

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
CENTRO UNIVERSITARIO DEL NORTE
CARRERA DE INGENIERO GEÓLOGO**

TRABAJO DE GRADUACIÓN



**EVALUACIÓN GEOTÉCNICA DE MACIZOS ROCOSOS
UBICADOS SOBRE LA CARRETERA RN-5 QUE CONDUCE
HACIA LA ALDEA CHIACAM, DEL MUNICIPIO DE SAN PEDRO
CARCHÁ, ALTA VERAPAZ.**

ROCÍO DEL CARMEN SÁNCHEZ NARCISO

COBÁN, A.V., OCTUBRE DE 2017

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
CENTRO UNIVERSITARIO DEL NORTE
CARRERA DE INGENIERO GEÓLOGO**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

**EVALUACIÓN GEOTÉCNICA DE MACIZOS ROCOSOS
UBICADOS SOBRE LA CARRETERA RN-5 QUE CONDUCE
HACIA LA ALDEA CHIACAM, DEL MUNICIPIO DE SAN PEDRO
CARCHÁ, ALTA VERAPAZ.**

**PRESENTADO AL HONORABLE CONSEJO DIRECTIVO DEL
CENTRO UNIVERSITARIO DEL NORTE**

POR:

**ROCÍO DEL CARMEN SÁNCHEZ NARCISO
CARNÉ 200740105**

**COMO REQUISITO PREVIO A OPTAR AL TÍTULO DE
INGENIERA GEÓLOGA**

COBÁN, ALTA VERAPAZ, OCTUBRE DE 2017

AUTORIDADES UNIVERSITARIAS

RECTOR MAGNÍFICO

Dr. Carlos Guillermo Alvarado Cerezo.

CONSEJO DIRECTIVO

PRESIDENTE: Lic. Zoot. Erwin Gonzalo Eskenasy Morales

SECRETARIA: Lcda. T.S. Floricelda Chiquín Yoj

REPRESENTANTE DE DOCENTES: Ing. Geól. César Fernando Monterroso Rey

REPRESENTANTES ESTUDIANTILES : Br. Fredy Enrique Gereda Milián

PEM. César Oswaldo Bol Cú

COORDINADOR ACADÉMICO

Ing. Ind. Francisco David Ruíz Herrera

COORDINADOR DE LA CARRERA

Ing. Geól. Sergio Morán Ícal

COMISIÓN DE TRABAJOS DE GRADUACIÓN

COORDINADOR: Ing. Geól. Sergio Morán Ícal

SECRETARIA: Ing. Geól. Silvia Friné Cortez Bendfeldt

VOCAL: Ing. Geól. Luis Alfonso Laj Hun

REVISOR DE REDACCIÓN Y ESTILO

Ing. Química. Verónica Beatriz Juárez

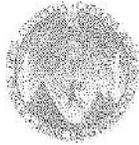
REVISOR TRABAJOS DE GRADUACIÓN

Ing. Geól. Luís Gustavo Chiquín Marroquín

ASESOR

Ing. Geól. *MSc.* Bernie Gamaliel Castillo Moeshler

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA



CENTRO UNIVERSITARIO
DEL NORTE (CUNOR)
CARRERA GEOLOGÍA
Código Postal 16001 – Cobán, Alta Verapaz
PBX: 79 566 600 Ext. 209
Guatemala, C. A.
e. c.: geologia@cunor.usac.edu.gt

Ref. 15-CG-256/2016
06 de septiembre de 2016

Señores
Comisión Trabajos de Graduación
Carrera Geología
CUNOR

Respetables Señores:

Por este medio informo a ustedes que he procedido a la **ASESORÍA** del informe final de Trabajo de Graduación de la T.U. **GEÓL. ROCÍO DEL CARMEN SÁNCHEZ NARCISO**, carné n.º 200740105, titulado: **"EVALUACIÓN GEOTÉCNICA DE MACIZOS ROCOSOS UBICADOS SOBRE LA CARRETERA RN-5 QUE CONDUCE HACIA LA ALDEA CHIACAM, DEL MUNICIPIO DE SAN PEDRO CARCHA, ALTA VERAPAZ"**, el cual considero llena los requisitos establecidos para su aprobación, por lo que someto a consideración de ustedes dicho informe.

Atentamente

"ID Y ENSEÑAD A TODOS"


Ing. M. Sc. Bernnie Gamaliel Castillo Moeschler
Docente Asesor
Carrera Geología, CUNOR



c.c. archivo

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA



**CENTRO UNIVERSITARIO
DEL NORTE (CUNOR)
CARRERA GEOLOGÍA**
Código Postal 16001 – Cobán, Alta Verapaz
PBX: 79 566 600 Ext. 209
Guatemala, C. A.
e. e.: geologiausac@univ.edu.gt

Ref. 15-CG-122/2017
25 de abril de 2017

Señores
Comisión Trabajos de Graduación
Carrera Geología
CUNOR

Respetables Señores:

Por este medio informo a ustedes que he procedido a la **REVISIÓN** del informe final de Trabajo de Graduación de la T.U. **GEÓL. ROCÍO DEL CARMEN SÁNCHEZ NARCISO**, carné n.º **200740105**, titulado: **"EVALUACIÓN GEOTÉCNICA DE MACIZOS ROCOSOS UBICADOS SOBRE LA CARRETERA RN-5 QUE CONDUCE HACIA LA ALDEA CHIACAM, DEL MUNICIPIO DE SAN PEDRO CARCHA, ALTA VERAPAZ"**, el cual considero llena los requisitos establecidos para su aprobación, por lo que someto a consideración de ustedes dicho informe.

Atentamente

"ID Y ENSEÑAD A TODOS"


Ing. Geól. Luis Gustavo Chiquín Marroquín
Docente Revisor
Carrera Geología
CUNOR - USAC



c.c. archivo

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA



**CENTRO UNIVERSITARIO
DEL NORTE (CUNOR)
CARRERA GEOLOGÍA**
Código Postal 16001 – Cobán, Alta Verapaz
PBX: 79 566 600 Ext. 209
Guatemala, C. A.
e. e.: geologia@unsc.edu.gt

Ref. 15-CG-266/2017
25 de septiembre de 2017

Señores
Comisión Trabajos de Graduación
Carrera Geología
CUNOR

Respetables Señores:

Por este medio remito el informe Final de Trabajo de Graduación a nivel de grado titulado: **“EVALUACIÓN GEOTÉCNICA DE MACIZOS ROCOSOS UBICADOS SOBRE LA CARRETERA RN-5 QUE CONDUCE HACIA LA ALDEA CHIACAM, DEL MUNICIPIO DE SAN PEDRO CARCHA, ALTA VERAPAZ”**, realizado por la T.U. GEÓL. ROCÍO DEL CARMEN SÁNCHEZ NARCISO, carné n.º 200740105, el cual ya fue revisado por la **COMISIÓN DE REDACCIÓN Y ESTILO** de la Carrera de Geología, quienes consideramos llena los requisitos establecidos para su aprobación.

Atentamente,

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”

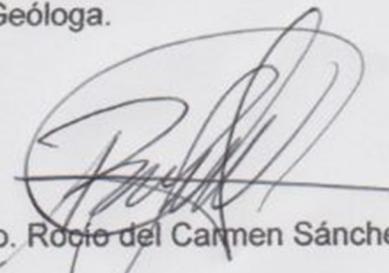
Ing. Química Verónica Beatriz Juárez Jiménez
Comisión Redacción y Estilo
Carrera Geología, CUNOR



c.c. archivo

HONORABLE COMITÉ EXAMINADOR

En cumplimiento a lo establecido por los estatutos de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a consideración de ustedes el trabajo de graduación titulado: **“Evaluación geotécnica de macizos rocosos ubicados sobre la carretera RN-5 que conduce hacia la aldea Chiacam, del municipio de San Pedro Carchá, Alta Verapaz”** como requisito previo a optar al título profesional de Ingeniera Geóloga.



T.U. Geo. Rocio del Carmen Sánchez Narciso

Carné 200740105

AGRADECIMIENTOS:

A Dios, por ser el eje de mi vida y darme luz en los momentos de oscuridad.

A mis padres, Rodolfo Sánchez Alvizures y Rosa María Narciso de Sánchez, por su ejemplo de responsabilidad y lucha, sacrificios, amor, apoyo incondicional, consejos, comprensión y enseñanzas brindadas para que nunca dejara de luchar y triunfara en la vida.

A mi esposo, Julio Adrián, por brindarme su apoyo, cariño y comprensión.

A mi hijo, Adrián Alejandro y mis sobrinas Maria Mildred y Natalia, por ser mi motivación y felicidad día día.

A mi hermano, Rafael, por darme el ejemplo de fortaleza, trabajo y humildad.

A mis amigos y todas aquellas personas que ocupan un lugar en mi vida y han sido muy importantes para mí, Isabel, Claudia, Martica, July, Jose, Itho, Regis, Ing. Geol. Cristian Caal, Ing. Geol. Francis Salguero, Ana Karen, Lina, tia Lesvi y tia Erica, gracias por el apoyo y cariño.

A la Universidad de San Carlos de Guatemala, especialmente al Centro Universitario del Norte, por permitirme la formación profesional.

A la carrera de Geología y cada uno de los catedráticos que la conforman, especialmente al Ing. Geol. Bernie Castillo, Inga. Geol. Silvia Cortez, Ing. Química Verónica Juárez.

A todos, muchas gracias,
Rocío Sánchez.

ÍNDICE GENERAL

LISTA DE ABREVIATURAS Y SIGLAS	vii
RESUMEN	ix
INTRODUCCIÓN	1

CAPÍTULO 1 MARCO TEÓRICO

1.1. Antecedentes	3
1.2. Justificación	3
1.3. Planteamiento del problema	4
1.4. Hipótesis	4
1.5. Variables	4
a. Dependientes	4
b. Independientes	5
1.6. Objetivos	5
1.6.1. General	5
1.6.2. Específicos	5
1.7. Límites y alcances de la investigación	6
1.8. Localización y accesos	6
1.9. Marco geológico regional	8
1.9.1. Lito - estratigrafía	9
a. Miembro dolomítico	10
b. Miembro de caliza superior	10
1.9.2. Geología estructural	12

CAPÍTULO 2 METODOLOGÍA

2.1. Generalidades	15
2.2. Marco metodológico	15
2.2.1. Caracterización geomecánica: Clasificación de <i>Bieniawski</i> o sistema <i>R.M.R.</i> (<i>Rock Mass Rating</i>)	15
2.2.2. Caracterización geomecánica: Clasificación de Romana o sistema <i>S.M.R.</i> (<i>Slope Mass Rating</i>) para taludes	20
2.2.3. Tipos de mecanismos de rotura	23
a) Rotura circular	24

b)	Rotura plana	25
c)	Rotura en cuña	27
d)	Rotura en vuelco	30
2.2.4.	Análisis de estabilidad para mecanismos de rotura en taludes	32
a)	Análisis de estabilidad para rotura plana	33
b)	Análisis de estabilidad para rotura en cuña	35
c)	Análisis de estabilidad para rotura en vuelco	38

CAPÍTULO 3

ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

3.1.	Resultados obtenidos	41
3.1.1.	Ubicación de estaciones	41
3.1.2.	Litología local	44
3.1.3.	Geología estructural	49
3.1.4.	Resistencia de la roca	51
3.1.5.	Caracterización geomecánica	52
a)	Clasificación <i>R.M.R.</i> para sub-estaciones	52
b)	Clasificación <i>R.M.R.</i> para estaciones	57
c)	Clasificación <i>S.M.R.</i> para sub-estaciones	58
d)	Clasificación <i>S.M.R.</i> para estaciones	61
3.1.6.	Ángulo de fricción	61
3.1.7.	Familias de juntas	62
3.1.8.	Mecanismos de rotura	68
3.1.9.	Análisis de estabilidad	78
3.2.	Discusión de resultados	88
3.2.1.	Resistencia de la matriz rocosa	88
3.2.2.	Caracterización geomecánica	88
a)	Clasificación de <i>Bieniawski</i> o sistema <i>R.M.R.</i>	88
b)	Clasificación de Romana o sistema <i>S.M.R.</i>	89
c)	Comparación entre la clasificación de <i>Bieniawski</i> y Romana	90
3.2.3.	Mecanismos de rotura	91
CONCLUSIONES		97
General		97
Específicas		97
RECOMENDACIONES		99
BIBLIOGRAFÍA		99

