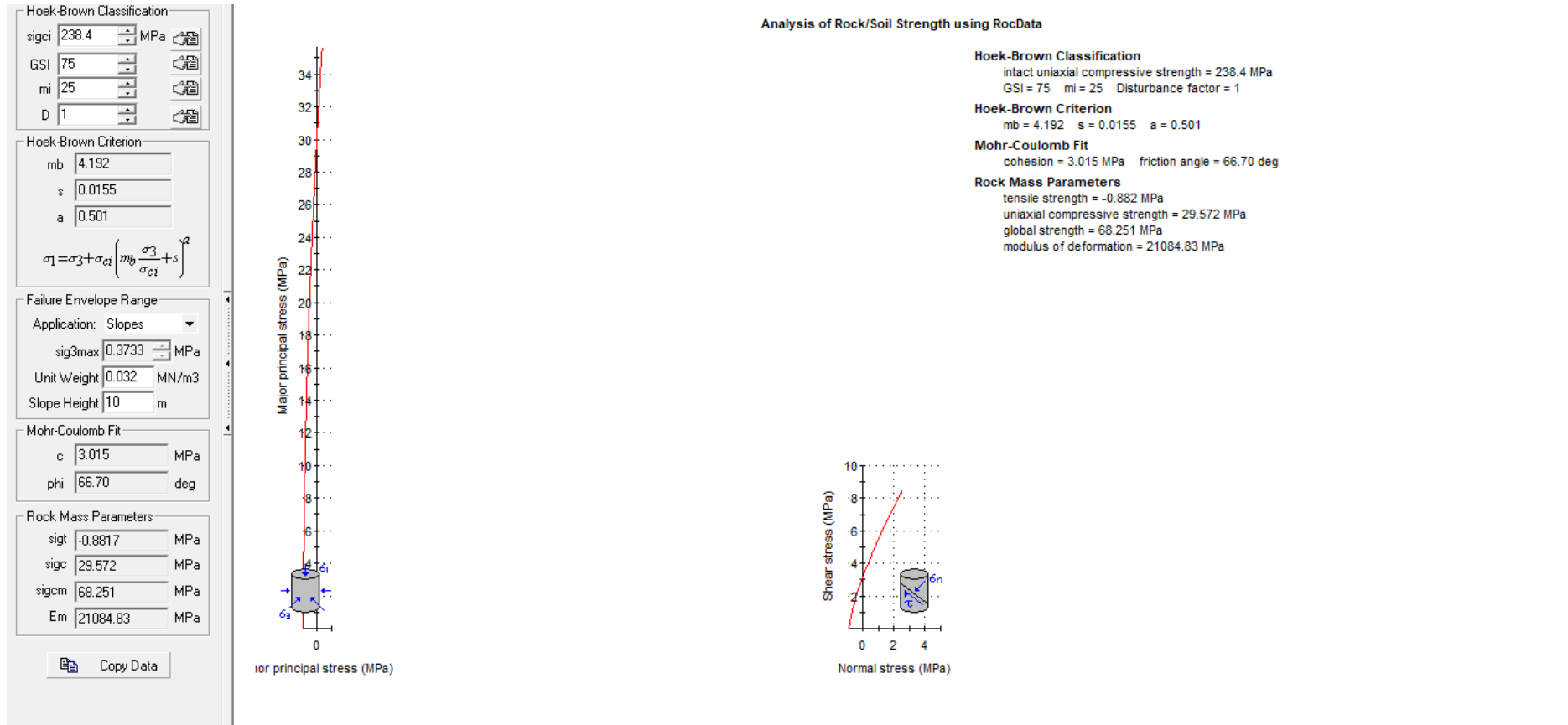


Figura 104: Desarrollo de la cohesión y ángulo de fricción - Estación 08. Fuente: Software Rock Data