ANEXO I, INFORME DE LABORATORIO DE RESISTENCIA A
COMPRESION SIMPLE

ANEXO II, FORMATO *R.M.R.* BASICO DE CAMPO

ANEXO III, DATOS ESTRUCTURALES Y ROTURAS

ÍNDICE DE TABLAS

1	Vértices del área de estudio	6
2	Coordenadas UTM de los taludes en estudio	7
3	Parámetros de clasificación de <i>Bieniawski</i>	17
4	Rango <i>R.M.R.</i> para obras de tipo talud	18
5	Corrección según orientación para taludes	19
6	Calidad del macizo rocoso con relación al índice <i>R.M.R.</i>	20
7	Factores de ajuste para la orientación de las juntas	22
8	Factor de ajuste por el método de excavación	23
9	Clases de estabilidad según la calidad geotécnica	23
10	Ubicación de estaciones y sub-estaciones	43
11	Resultados para la resistencia de la roca	52
12	Determinación de <i>R.M.R.</i> sub-estación 1, estación 1	53
13	Resultados obtenidos de <i>R.M.R.</i> básico para las sub-estaciones	55
14	Resultados obtenidos de la calidad geotécnica de las sub-estaciones	56
15	<i>R.M.R.</i> para la estación 1	57
16	Calidad geotécnica e índice <i>R.M.R.</i> para estaciones	57
17	Datos utilizados para <i>S.M.R.</i>	59
18	Valores <i>S.M.R.</i> para sub-estaciones	60
19	Valores <i>S.M.R.</i> para cada estación	61
20	Ángulo de fricción para la caliza	62
21	Principales familias de juntas que afectan las sub-estaciones	64
22	Principales familias de juntas que afectan a las estaciones	67
23	Mecanismos de rotura para cada una de las sub-estaciones	73
24	Roturas en macizos globales para cada estación	78
25	Roturas probables en sub-estaciones	79
26	Factor de seguridad para las distintas roturas	86
27	Resistencia de la matriz rocosa	87

ÍNDICE DE FIGURAS

1	Accesos al área de estudio	7
---	----------------------------	---

2	Columna estratigráfica regional	12
3	Rasgos tectónicos regionales	13
4	Rotura circular en macizos rocosos	25
5	Rotura plana en macizos rocosos	26
6	Condiciones de rotura plana	27
7	Rotura en cuña para macizos rocosos	28
8	Condiciones para rotura en cuña	29
9	Rotura en vuelco para macizos rocosos	30
10	Condiciones para mecanismo en cuña	31
11	Representación del cono de fricción	34
12	Análisis de estabilidad para rotura en cuña	36
13	Diagrama estereográfico para rotura en cuña	38
14	Fuerzas para bloques en condiciones de vuelco	39
15	Diagrama de rosa que muestra las principales direcciones de las juntas	49
16	Diagrama de polo, orientación principal de las juntas	50
17	Diagrama que muestra las direcciones principales	51
18	Diagrama de polos sub-estación P1, estación 1	63
19	Principales familias de juntas que afectan la sub-estación P1, estación 1	64
20	Diagrama de polos correspondiente a la estación 1	66
21	Principales familias de juntas, estación 1	67
22	Determinación de rotura plana	70
23	Determinación de rotura en cuña	71
24	Determinación de rotura por vuelco	72
25	Rotura plana en macizo rocoso escala global, estación 1	75
26	Rotura en cuña macizo rocoso global, estación 1	76
27	Rotura por vuelco macizo global, estación 1	77
28	Rotura plana sub-estación 5, estación 1	80
29	Rotura en cuña sub-estación 5, estación 2	81
30	Rotura plana sub-estación 7, estación 2	82
31	Rotura plana sub-estación 1, estación 3	83
32	Rotura en cuña sub-estación 6, estación 3	83
33	Rotura en cuña sub-estación 8, estación 3	84
34	Rotura plana sub-estación 4, estación 5	85
35	Rotura plana sub-estación 1, estación 6	86

ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS

1	Vista general de roca caliza ubicada en la zona de estudio	46
2	Vista general roca caliza coloración gris clara	47

3	Vista general de roca afectada por disolución kárstica	48
4	Vista general sub-estación 1, estación 1, calidad geotécnica media	54

ÍNDICE DE MAPAS

1	Ubicación del área de estudio	8
2	Ubicación de estaciones y sub-estaciones	42
3	Estaciones totales	44
4	Distribución de la calidad geotécnica de los macizos rocosos, sistema <i>R.M.R.</i>	89
5	Calidad geotécnica de los macizos rocosos según sistema <i>S.M.R.</i>	91
6	Disposición de los mecanismos de rotura	93
7	Disposición de los mecanismos de rotura y calidad geotécnica de los macizos rocosos del área según el sistema <i>R.M.R.</i>	94
8	Disposición de los mecanismos de rotura y calidad geotécnica de los macizos rocosos del área según el sistema <i>S.M.R.</i>	95
9	Mapa geológico – geotécnico del área de estudio	96

LISTA DE ABREVIATURAS Y SIGLAS

A. V.	Alta Verapaz
CUNOR	Centro Universitario del Norte
Est.	Estación
F.M.R.	<i>Slope Mass Rating</i>
Km	Kilómetros
R.M.R.	<i>Rock Mass Rating</i>
RN-05	Ruta Norte 05
USAC	Universidad de San Carlos de Guatemala
R.Q.D.	<i>Rock Quality Designation</i>
S.M.R.	<i>Slope Mass Rating</i>

RESUMEN

El trabajo determinó la calidad geotécnica de los macizos rocosos ubicados sobre un tramo de la carretera RN – 5, además se evaluó la estabilidad de los mismos con base a un análisis cinemático y a la determinación de mecanismos de rotura, basándose en las familias de juntas correspondientes a cada talud. La calidad geotécnica se determinó en base a los sistemas *R.M.R.* y *S.M.R.*; al obtener los resultados se proponen algunas medidas de corrección o protección para los taludes.

En el tramo carretero evaluado, aflora roca caliza de coloración grisácea con zonas de tonalidad rojiza debido a la presencia de óxidos, se identificaron 3 tipos de calizas, calizas I, calizas II y calizas III, divididas por sus cualidades litológicas. En algunos macizos rocosos se observa la presencia de material arcilloso de color rojizo.

En estos macizos rocosos se observaron varios patrones de fracturas o familias de juntas definidas, las cuales muestran dos direcciones preferenciales, siendo la primera hacia el *N – S* y la segunda hacia el *E – W*, siendo la primera la que domina en el tramo carretero.

Con base a los parámetros utilizados para la determinación de la calidad geotécnica de cada uno de los macizos rocosos y con el sistema *R.M.R.*, se definió que predomina la categoría III, roca de calidad media. Al realizar el mismo análisis según el sistema *S.M.R.* los resultados fueron similares.



Al contrastar entre ambos sistemas, *R.M.R.* y *S.M.R.* se identificó que ambas dan como resultado una calidad geotécnica de clase III, por lo que la roca caliza que aflora en el lugar es de calidad media o normal, con una resistencia media entre 41 MPa y 51,90 MPa.

Con el uso de diagramas estereográficos se determinaron los mecanismos de rotura que afectan a los macizos rocosos, estableciendo que la mayoría no presenta formación de roturas totalmente inestables, en menor porcentaje, presentan la formación de mecanismos de rotura planar de alta inestabilidad.

Para evitar la caída de rocas en los macizos rocosos consistentes (mapa 8) del área de estudio, se recomienda la utilización de mallado o malla de gallinero con refuerzo de anclaje sobre la superficie del talud y estructuras de contención al pie del talud; además de la implementación de sistemas de drenaje para reducir los efectos erosivos, ya que son medidas de corrección adecuadas para el tipo de litología y el tipo de rotura, a la vez reforzarían los taludes del área y con ello se lograra evitar que los bloques obstaculicen la carretera.

En el caso de los macizos rocosos inconsistentes (mapa 8) se sugiere la corrección del talud, recubrimiento con vegetación o muros de árboles con capacidad de rebrote (pinos, bambú o ciprés) o sistemas de drenaje sobre el talud (drenajes horizontales de pequeño diámetro, zanjas de subdrenaje.)



INTRODUCCIÓN

En la actualidad se han desarrollado proyectos en donde es importante considerar aspectos geológicos y geotécnicos, ya que es necesario conocer la naturaleza del material que se encuentra dentro y en los alrededores de los mismos, con la finalidad de prevenir riesgos que se pueden generar debido a la inestabilidad del terreno, y así evitar o mitigar acontecimientos futuros que afecten el proyecto y a las personas que laboran en él, en este caso, sobre la carretera RN – 5, km 223,5, desviándonos a la derecha, sobre el camino de terracería que conduce a la aldea Chiacam, del municipio de San Pedro Carchá, A.V.

Para la definición de la calidad geotécnica de los macizos rocosos ubicados en el sector, se emplearon dos sistemas de clasificación: la primera y más reconocida, la clasificación de *Bieniawski* o sistema *R.M.R.* y la otra clasificación que ha sido empleada para taludes, la cual fue propuesta por Romana o sistema *S.M.R.* Al concluir la clasificación geotécnica, también se determinaron mecanismos de rotura definiendo su estabilidad, para determinar en qué medida se encuentran afectados los macizos rocosos del lugar.

CAPITULO 1 MARCO TEÓRICO

1.1. Antecedentes

En los alrededores del municipio de San Pedro Carchá, Alta Verapaz, no se han realizado estudios similares, sin embargo en otros lugares de Guatemala se tienen:

- a) “Estudio Geotécnico de Macizos rocosos ubicados sobre la carretera AV- 29, San Antonio Senahu, A.V.” (Cristian Desiderio Caal Caal). Carrera de Geología. Centro Universitario del Norte, CUNOR, Universidad San Carlos de Guatemala. 2014.
- b) “Estudio de Geología aplicada para el tramo carretero Modesto Méndez - Raxhujá, Franja transversal del Norte”. (Jorge Romero, 2010).
- c) “Geotecnia preliminar para el trazo de la carretera Río San Ramón - Frontera a México. (Alberto René Galicia Taracena, Carrera de Geologia, 1995).
- d) “Consideraciones geológico- geotécnicas para el diseño de taludes en macizos rocosos” (Allan Geovani Cosillo Pinto, Ingeniería Civil, 1999)

1.2. Justificación

En el área de estudio actualmente se ve maquinaria pesada para abrir la brecha de un tramo carretero, con fin de facilitar el acceso a las aldeas aledañas y mejorar la economía de los pobladores, es por esto, que se deben considerar las características geotécnicas del talud, que puedan afectar las vías de acceso y provocar accidentes a los que transitan por el área.

La realización del estudio geotécnico, es importante para la realización de la carretera de la aldea Chiacam y de los COCODES, para considerar los parámetros y propiedades geomecánicas de los macizos rocosos necesarios, principalmente en toma de decisiones de las medidas de mitigación que se podrían utilizar en los cortes realizados, además de la aldea Chiacam, pueden beneficiarse la aldea Chicaniby la aldea Chirrequim, finca Secuyou y finca Sejabal.

1.3. Planteamiento del problema

¿Cuál es la calidad geotécnica que presentan los macizos rocosos ubicados sobre la carretera RN-5 que conduce hacia la aldea Chiacam, según la clasificación *R.M.R.*?

1.4. Hipótesis

Los macizos rocosos ubicados sobre la carretera que conduce hacia la aldea Chiacam presentan una calidad geotécnica media debido a que se encuentran afectados por fracturamientos y fallas.

1.5. Variables

Las variables se dividen en dos grupos, ellas son:

- a) **Dependientes:** Índice de calidad geotécnica de cada uno de los macizos rocosos, según las discontinuidades y características que estas presentan.
- b) **Independientes:** Las características que presenten las discontinuidades (fallas, fracturas, contactos litológicos, etc.) entre ellas la clasificación de Bieniawski: resistencia a la comprensión simple, espaciado entre discontinuidades y la continuidad de éstas según el rumbo y buzamiento que presenten, rugosidad de las paredes, dureza de las caras, relleno entre discontinuidades, presencia de agua en el macizo rocoso y orientación de las mismas.

1.6. Objetivos

1.6.1 General

Analizar los macizos rocosos ubicados sobre la carretera RN-5, que conduce hacia la aldea Chiacam, con una longitud de 4 km a escala 1:5 000, con base a la clasificación de *Bieniawski* y estudio de estereofalsillas.

1.5.2 Específicos

- a) Definir las características litológicas y parámetros geomecánicos de los diferentes macizos rocosos, en las estaciones de estudio.
- b) Clasificar los macizos rocosos del tramo de carretera en estudio con base a sus propiedades, por medio del método de *Bieniawski* y estereofalsillas.

- c) Proponer medidas correctivas de estabilización de macizos rocosos de acuerdo a los resultados obtenidos del sistema *R.M.R.*

1.7. Límites y alcances de la investigación

Límites: El área de estudio tuvo un límite espacial de 4 km² y un límite temporal de 11 meses, se dio inicio el 1 de octubre de 2015 y concluyó el 31 de agosto de 2016.

Alcances: Los resultados del trabajo.

- 1.8. **Localización y accesos:** La aldea Chiacam, forma parte del municipio de San Pedro Carchá del departamento de Alta Verapaz, al norte de la cabecera departamental, a una distancia de 236 km de la ciudad capital, figura 1.

El área de estudio se encuentra ubicada en la hoja topográfica del Instituto Geográfico Nacional IGN de 1996 “Campur 2162 I”, a escala 1: 50 000 en el sistema de coordenadas *UTM NAD 27*, Edición 2- NIMA y número de serie E754, las coordenadas con ubicación geográfica, se muestran en el cuadro 1 y se encuentran representadas en el mapa 1, abarca un área de 4 km².

TABLA 1
VERTICES DEL ÁREA DE ESTUDIO

VÉRTICE	X	Y	PROYECCIÓN
1	809000	1722000	NAD 27 UTM ZONA 15 NORTE
2	811000	1722000	
3	811000	172000	
4	809000	172000	

Fuente: Investigación de campo 2017.

En el cuadro 2 se observan las coordenadas de los 7 taludes que fueron estudiados, los cuales se dividieron en segmentos con el fin de realizar una mejor interpretación de los datos, basados en sus propiedades geomecánicas.

TABLA 2
COORDENAS UTM DE LOS TALUDES EN ESTUDIO

VÉRTICE	X	Y	PROYECCIÓN
T1	810544	1720989	NAD 27 UTM ZONA 15 NORTE
T2	810473	1720876	
T3	810343	1720889	
T4	810234	1721033	
T5	810216	1721069	
T6	810158	1721226	
T7	810097	1721240	

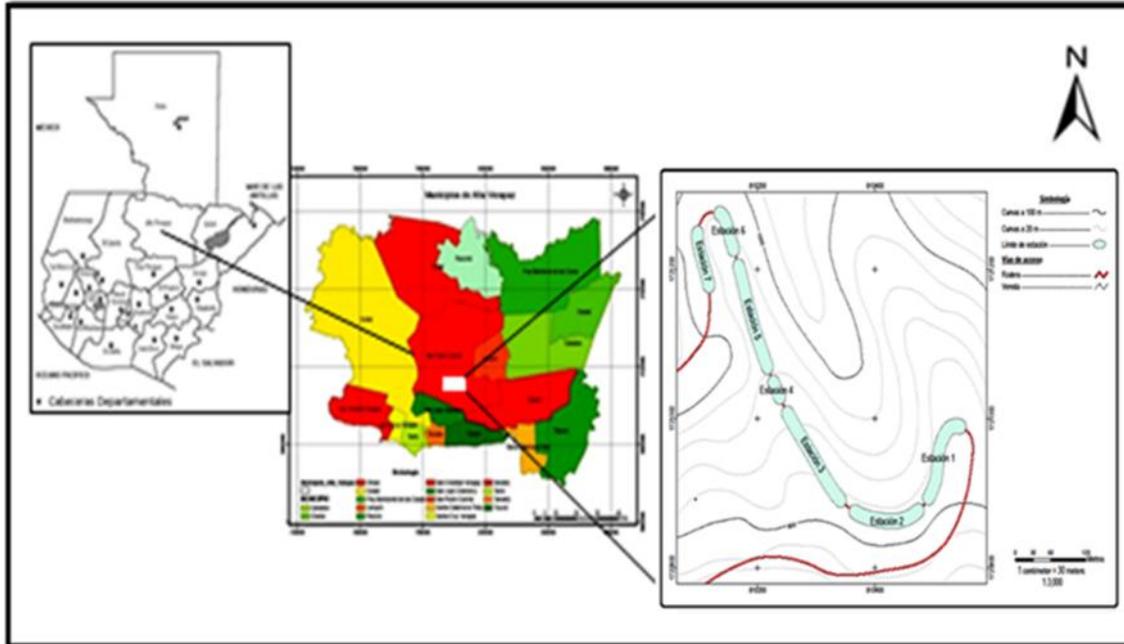
Fuente: Investigación de campo 2017.

FIGURA 1
ACCESOS A ÁREA DE ESTUDIO



Fuente: Investigación de campo 2017

MAPA 1 UBICACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO



Fuente: Investigación de campo 2017.

1.9. Marco geológico regional

Según el documento traducido por Mauricio Chiquín.¹ Los Bloques Maya y Chortí, Centro América Norte; El Bloque Maya tiene un basamento metamórfico bien expuesto a lo largo de su margen sur, sin embargo, solo se puede conjeturar la historia del pre- Paleozoico tardío.

La historia desde el Pensilvánico al Cenozoico incluye una gruesa sedimentación marina en una fosa del Paleozoico tardío (Formación Chochal); sedimentación continental durante el Jurásico y probablemente Cretácico Temprano (Formación Todos Santos) , deposición de una cuenca carbonática gruesa, limitada por arrecifes, con extensas

¹ Mauricio Chiquín Yoj. *Léxico Estratigráfico Preliminar de Guatemala Norte y Centro*. Traducción Libre. 2000. Carrera de Geología. Universidad de San Carlos de Guatemala, Centro Universitario del Norte. Cobán, Alta Verapaz, Guatemala. pag.1

² *Ibíd.* pag. 16.

evaporitas durante el cretácico Temprano (Formación Cobán) , deposición de caliza de plataforma durante el Cretácico Tardío (Formación Campur); deformación y sedimentación clástica gruesa acompañante a lo largo del borde sur durante un evento de sutura del Cretácico Tardío y Terciario temprano.

1.9.1 Lito - estratigrafía

El área de estudio está compuesta por la Formación Cobán, descrita por Sapper (1899) con una edad Mesozoica del período Cretácico (Aptiano- Santoniano), su localidad tipo se encuentra en la cantera sobre la carretera Cobán - Carchá, en el puente sobre el río Cahabón, al oeste de la ciudad de Cobán.²

La Formación Cobán fue designada por Vinson (1962) como la exposición tipo (90 o 20' Longitud oeste; 15 o 27' Latitud norte). En esta área, la Cobán cubre disconformemente la Formación Todos Santos del Neocomaniano al Turoniano. Él sugiere que la parte evaporítica de la unidad esta probablemente restringida al Cretácico Inferior.

Se encuentra compuesta de calizas, dolomitas y capas frecuentes de brecha de caliza y dolomita. La estratificación es generalmente masiva pero la presencia de una zona de estratos delgados de calizas argilíticas permitio separar la secuencia en una unidad inferior (Ixcoy) y una superior (Cobán). En la sección Chixoy de *Walper* la parte inferior está compuesta de 845 m de

calizas dolomíticas y dolomitas de estratos masivos gris oscuro a negro que emiten un fuerte olor bituminoso al ser quebrados.³

Localmente son abundantes los miliólidos. Esta sección está sobrayacida por una zona de caliza y dolomita argilítica dura de estratos delgados que están intercaladas con caliza dolomítica y dolomita masiva sacaroidal. Estas dos zonas juntas miden 1 165 m y han sido llamadas Ixcoy.

La secuencia suprayacente, llamada Cobán, consiste en 525 m de dolomita gris oscura, caliza dolomítica, caliza y unas pocas capas de brecha. La unidad superior contiene una zona faunal con abundantes miliólidos en una asociación faunal Nummoloculina. Esta formación está dividida en dos grandes miembros:

- a) **Miembro dolomítico inferior:** dolomitas oscuras y cristalinas, calizas dolomíticas con contenidos de miliólidos.
- b) **Miembro de caliza superior:** compuesta de lodolita *wackestone* o *pakwstone*, con algunas listas de dolomitas y brechas, entre sus fósiles tenemos los rudistas y foraminíferos, *pseudorhapydiodina* sp., *Dycilinaschulmbergeri*, *Valvulamminapicardi*. Su ambiente pertenece a la plataforma carbonatada interna. Entre sus fósiles se tienen los Miliólidos, probablemente *Quinqueloculina*, pequeños textuláridos, (*Spiroplectammina*), pequeños *Haplopharagmoides*, *Pseudocyclamminas*, u otros lituólidos sin espiral, Ostrácodos ,

³ Mauricio Chiquín Yoj. *Léxico Estratigráfico Preliminar de Guatemala Norte y Centro*. Traducción Libre. 2000. Carrera de Geología. Universidad de San Carlos de Guatemala, Centro Universitario del Norte. Cobán, Alta Verapaz, Guatemala. pag.18

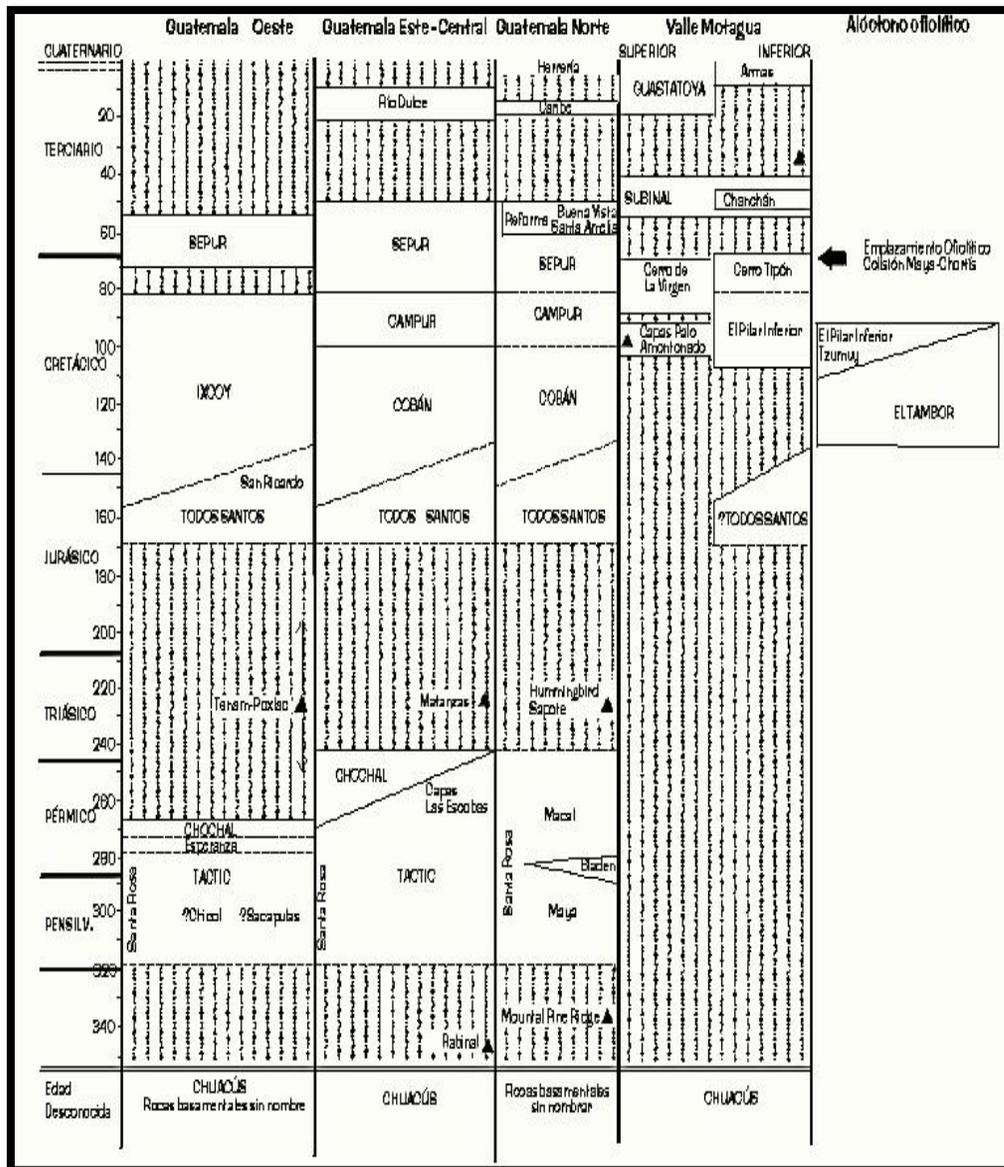
pequeños gasterópodos, pequeñas algas y fragmentos de conchas.