Anexo 09: Diseño de las cuñas en el software Swedge

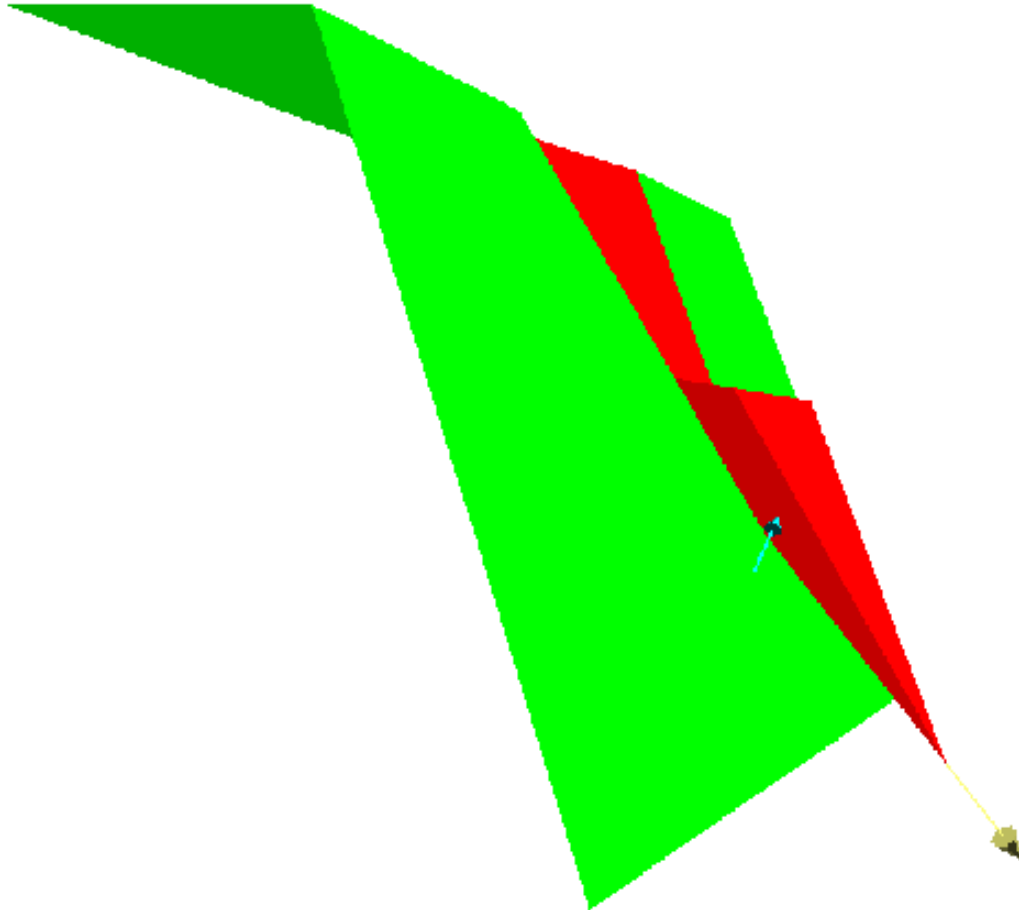


Figura 105: Diseño de la Cuña. Estación N° 01 Fuente: Software Swedge

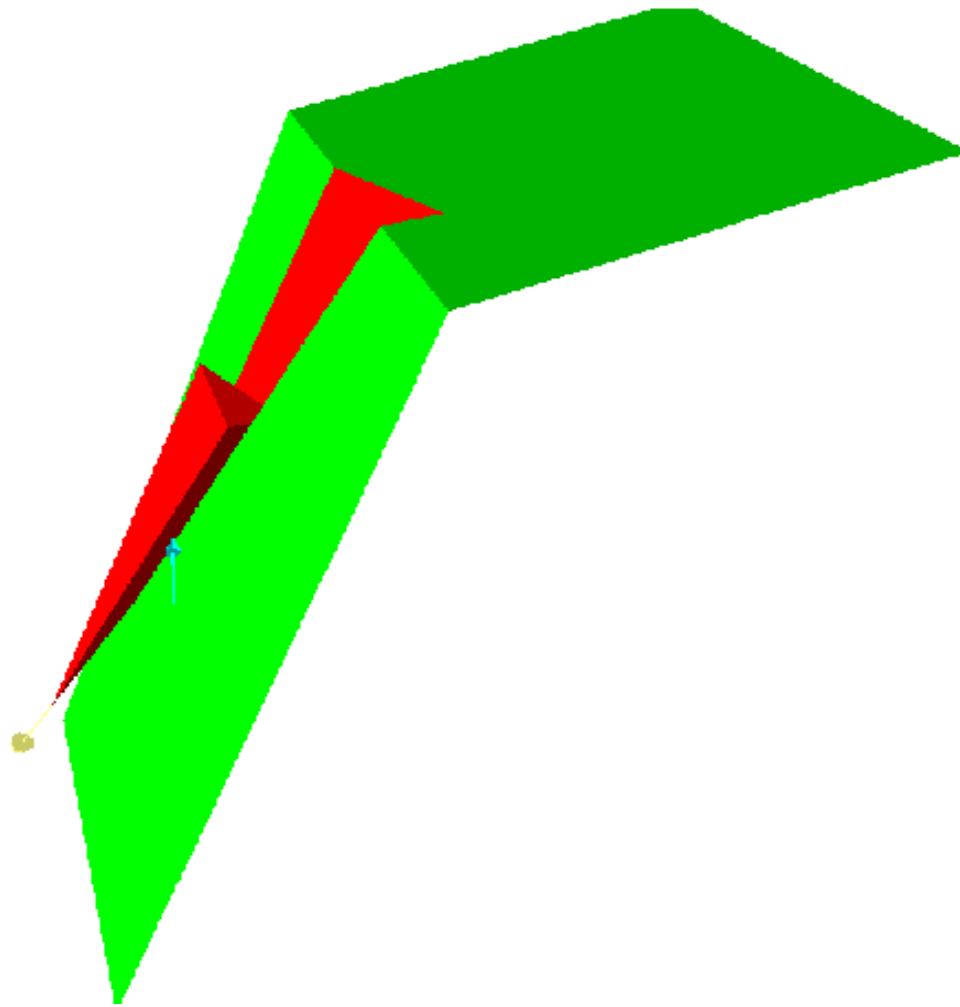


Figura 106: Diseño de la Cuña. Estación N° 02 Fuente: Software Swedge

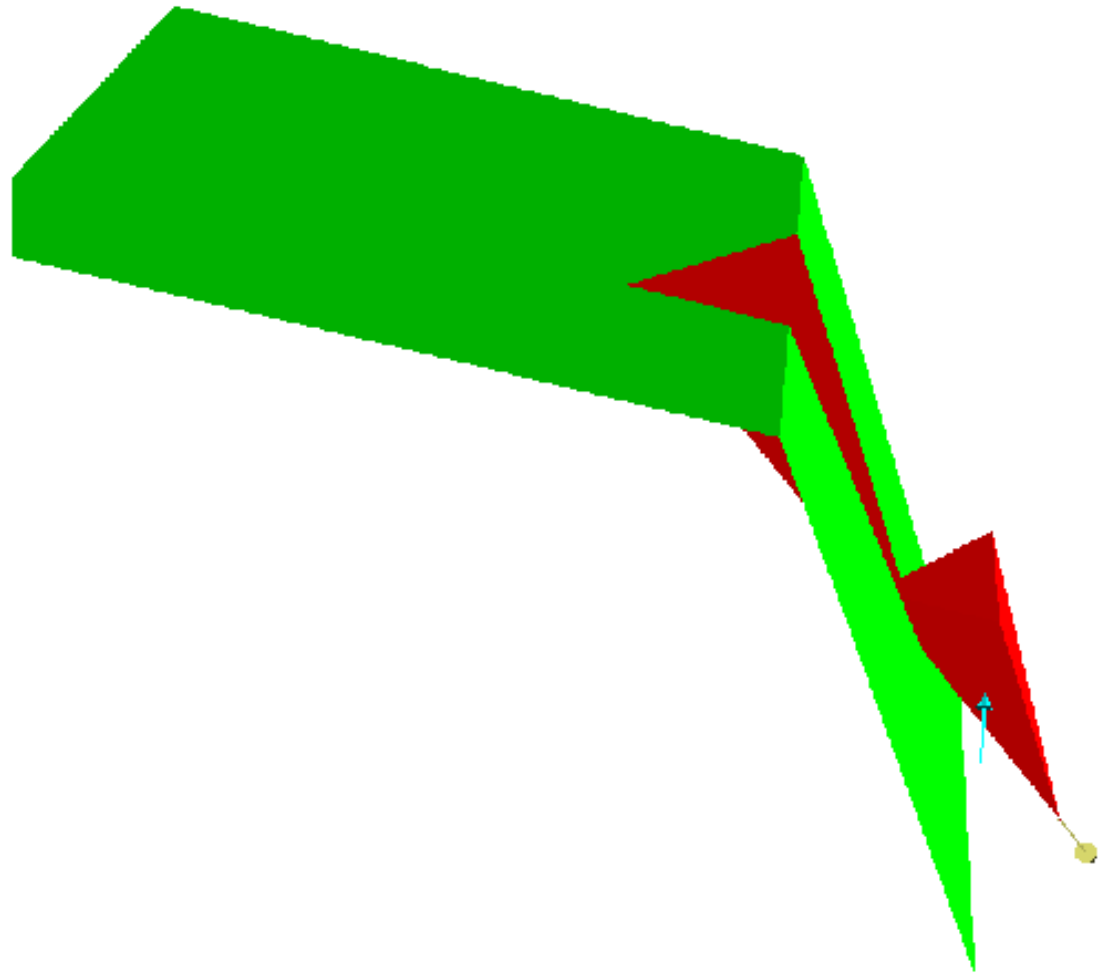


Figura 107: Diseño de la Cuña. Estación N° 03 Fuente: Software Swedge

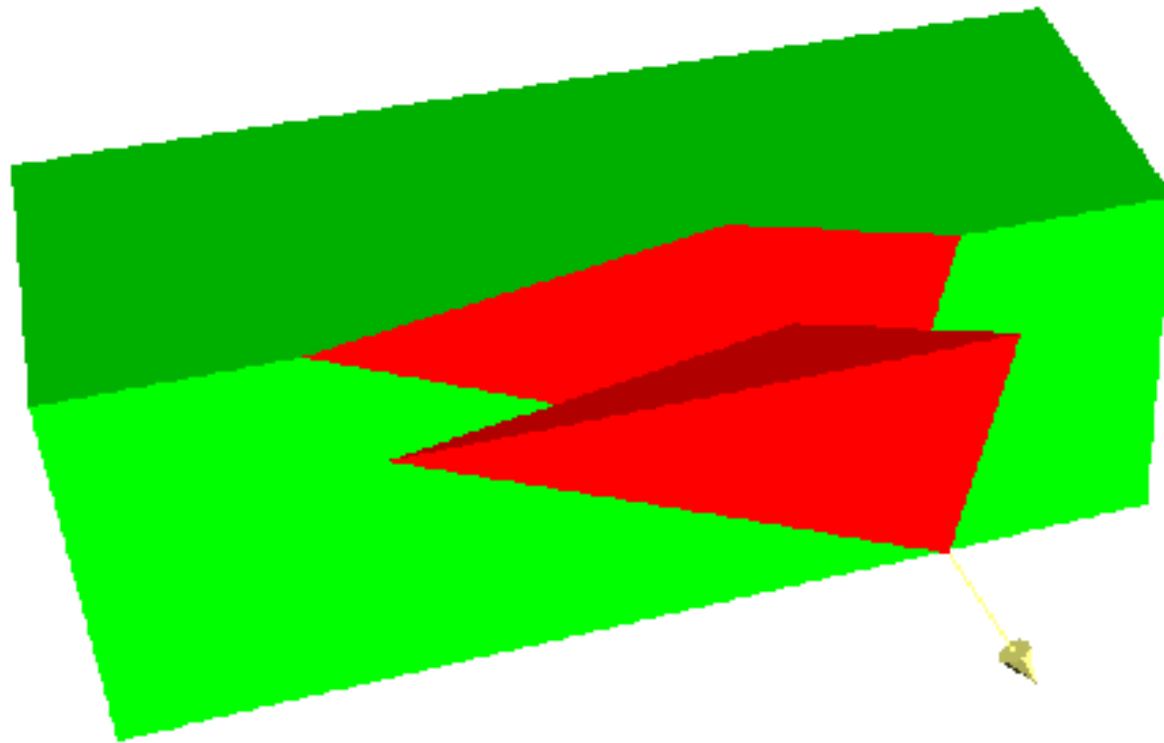


Figura 108: Diseño de la Cuña. Estación N° 04 Fuente: Software Swedge