Las capas de dolomita y anhidrita presentan excelente continuidad, mientras que grandes diferencias de presión entre reservorios adyacentes superpuestos indican que las anhidritas son excelentes sellos. Microfósiles encontrados en las calizas dolomíticas de la Cobán "C" incluyen *Glomospira sp.* y *Nummoloculina hemi* que indican una edad Albiano - Cenomaniano.⁴

El contacto de la Formación Cobán con la Formación Campur es concordante, y discordante en su parte inferior con la Formación Todos Santos, como lo muestra la figura 2.

⁴ Mauricio Chiquín Yoj. *Léxico Estratigráfico Preliminar de Guatemala Norte y Centro*. Traducción Libre. 2000. Carrera de Geología. Universidad de San Carlos de Guatemala, Centro Universitario del Norte. Cobán, Alta Verapaz, Guatemala. pag.24

FIGURA 2
COLUMNA ESTRATIGRAFICA REGIONAL



Fuente: Thomas Donnelly, *et al.* Bloque Maya y Chorti en el Norte de América Central.

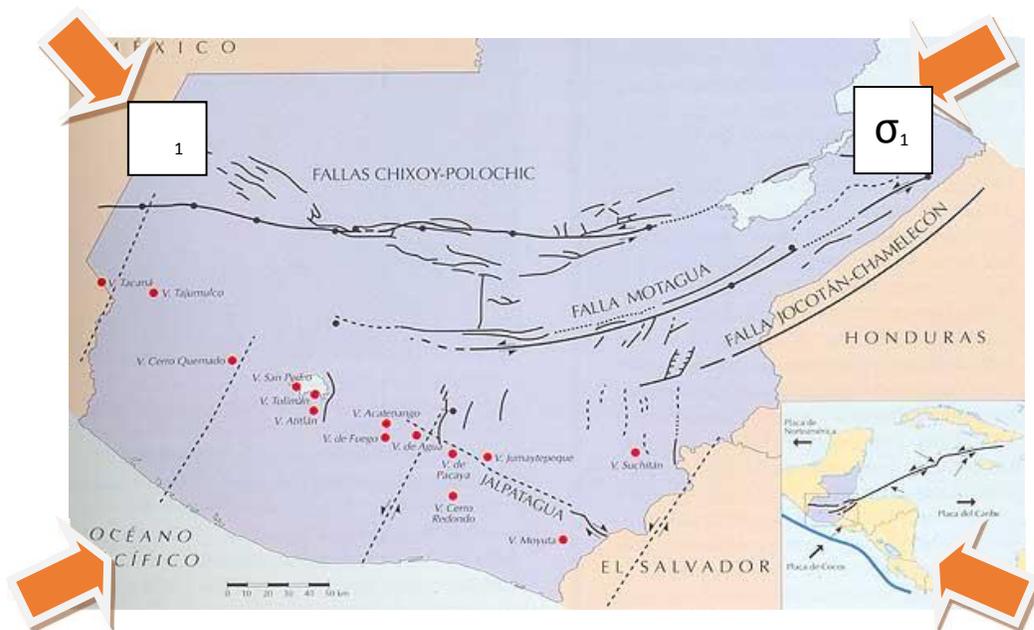
1.9.2 Geología estructural

La tectónica de Guatemala es el resultado de la interacción de tres placas importantes: la placa de Norteamérica que es continental y de la cual es parte el Bloque Maya; la de Cocos que

es oceánica y la del Caribe que es continental y a la cual corresponde el Bloque Chortís.⁵

La tectónica global da como resultado dos tipos de límite entre dichas placas: la zona de subducción al sur, la que se asocia a un límite destructivo entre las placas del Caribe y Cocos. El otro límite es transformante entre la placa de Norteamérica y la del Caribe, el movimiento es sinistral, el cual da origen a la Zona de Sutura del Motagua limita a los Bloques Chortís y Maya.

FIGURA 3
RASGOS TECTÓNICOS REGIONALES



Fuente: http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_6955.pdf. fecha de visita: 18/09/ 2015

⁵ Marco Guzmán. *Aspectos simotectónicos del bloque Chortis y el Sureste de México*. Universidad Nacional Autónoma de México. Juriquilla, Querétaro. México. 2007., pag. 9

CAPITULO 2 METODOLOGÍA

2.1. Generalidades

Para el estudio realizado, se utilizó dos tipos de métodos, de manera general, siendo estos:

- a) **Cualitativo:** ya que se describen aspectos observables de la roca, como lo es coloración, meteorización entre otros.

- b) **Cuantitativo:** ya que se realizó una caracterización geomecánica de los distintos macizos rocosos ubicados sobre el tramo carretero, dentro de este método se tomó parámetros propios de cada macizo y se le otorgó un valor según la clasificación de Bieniawski.

A continuación, se presenta de forma detallada la metodología utilizada en el estudio mencionado.

2.2. Marco metodológico

2.2.1. Caracterización geomecánica: Clasificación de Bieniawski o sistema R.M.R. (Rock Mass Rating)

Para la caracterización geomecánica se empleó la clasificación de *Bieniawski* o sistema *R.M.R. (Rock Mass Rating)*, este sistema indica la calidad del macizo rocoso en cada dominio estructural.

Los parámetros que se utilizan en esta metodología, son geomecánicos, hidrológicos y físicos, siendo los siguientes:⁶

- a) Resistencia a la comprensión simple de la roca intacta, es decir de la parte de la roca que no presenta discontinuidades estructurales.
- b) *R.Q.D.* este parámetro se considera de gran interés, ya que sirve para seleccionar el revestimiento de los taludes.
- c) Espaciado de las diaclasas o discontinuidades, que es la distancia medida entre los planos de discontinuidades de cada familia.
- d) Naturaleza de las diaclasas, el cual consiste en considerar los siguientes parámetros:
 - 1. Apertura de las caras de las discontinuidades.
 - 2. Continuidad de las diaclasas o discontinuidad según su rumbo y buzamiento.
 - 3. Rugosidad.
 - 4. Dureza de las caras de la discontinuidad.
 - 5. Relleno de las juntas.
- e) Presencia del agua, en un macizo rocoso diaclasado, el agua tiene gran influencia sobre su comportamiento, la descripción deberá de indicar si se encuentra completamente seco, húmedo, agua a presión moderada y agua a presión fuerte.
- f) Orientación de las discontinuidades.

⁶ Francisco Bongiorno, Et. Al. *Clasificaciones geomecánicas de los macizos rocosos*. Facultad de Ingeniería. Escuela de Geología. Universidad de los Andes. 2 012.

En la Tabla 3 se muestra la ponderación que corresponde a cada parámetro mencionado anteriormente con base a lo observado en el campo. En este se tienen los intervalos en los cuales se divide cada parámetro, para que por último se realice la sumatoria y así se obtenga la clasificación geotécnica para la calidad de los macizos rocosos.

En la Tabla 3, se han unificado los parámetros de *R.Q.D.* y espaciado entre discontinuidades, para obtener el valor de juntas por metro lineal.

TABLA 3
PARÁMETROS DE LA CLASIFICACIÓN DE BIENIAWSKI

RESISTENCIA A COMPRESIÓN SIMPLE DE LA ROCA INTACTA (R.M.R. 1)																				
Valor (Mpa)	> 240	240 - 175	175 - 125	125 - 100	100 - 75	75 - 50	50 - 30	30 - 10	< 10											
Valoración	15	14	12	10	8	6	4	2	1											
RQD Y ESPACIADO ENTRE DISCONTINUIDADES (R.M.R. 2 + 3)																				
Juntas/m	0	1	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Valoración	40	37	34	31	29	28	27	26	25	23	22	22	21	20	19	18	17	16	16	15
Juntas/m	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38
Valoración	15	14	14	12	12	11	11	10	10	10	9	9	9	8	8	8	8	8	7	7
Juntas/m	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50								
Valoración	7	7	7	7	5	5	5	4	4	4	4	3								
CONDICIONES DE LAS DISCONTINUIDADES (R.M.R. 4)																				
Persistencia	< 1 m		1 - 3 m			3 - 10 m			10 - 20 m			> 20 m								
	6		4			2			1			0								
Apertura	0		< 0.1 mm			0.1 - 1 mm			1 - 5 mm			> 5 mm								
	6		5			4			1			0								
Rugosidad	Muy rugosa		Rugosa			Liger. Rugosa			Lisa			Espejo de falla								
	6		5			3			1			0								
Relleno	Ninguno		Relleno duro					Relleno blando												
			Apertura < 5 mm			Apertura > 5 mm		Apertura < 5 mm			Apertura > 5 mm									
	6		4			2		2			0									
Grado de meteorización	No afectado		Ligero			Moderado			Alto			Descompuesto								
	6		5			3			1			0								
CONDICIONES HIDROGEOLÓGICAS (R.M.R. 5)																				
Estado	Seco		Lig. Húmedo			Húmedo			Goteando			Flujo								
Flujo (l/min)	0		< 1			1 - 2.5			2.5 - 12.5			> 12.5								
Valoración	15		10			7			4			0								

Fuente: Bongiorno, Francisco, Et. Al. Clasificaciones geomecánicas de los macizos rocosos según: Bieniawski, Barton, Romana, Hoek y Brown. Facultad de Ingeniería. Escuela de Geología. Universidad de los Andes. 2 012.

Posteriormente al obtener cada uno de los valores de cada parámetro, se procede a realizar la sumatoria de ellos, con la finalidad de obtener el valor del *R.M.R.* básico, esto quiere decir sin corrección alguna, ya que la corrección propuesta por *Bieniawski* hace referencia exclusiva a la excavación de túneles.

Para obtener un valor final del *R.M.R.* se debe agregar el factor de corrección según la orientación de las estructuras con respecto al talud. Este valor será negativo, ya que la orientación de las discontinuidades reducirá el valor del *R.M.R.* según la disposición en que se presenten. En la Tabla 4 se muestran de manera general los valores de corrección y la designación según afecte.

TABLA 4
RANGO R.M.R. PARA OBRAS DE TIPO TALUD

CALIFICATIVO	RANGO R.M.R.
Muy favorable	0
Favorable	-5
Regular	-25
Desfavorable	-50
Muy desfavorable	-60

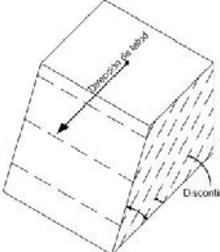
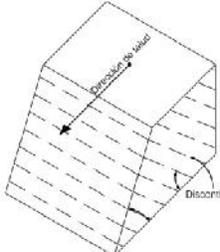
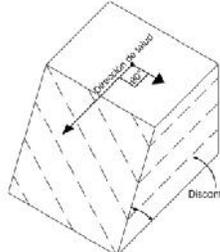
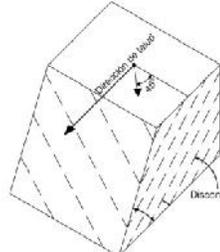
Fuente: Bongiorno, Francisco, Et. Al. Clasificaciones geomecánicas de los macizos rocosos según Bieniawski, Barton, Romana, Hoek y Brown. Facultad de Ingeniería. Escuela de Geología. Universidad de los Andes, 2012.

Debido a que las correcciones propuestas por *Bieniawski* son exclusivas para túneles, para este estudio se ha tomado la propuesta de valores de corrección según la orientación de las discontinuidades, la cual ha sido modificado en base a Alan Giovanni Cosillo Pinto en su documento titulado *Consideraciones geológicas – geotécnicas para el diseño de taludes en macizos rocosos*.

Se utilizaron criterios de Francisco Bongiorno, en su documento *Clasificaciones geomecánicas de los macizos rocosos según: Bieniawski, Barton, Romana, Hoek y Brown*. Esta propuesta se presenta en la tabla 5.

TABLA 5
CORRECCIÓN SEGÚN ORIENTACIÓN PARA TALUDES

GEOMETRÍA	BUZAMIENTO	DESIGNACIÓN	PUNTOS
Dirección de la discontinuidad paralela a la dirección del talud ($\pm 20^\circ$ de la dirección del talud) Figura A	Buzamiento de la discontinuidad menor a la del talud	Muy desfavorable	-60
	Buzamiento de la discontinuidad igual a la del talud	Desfavorable	-50
	Buzamiento de la discontinuidad mayor a la del talud	Favorable	-5
	Buzamiento de la discontinuidad casi horizontal	Muy favorable	0
Dirección de la discontinuidad contraria a la del talud ($\pm 20^\circ$ a la dirección contraria del talud) Figura B	Buzamiento de la discontinuidad mayor o igual a la del talud	Regular	-25
	Buzamiento de la discontinuidad menor a la del talud	Muy favorable	0
Dirección de la discontinuidad perpendicular a la del talud ($\pm 20^\circ$ del rumbo del talud) Figura C	Buzamiento de 0° a 90°	Favorable	-5
Dirección de la discontinuidad a 45° de la dirección del talud y a favor de este. Figura D	Buzamiento de 0° a 90°	Regular	-25
Dirección de la discontinuidad a 45° de la dirección del talud y contrario a este.	Buzamiento de 0° a 90°	Favorable	-5
Dirección cualquiera	Buzamiento de 0° a 90°	Muy favorable	0

Fuente: Caal Caal, Cristian Desiderio. Estudio geotécnico de macizos rocosos ubicados sobre la carretera AV-29, San Antonio Senahú, Alta Verapaz. Tesis de Ingeniero Geólogo, Universidad de San Carlos de Guatemala, Centro Universitario del Norte, Cobán, Alta Verapaz, Guatemala: Carrera de Geología, 2013.

Al considerar todos los parámetros y las correcciones mostradas anteriormente, se procede a realizar la sumatoria y por

consiguiente la clasificación para cada macizo. Por lo tanto, en la Tabla 6 (calidad de macizo rocoso) se muestran cada una de las clasificaciones según las ponderaciones obtenidas en la sumatoria realizada.

TABLA 6
CALIDAD DEL MACIZO ROCOSO CON RELACIÓN AL INDICE
R.M.R.

CLASE	CALIDAD	VALORACION <i>R.M.R.</i>	COHESION	ANGULO DE ROZAMIENTO
I	Muy buena	100-81	4 kg/cm ²	> 450 ^o
II	Buena	80-61	3-4 kg/cm ²	350 ^o – 450 ^o
III	Media	60-41	2-3 kg/cm ²	250 ^o – 350 ^o
IV	Mala	40-21	1-2 kg/ cm ²	150 ^o – 250 ^o
V	Muy mala	< 20	< 1 kg/cm ²	< 150 ^o

Fuente: Bongiorno, Francisco, Et. Al. Clasificaciones geomecánicas de los macizos rocosos según: Bieniawski, Barton, Romana, Hoek y Brown. Facultad de Ingeniería. Escuela de Geología. Universidad de los Andes. 2 012.

2.2.2. Caracterización geotécnica: Clasificación geomecánica de Romana o sistema S.M.R. (Slope Mass Rating) para taludes

La clasificación *S.M.R.* (*Slope Mass Rating*) es un método que determina los factores de ajuste para aplicar adecuadamente la clasificación de Bieniawski exclusivamente a los taludes.

En esta clasificación se considera el mecanismo de rotura para los taludes, los cuales pueden ocurrir según formas muy diferentes, está gobernada por las discontinuidades y la cual se produce según las superficies formadas por las juntas, el índice *S.M.R.* para taludes se determina de la siguiente forma:

... se obtiene del índice *R.M.R.* básico sumando un factor de ajuste, que es función de la orientación de las juntas y un factor de excavación que depende del método utilizado. Resumiendo la fórmula que define el sistema *S.M.R.* es la siguiente:

$$S.M.R. = R.M.R. \text{ (BÁSICO)} + (F1 * F2 * F3) + F4^2$$

En el caso de los factores de corrección, estos se basan en la relación que presentan las discontinuidades con respecto al talud, según el rumbo y buzamiento de las mismas. Estos se especifican en el siguiente apartado:

F1: depende del paralelismo entre el rumbo de las discontinuidades y de la cara del talud. Varía entre 1,00 (cuando ambos rumbos son paralelos) y 0,15 (cuando el ángulo entre rumbos es mayor de 30° y la probabilidad de rotura es muy baja). Estos valores, se ajustan aproximadamente a la expresión:

$$F1 = (1 - \text{sen } a_j - a_s)^2$$

Siendo a_j el valor del buzamiento de la junta y a_s el buzamiento del talud.

F2: depende del buzamiento de la discontinuidad en la rotura plana. Varía entre 1,00 (para juntas con buzamiento superior a 45°) y 0,15 (para juntas con buzamiento inferior a 20°). Puede ajustarse según la relación:

$$F2 = \text{tg}^2 b_j$$

Donde b_j es el valor del buzamiento de la discontinuidad.

F3: refleja la relación entre el buzamiento de la junta y el talud. Se han mantenido los valores propuestos por *Bieniawski* en 1976 que son siempre negativos.

El factor F3 hace referencia a la Tabla 7, el cual es utilizado en el sistema *S.M.R.* como factor de corrección:

TABLA 7
FACTORES DE AJUSTE
PARA LA ORIENTACIÓN DE LAS JUNTAS

CASO		Muy favorable	Favorable	Regular	Desfavorable	Muy desfavorable
P T	$ aj - as $ $ aj - as - 180^\circ $	$> 30^\circ$	$30^\circ - 20^\circ$	$20^\circ - 10^\circ$	$10^\circ - 5^\circ$	$< 5^\circ$
P/T	F1	0,15	0,40	0,70	0,85	1,00
P	$ bj $	$< 20^\circ$	$20^\circ - 30^\circ$	$30^\circ - 35^\circ$	$35^\circ - 45^\circ$	$> 45^\circ$
	F2	0,15	0,40	0,70	0,85	1,00
T	F2	1	1	1	1	1
P T	$bj - bs$	$> 10^\circ$	$10^\circ - 0^\circ$	0°	$0^\circ - (-10^\circ)$	$< -10^\circ$
	$bj + bs$	$< 110^\circ$	$110^\circ - 120^\circ$	$> 120^\circ$	-	-
P/T	F3	0	-5	-25	-50	-60

Fuente: Bongiorno, Francisco, Et. Al. Clasificaciones geomecánicas de los macizos rocosos según: Bieniawski, Barton, Romana, Hoek y Brown. Facultad de Ingeniería. Escuela de Geología. Universidad de los Andes. 2012.

En la tabla 7 se presentaron una serie de abreviaturas, las cuales hacen referencia a los tipos de roturas y aspectos de las discontinuidades, siendo estas las siguientes:

- P = rotura plana
- T = rotura por vuelco
- as = dirección de buzamiento del talud
- bs = buzamiento del talud
- aj = dirección de buzamiento de las discontinuidades
- bj = buzamiento de las juntas
- | | = valor absoluto

El factor F4 es un ajuste que depende del tipo de excavación que haya tenido el talud. Esta va desde un talud natural hasta una voladura mecanizada, con esto se dan valores a cada uno de los tipos de excavación. (Tabla 8)

TABLA 8
FACTOR DE AJUSTE POR EL MÉTODO DE EXCAVACIÓN

MÉTODO	TALUD NATURAL	PRECORTE	VOLADURA SUAVE	VOLADURA MECANIZADA	VOLADURA DEFICIENTE
F4	+15	+10	+8	0	-8

Fuente: Bongiorno, Francisco, Et. Al. Clasificaciones geomecánicas de los macizos rocosos según: Bieniawski, Barton, Romana, Hoek y Brown. Facultad de Ingeniería. Escuela de Geología. Universidad de los Andes. 2012.

Según la ponderación de cada uno de los aspectos que se deben tomar en el sistema *S.M.R.*, se realiza el producto de los tres primeros factores y se suman al valor *R.M.R.* y el factor debido al método de excavación. Al tener el resultado de la sumatoria se obtiene el índice *S.M.R.* para taludes, los cuales se clasifican en la Tabla 9.

TABLA 9
CLASES DE ESTABILIDAD SEGÚN LA CALIDAD GEOTÉCNICA

CLASE	V	IV	III	II	I
S.M.R.	0 – 20	21 – 40	41 – 60	61 – 80	81 – 100
Descripción	Muy mala	Mala	Normal	Buena	Muy buena
Estabilidad	Totalmente inestable	Inestable	Parcialmente inestable	Estable	Totalmente Inestable
Fallas o roturas	Grandes roturas por planos continuos o por masa	Juntas o grandes cuñas	Algunas juntas o muchas juntas	Algunos bloques	Ninguna
Tratamiento	Re excavación	Corrección	Sistemático	Ocasional	Ninguno

Fuente: Bongiorno, Francisco, Et. Al. Clasificaciones geomecánicas de los macizos rocosos según: Bieniawski, Barton, Romana, Hoek y Brown. Facultad de Ingeniería. Escuela de Geología. Universidad de los Andes. 2012.

2.2.3. Tipos de mecanismos de rotura

Los diferentes tipos de rotura o mecanismo de falla, están condicionados por el grado de fracturación de los macizos rocosos, también por la distribución y orientación de las discontinuidades

con respecto al talud, queda así la estabilidad definida por los parámetros resistentes de las discontinuidades y de la matriz rocosa.

Los diferentes tipos de rotura en taludes, son denominados circular, planar, cuña y volteo, según las discontinuidades que afectan el macizo rocoso.

Para la determinación y clasificación de los diferentes tipos de roturas, se utilizan modelos estereográficos por medio de falsillas equiareales y equiangulares. Cada uno de los tipos de rotura se describe en el siguiente apartado.

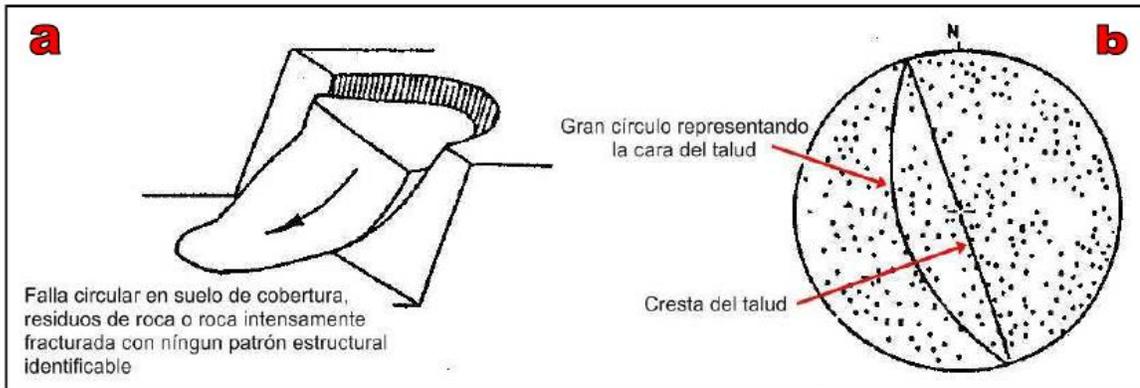
a) Rotura circular

Predominante en suelos, los taludes se rompen a través de superficies curvas. También se logran observar roturas de este tipo en macizos donde hay discontinuidades sin una orientación bien definida, varios planos interceptándose entre sí, fragmentan el macizo rocoso.⁸

En la figura 4A, se tiene la forma de una rotura del tipo circular con una superficie curva. Del lado derecho, la figura 4B, muestra la representación estereográfica, en el cual se observa la forma desordenada de polos de los planos de discontinuidad de macizos rocosos.