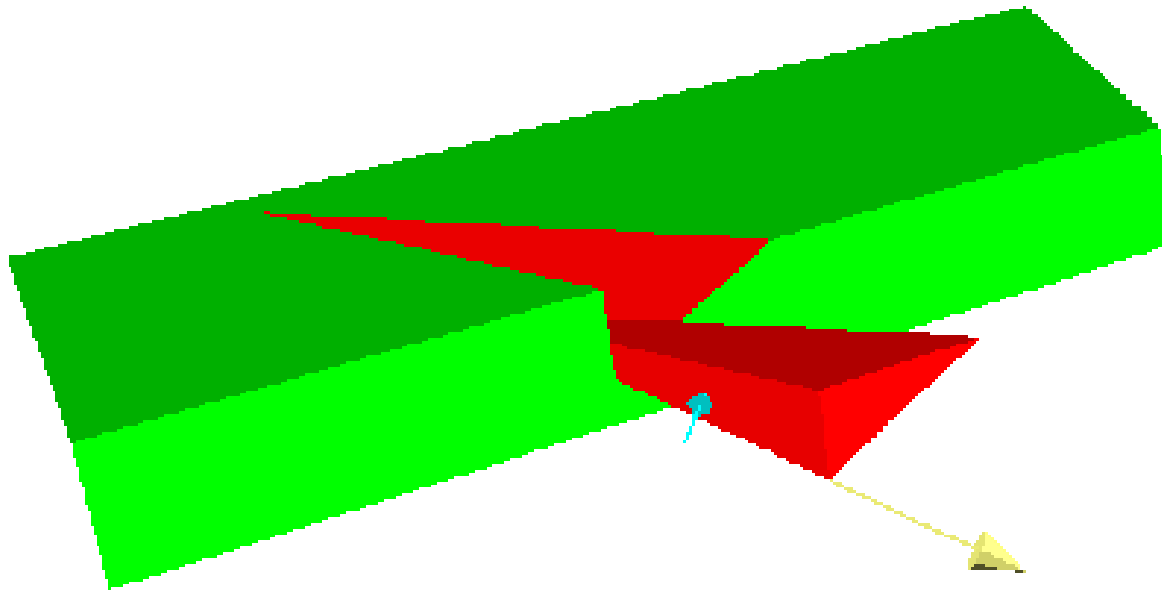


Figura 109: Diseño de la Cuña. Estación N° 05 Fuente: Software Swedge

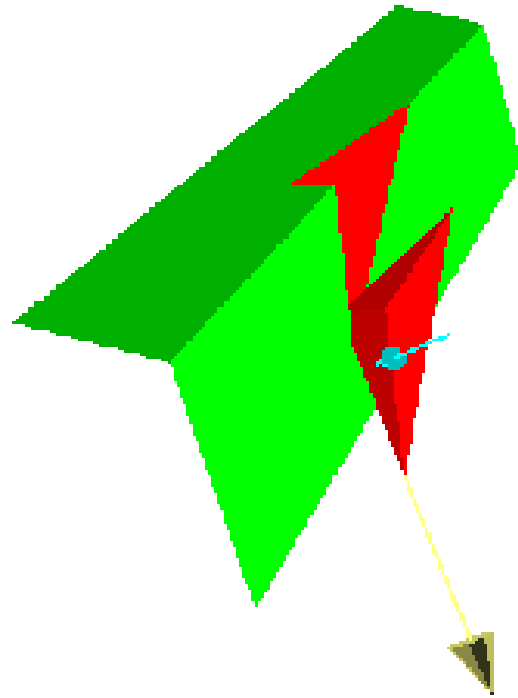


Figura 110: Diseño de la Cuña. Estación N° 06 Fuente: Software Swedge

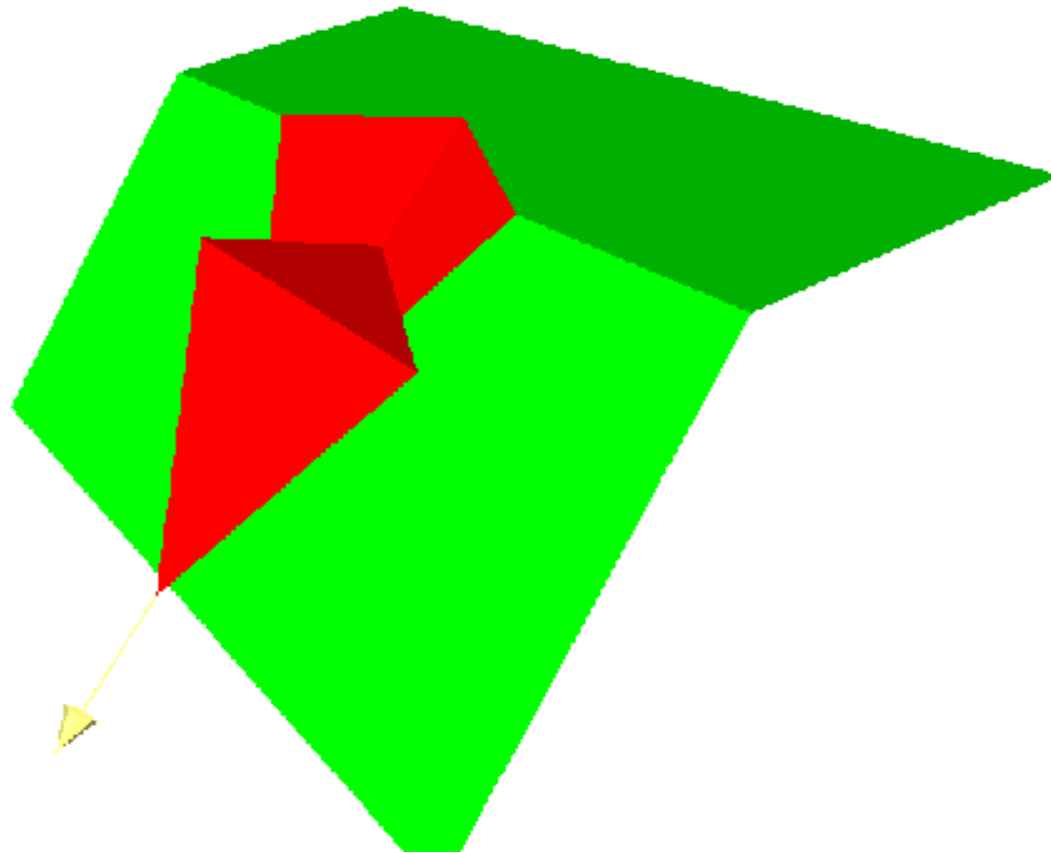


Figura 111: Diseño de la Cuña. Estación N° 06 Fuente: Software Swedge

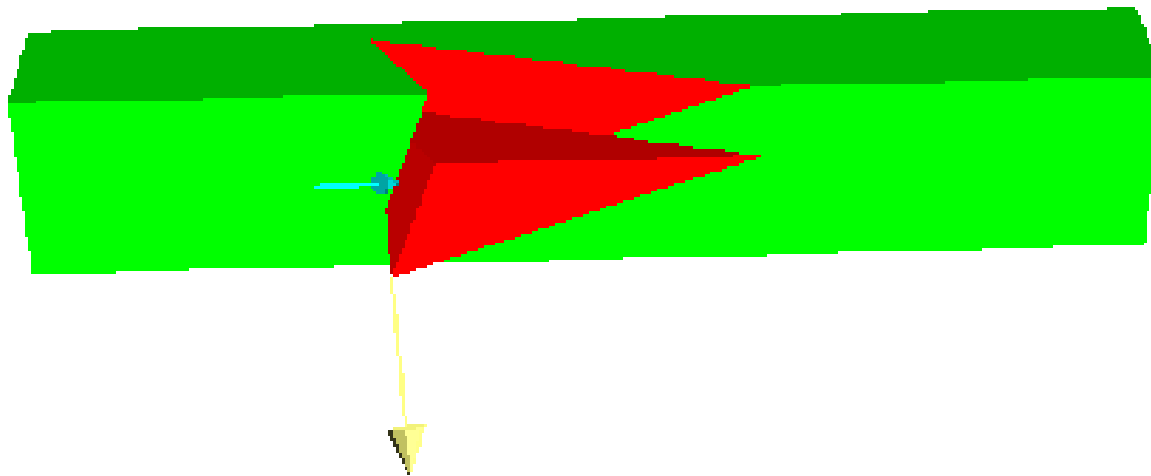



Figura 112: Diseño de la Cuña. Estación N° 08 Fuente: Software Swedge