⁸ Cosillo Pinto, Allan Giovanni. *Consideraciones geológico-geotécnicas para el diseño de taludes en macizos rocosos*. Tesis Ingeniero Civil. Universidad San Carlos de Guatemala. Guatemala: Facultad de ingeniería. 1999

FIGURA 4 ROTURA CIRCULAR EN MACIZOS ROCOSOS

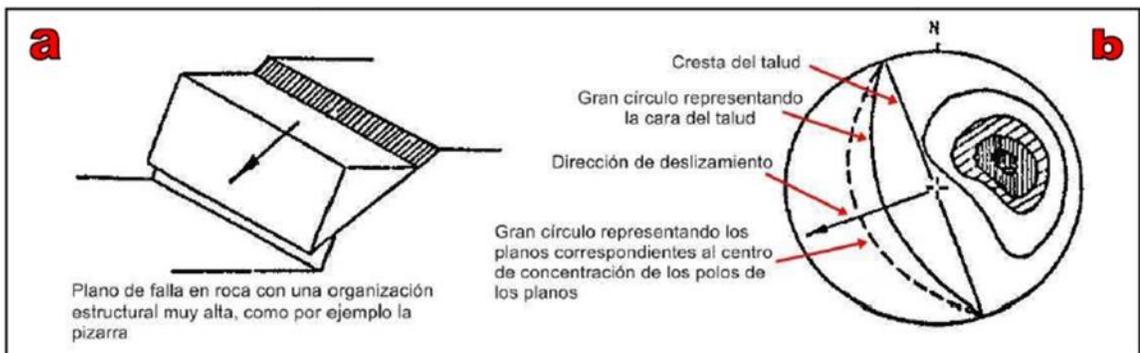


Fuente: Cosillo Pinto, Allan Giovani. Consideraciones geológico- geotécnicas para el diseño de taludes en macizos rocosos. Tesis Ingeniero Civil. Universidad San Carlos de Guatemala. Guatemala: Facultad de ingeniería. 1 999.

b) Rotura plana

Este tipo de rotura se produce a favor de una superficie preexistente, que en este caso es una discontinuidad que presenta la misma dirección que el talud. La figura 5A, muestra la forma de una rotura del tipo plana, mientras que en la figura 5B, se tiene la representación estereográfica de la rotura plana del talud.

FIGURA 5 ROTURA PLANA EN MACIZOS ROCOSOS



Fuente: Cosillo Pinto, Allan Giovani. Consideraciones geológico- geotécnicas para el diseño de taludes en macizos rocosos. Tesis Ingeniero Civil. Universidad San Carlos de Guatemala. Guatemala: Facultad de ingeniería. 1 999.

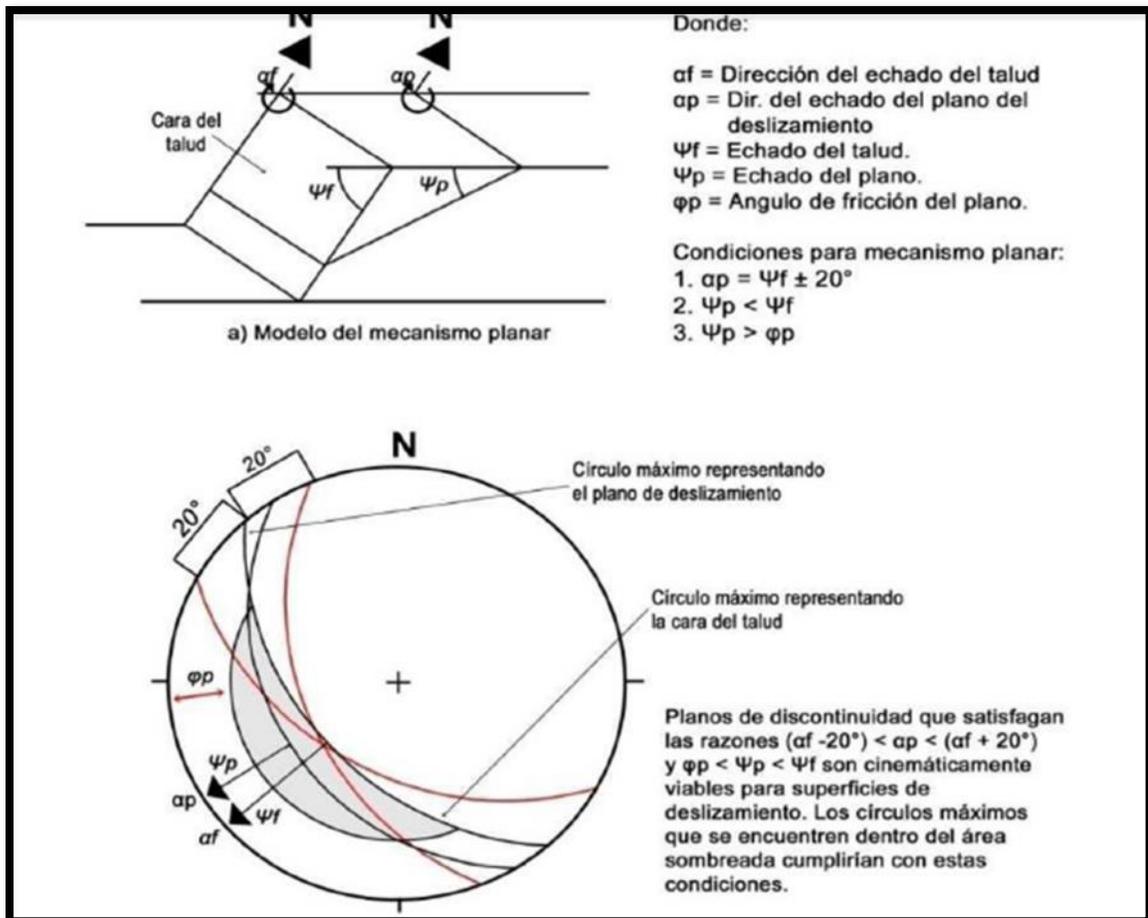
Las condiciones estructurales para que ocurra una falla del tipo plana se resumen a continuación:

1. El rumbo de la discontinuidad plana debe estar 20° dentro del rumbo de la cara del talud, en ambas direcciones $\rho = f \pm 20^{\circ}$.
2. El echado de la discontinuidad plana debe ser menos que el echado de la cara del talud, además de inclinarse hacia dicha cara $\rho > f$.
3. El echado de la discontinuidad debe ser mayor que el ángulo de fricción de la superficie de deslizamiento: $\rho > p$.⁹

De manera resumida y forma gráfica, las condiciones anteriormente descritas se muestran en la Figura 6. En la cual se presenta el diagrama de bloque para la rotura y el diagrama estereográfico.

⁹ Juan Miguel Armas Zagoya. *Cartografía geológica estructural del valle de Huizachal, como base para el análisis de estabilidad de taludes de la carretera Rumbo Nuevo, Tamps., Mexico*. Facultad de Ciencias de la Tierra. Universidad Autónoma de Nuevo León. Linares, Nuevo Leon, 2004. pag. 37

FIGURA 6 CONDICIONES DE ROTURA PLANA



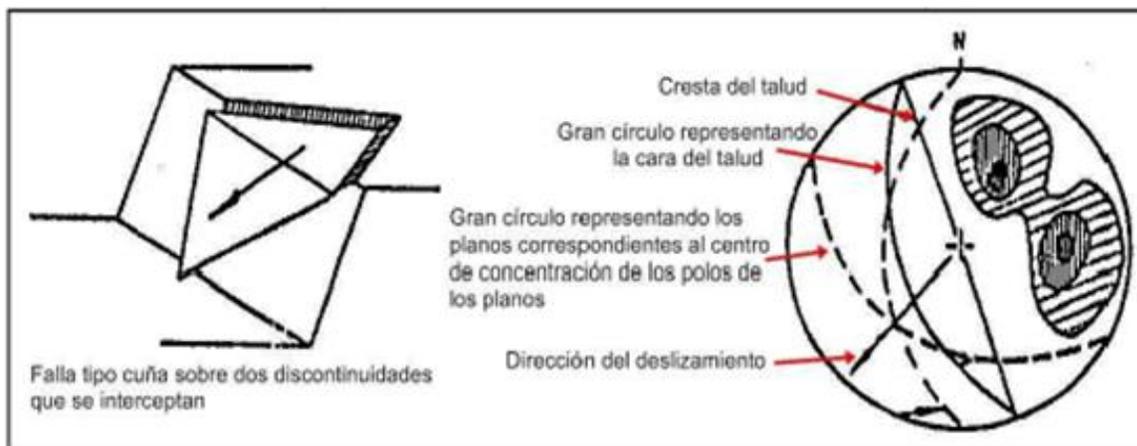
Fuente: Armas Zagoya, Juan Miguel, Cartografía geológica estructural del valle de Huizachal, como base para el análisis de estabilidad de taludes de la carretera Rumbo Nuevo, Tamps., Mexico. Facultad de Ciencias de la Tierra. Universidad Autónoma de Nuevo Leon. Linares, Nuevo Leon, 2 004. Pag. 37

c) Rotura en cuña

La rotura en cuña ocurre cuando el deslizamiento ocurre a través de la intersección de por lo menos dos discontinuidades, la cual buza hacia la cara del talud en un ángulo oblicuo hacia la cara del corte, forman así un bloque de forma de cuña. Por lo general, las cuñas son expuestas por excavaciones o cortes que descubren la línea de intersección sobre el cual se produce el deslizamiento.

En la figura 7A, se presenta la forma de una rotura en cuña a través de dos planos de discontinuidades. La figura 7B muestra la representación estereográfica de dos familias de polos y la intersección de los planos formados por esto, se debe notar que el deslizamiento ocurre sobre la línea de intersección.

FIGURA 7
ROTURA EN CUÑA PARA MACIZOS ROCOSOS



Fuente: Cosillo Pinto, Allan Giovanni. Consideraciones geológico- geotécnicas para el diseño de taludes en macizos rocosos. Tesis Ingeniero Civil. Universidad San Carlos de Guatemala. Guatemala: Facultad de ingeniería. 1 999.

Para la formación y ocurrencia de la rotura en cuña dependen de varios factores, primeramente de la litología y la estructura de los macizos rocosos.

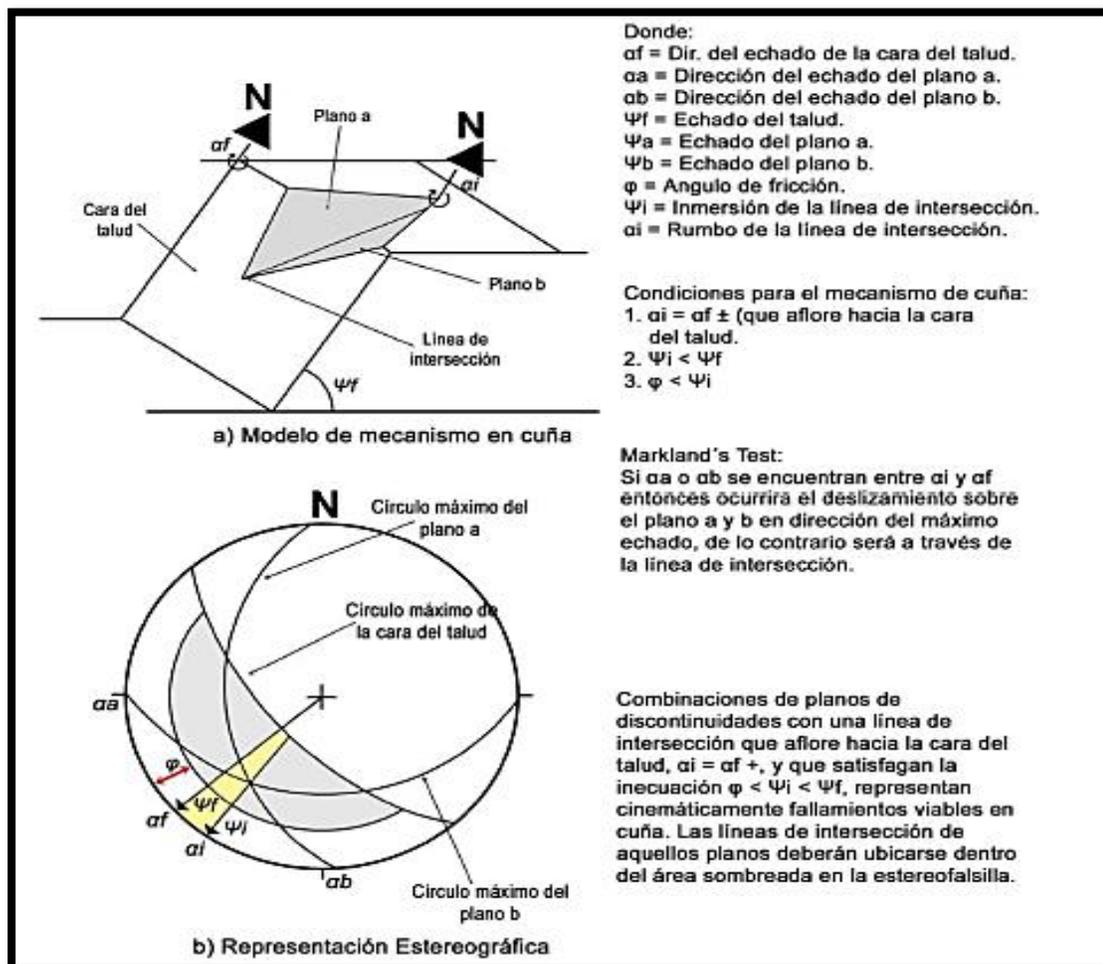
Las condiciones para la ocurrencia de roturas en cuña se describen a continuación:

1. El rumbo de la línea de intersección debe ser aproximadamente igual a la dirección del echado de la cara del talud, $i = f \pm$.

2. La inmersión de la línea de intersección debe ser menor que el echado de la cara del talud. $i < F$.
3. Si los ángulos de fricción para ambos planos son diferentes, un ángulo promedio de ellos puede ser apreciable, $< i$.

En la figura 8 se muestra de manera resumida las condiciones anteriormente mencionadas.

FIGURA 8 CONDICIONES PARA ROTURA EN CUÑA



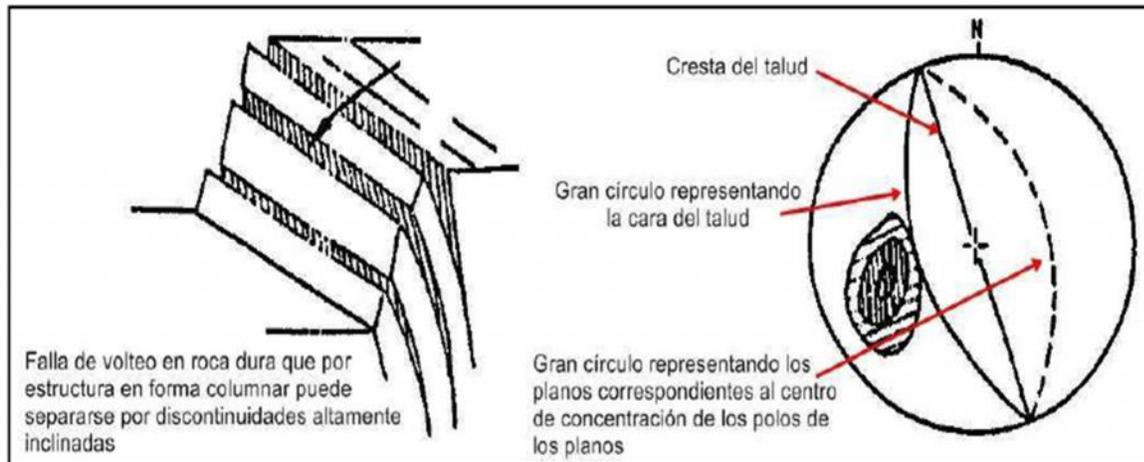
Fuente: Armas Zagoya, Juan Miguel, Cartografía geológica estructural del valle de Huizachal, como base para el análisis de estabilidad de taludes de la carretera Rumbo Nuevo, Tamps., Mexico. Facultad de Ciencias de la Tierra. Universidad Autónoma de Nuevo Leon. Linares, Nuevo Leon, 2 004.

d) Rotura en vuelco

Los vuelcos también denominados *toppling*, son movimientos que implican una rotación de unidades con forma de columna o bloques sobre un plano a base, estos movimientos se encuentran gobernados por la gravedad y fuerzas ejercidas por las unidades adyacentes o incluso por la inclusión de agua.

Este tipo de rotura se produce en taludes de macizos rocosos donde los estratos presentan buzamiento contrario a la inclinación del talud y dirección paralela o subparalela al mismo. En general, los estratos aparecen fracturados en bloques a favor de sistemas de discontinuidades ortogonales entre sí, como lo muestra la Figura 9.

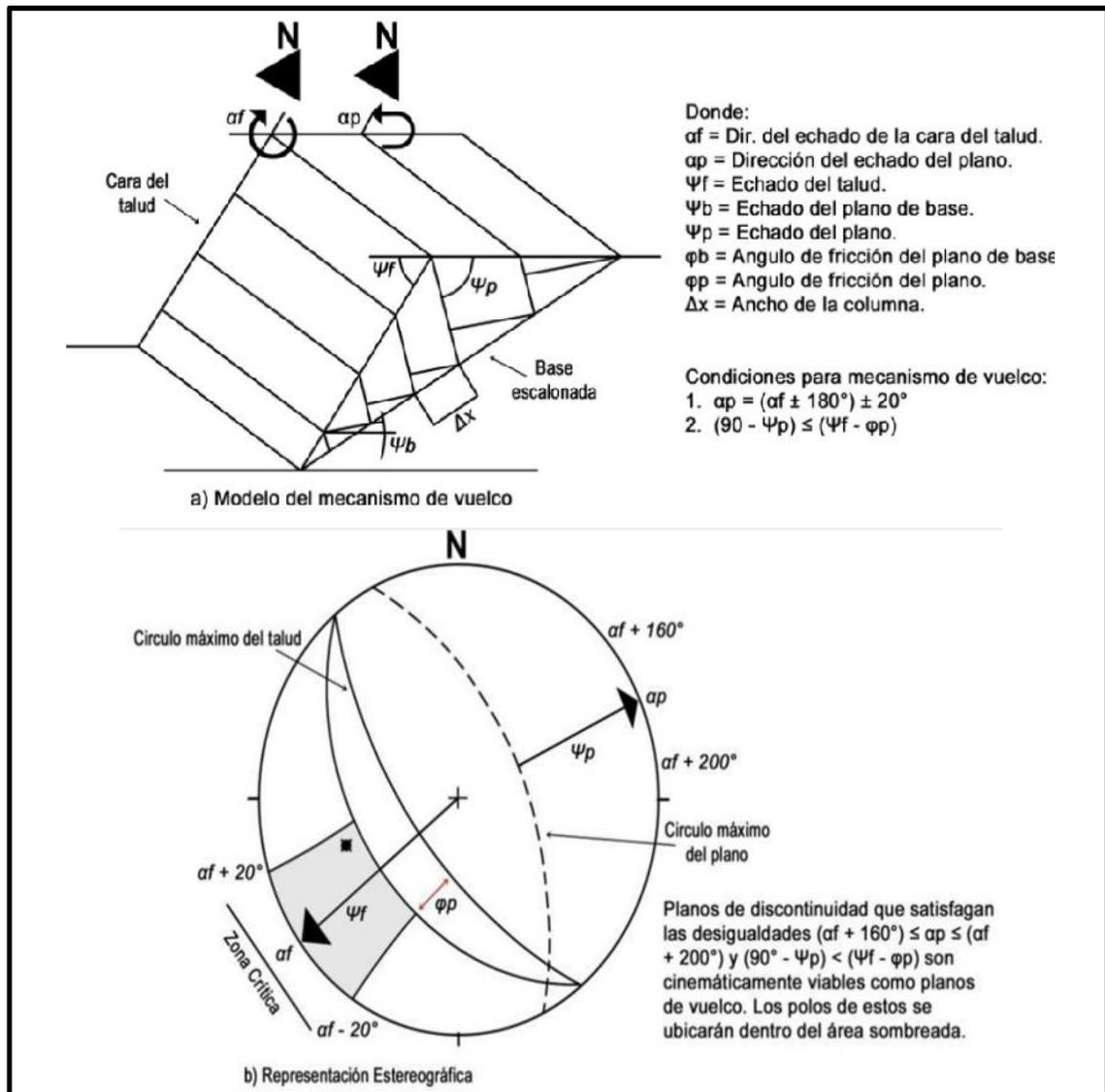
FIGURA 9
ROTURA EN VUELCO PARA MACIZOS ROCOSOS



Fuente: Cosillo Pinto, Allan Giovani. Consideraciones geológico- geotécnicas para el diseño de taludes en macizos rocosos. Tesis Ingeniero Civil. Universidad San Carlos de Guatemala. Guatemala: Facultad de ingeniería. 1 999.

El análisis cinemático del mecanismo de falla por vuelco por medio de la utilización de la proyección estereográfica se muestran en la Figura 10.

FIGURA 10
CONDICIONES PARA MECANISMO EN VUELCO



Fuente: Armas Zagoya, Juan Miguel, Cartografía geológica estructural del valle de Huizachal, como base para el análisis de estabilidad de taludes de la carretera Rumbo Nuevo, Tamps., Mexico. Facultad de Ciencias de la Tierra. Universidad Autónoma de Nuevo Leon. Linares, Nuevo Leon, 2 004.

Para la colocación del área sombreada en la figura 10b, se utilizan los círculos menores de la ciclográfica con intervalo de $\pm 20^{\circ}$ a partir de la dirección del talud. Las condiciones para este mecanismo se describen a continuación:

1. El rumbo de las capas debe ser aproximadamente paralelo al del talud. Diferencias en estas orientaciones de entre 15° a 30° han sido citadas entre varios autores, pero por consistencia entre otros modelos de mecanismos de falla, un valor de 20° es apropiado.
2. El echado de las capas debe tender hacia el interior del talud. Al usar el convenio de dirección del echado, las condiciones 1 y 2 se pueden fijar como sigue: la dirección del echado de las capas, entre la dirección de la cara del talud, debe ser entre 160° y 200° , $p = (f \pm 180^{\circ}) \pm 20^{\circ}$.
3. En orden para que el deslizamiento intercapas ocurra, el polo del círculo máximo de la discontinuidad a volcarse debe tener una inmersión menor que la inclinación de la cara del talud menor que el ángulo de fricción. Esta condición puede ser formulada como sigue: $(90 - p) = (f - p)$.

2.2.4. Análisis de estabilidad para mecanismos de rotura en taludes

Para analizar la estabilidad de los mecanismos de falla en los macizos rocosos, se determina el coeficiente de seguridad o factor de seguridad, el cual indica que tan estable es la falla, en este caso, es estable si el coeficiente es mayor a 1 e inestable si

este es menor a 1 (esto dependerá del tipo de obra o de la importancia que tenga la misma, el valor mostrado en este documento es un valor teórico).

La determinación de este coeficiente se lleva por medio de métodos que utilizan datos estructurales del macizo y las discontinuidades, para esto se utilizaron métodos estereográficos. En este apartado se mencionan y describen el análisis de estabilidad para cada uno de los mecanismos de falla que se pueden encontrar en los macizos rocosos.