ACTA DE APROBACIÓN DE TESIS


 UCV UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO	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

"DETERMINACIÓN DE ZONAS VULNERABLES PARA PREVENIR LA CAIDA DE ROCA EN LA CARRETERA CHICLAYO – SANTA CRUZ TRAMO PUENTE CUMBIL – CATAACHE TRAMO KM 04+000 AL KM 09+000", del (de la) estudiante **VASQUEZ TORRES, CRISTIAN ROGELIO** constato que la investigación tiene un índice de similitud de 7% 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
---------	----------------------------	--------	---	--------	-----------



**AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN DE
TESIS EN REPOSITORIO INSTITUCIONAL
UCV**

Código : F08-PP-PR-02.02
Versión : 07
Fecha : 31-03-2017
Página : 1 de 1

Yo VÁSQUEZ TORRES, CRISTIAN ROGELIO, identificado con DNI N° 73262929 egresada de la Escuela de Ingeniería de Minas, de la Universidad César Vallejo, autorizo (X), No autorizo () la divulgación y comunicación pública de mi trabajo de investigación titulado: DETERMINACIÓN DE ZONAS VULNERABLES PARA PREVENIR LA CAÍDA DE ROCA EN LA CARRETERA CHICLAYO – SANTA CRUZ TRAMO PUENTE CUMBIL – CATACHE KM 04+000 AL KM 09+000; 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: 73262929

FECHA: 4 de julio del 2018

Elaboró	Dirección de Investigación	Revisó	Representante de la Dirección / Vicerrectorado de Investigación y Calidad	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
EP DE INGENIERÍA DE MINAS

A LA VERSIÓN FINAL DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN QUE PRESENTA:

VÁSQUEZ TORRES CRISTIAN ROGELIO

INFORME TÍTULADO:

DETERMINACIÓN DE ZONAS VULNERABLES PARA PREVENIR LA CAÍDA DE
ROCA EN LA CARRETERA CHICLAYO-SANTA CRUZ TRAMO PUENTE CUMBIL-
CATACHE KM 04+000 AL KM 09+000

PARA OBTENER EL TÍTULO O GRADO DE:

INGENIERO DE MINAS

SUSTENTADO EN FECHA: 18/12/2018

NOTA O MENCIÓN: APROBADO POR UNANIMIDAD



FIRMA DEL ENCARGADO DE INVESTIGACIÓN