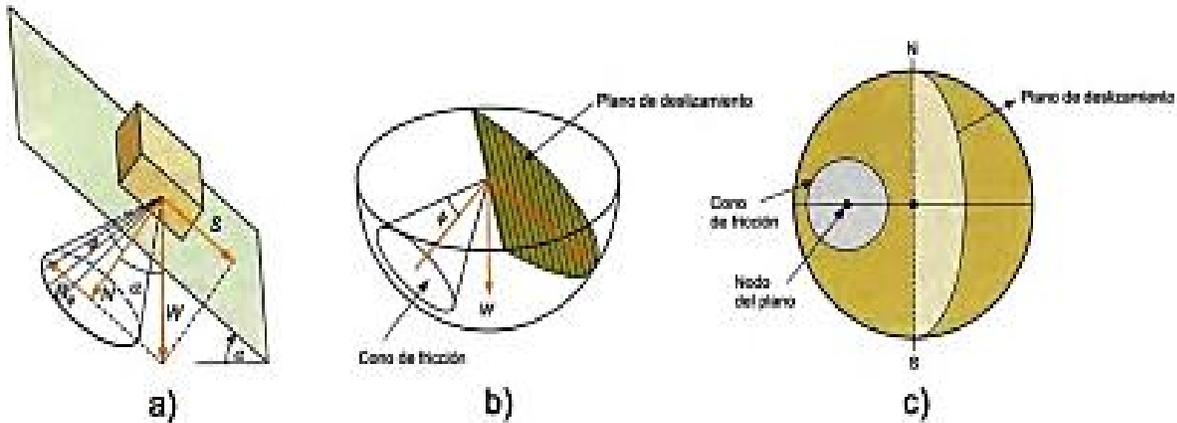
a) Análisis de estabilidad para rotura plana

Para el análisis de estabilidad de la rotura plana, se utiliza el método de cono de fricción, que combina el análisis cinemático y cinético.

El análisis es una forma conveniente de determinar las fuerzas normales al plano y la que actúa bajo la superficie potencial de deslizamiento en una reproducción grafica realizada en la red estereográfica. Después de la resolución de las fuerzas dentro de la red estereográfica en forma de un cono de fricción, la posición del peso, con respecto al extremo del cono de fricción indica si es o no potencialmente inestables.

Todo esto se observa en la figura 11, tanto en un bloque diagrama como en la red estereográfica, con referencia: a) Representación del cono de fricción correspondiente a una superficie de deslizamiento potencial para el caso de cohesión nula. b) y c) Representación estereográfica del cono de fricción.

FIGURA 11 REPRESENTACIÓN DEL CONO DE FRICCIÓN



Fuente: Gonzales de Vallejo, Luis I. Ingeniería Geológica. Madrid, España. PEARSON EDUCACION. Editorial Prentice Hall. Universidad Complutense de Madrid, 2 002.

Para la determinación del factor seguridad con el uso de la red estereográfica, este se calcula de la siguiente forma:

Si no existe cohesión sobre el plano, la fuerza que se opone al deslizamiento del bloque es $R_{\phi} = N \operatorname{tg} \phi$ y el movimiento tendrá lugar cuando $S > R_{\phi}$. Es decir, cuando $\delta > \phi$, el coeficiente de seguridad vendrá dado por:¹⁰

$$F = R_{\phi} / S = (W \cos \delta \operatorname{tg} \phi) / (W \sin \delta)$$

En donde ϕ es el ángulo de fricción del plano y δ el echado del plano. En una forma reducida, se tendrá:

$$F = \operatorname{tg} \phi / \operatorname{tg} \delta$$

¹⁰ Luis Gonzales de Vallejo. *Ingeniería Geológica*. Madrid. Pearson Educación. Universidad Complutense. Madrid, España. 2002. pag. 460

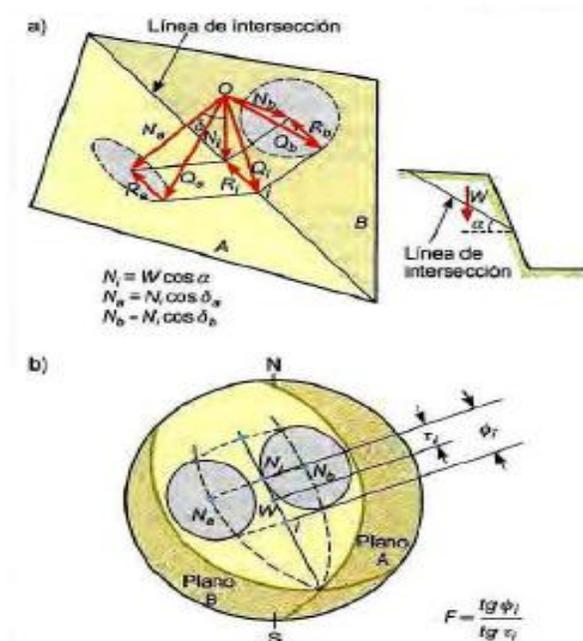
Por lo tanto, con la formula mostrada anteriormente, se puede determinar el factor seguridad para establecer la estabilidad del mecanismo de falla del tipo plana.

b) Análisis de estabilidad para rotura por cuña

Para el mecanismo en cuña también es utilizado el cono de fricción, en este caso deben considerarse los ángulos de rozamiento correspondientes a los dos planos de discontinuidad.

Como resumen a lo anterior, estas fuerzas y vectores, se logran apreciar en la figura 12, en donde también se tiene la representación estereográfica de los mismos.

FIGURA 12
ANÁLISIS DE ESTABILIDAD PARA ROTURA POR CUÑA



Fuente: Gonzales de Vallejo, Luis I. Ingeniería Geologica. Madrid, España. PEARSON EDUCACION. Editorial Prentice Hall. Universidad Complutense de Madrid, 2 002. Referencia de la imagen: a) Representación de los conos de fricción y de las fuerzas actuantes sobre los planos de cuña. b) Proyección estereográfica.

Para la realización de la figura 13b, al tener una cohesión nula, se tiene el siguiente procedimiento el cual describe la forma de obtener los valores de las fuerzas resistentes y las fuerzas desestabilizadoras, esto por medio de la red estereográfica.

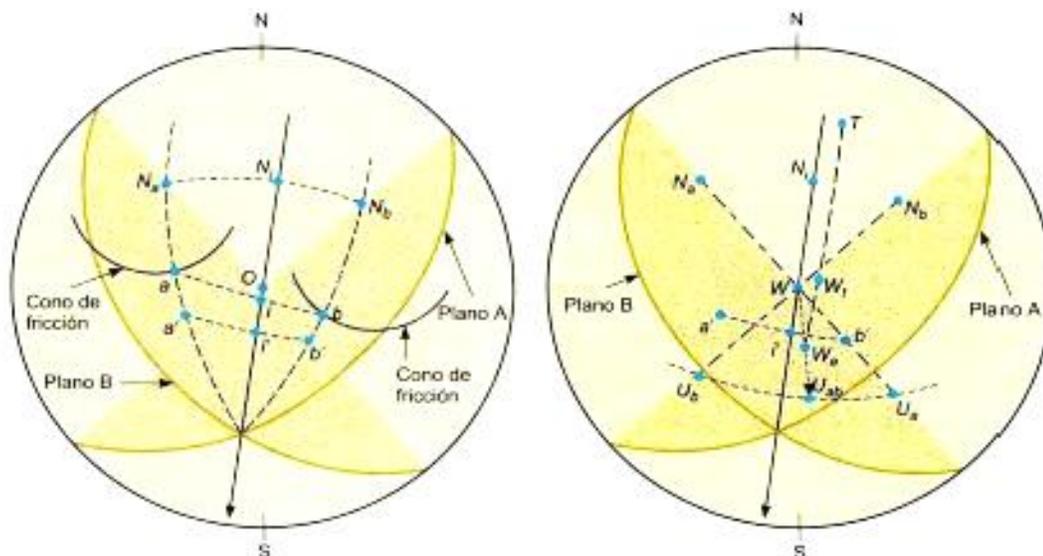
1. Se representa en el estereograma los planos A y B y sus polos correspondientes N_a y N_{b1} , se dibuja la línea de intersección entre los dos planos.
2. Se trazan dos círculos máximos desde el punto de intersección de los dos planos hasta el polo de cada uno de ellos, N_a y N_b .
3. Se dibujan los conos de fricción de cada plano alrededor de su polo correspondiente (marcando los grados correspondientes a ϕ_a y ϕ_0 en todas las direcciones alrededor de N_a y N_0 respectivamente, y siempre según círculos máximos).
4. Los puntos donde se cortan los conos de fricción con los círculos máximos trazados en el punto 2., definen los puntos a y b.
5. Se traza un círculo máximo que pase por los puntos a y b. Este círculo representa el plano PQ que contiene a los vectores Q_{a1} , Q_b y Q_i , que quedan representados en el estereograma respectivamente, por O-a, O-b y O-i, siendo i el punto donde este círculo máximo corta a la línea de intersección de los dos planos A y B, y siendo 0 el centro del

estereograma, donde queda proyectado el peso W del bloque.

6. Se traza un círculo máximo que una los polos N_a y N_b : el corte de este plano con la línea de intersección determina el punto N_i (resultante de las normales N_a y N_b sobre la línea de intersección) y este círculo representa al plano PN que contiene a N_a , N_b y N_i , quedando representados estos tres vectores en el estereograma por $O-N_a$, $O-N_b$ y $O-N_i$.¹¹

Con los datos mencionados se logran determinar los valores del ϕ_i y r_i que representan las fuerzas resistentes y desestabilizadoras. La figura 13 muestra el procedimiento descrito anteriormente.

FIGURA 13
DIAGRAMAS ESTEREOGRÁFICOS PARA ROTURA EN CUÑA



Fuente: Gonzales de Vallejo, Luis I. Ingeniería Geológica. Madrid, España. PEARSON EDUCACION. Editorial Prentice Hall. Universidad Complutense de Madrid, 2 002.

¹¹Luis Gonzales de Vallejo. *Ingeniería Geológica*. Madrid. Pearson Educación. Universidad Complutense. Madrid, España. 2002. pag. 462

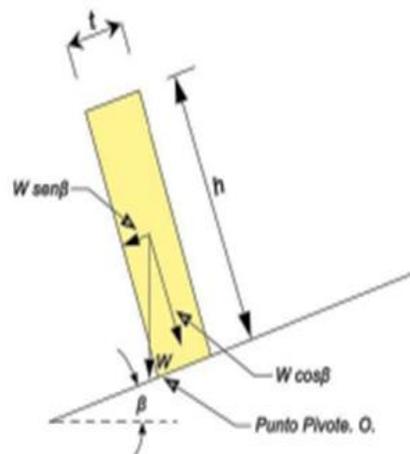
El factor de seguridad queda definido de la siguiente forma:

Una vez dibujados los puntos N_i e i , se puede medir el ángulo de rozamiento aparente correspondiente a la cuña ϕ_i , definido por los vectores N_i y Q_i , el vector pero W (representado en el centro del estereograma siempre que no exista ninguna fuerza externa) define junto con N_i en ángulo Q_i . Con estos valores el coeficiente de seguridad queda definido por la fórmula: $F = \frac{\tan \phi_1}{\tan t_1}$.

c) Análisis de estabilidad para rotura en vuelco

El análisis de la estabilidad y la determinación del factor de seguridad para mecanismo tipo vuelco, es necesario tomar en cuenta la geometría del bloque deslizante, en este caso su ancho y altura. En este tipo de roturas, columnas o bloques de roca son rotados sobre un punto pivote localizado sobre un plano inclinado. La figura 14 muestra los parámetros que influyen en el vuelco.

FIGURA 14
FUERZAS PARA BLOQUES EN CONDICIONES DE VUELCO



Fuente: Armas Zagoya, Juan Miguel, Cartografía geológica estructural del valle de Huizachal, como base para el análisis de estabilidad de taludes de la carretera Rumbo Nuevo, Tamps., México. Facultad de Ciencias de la Tierra. Universidad Autónoma de Nuevo León. Linares, Nuevo León, 2 004.

Cada uno de los bloques que forman el talud puede sufrir inestabilidad por vuelco o por deslizamiento, en función de las fuerzas actuantes y de las dimensiones del bloque, las condiciones que determinan la estabilidad son las siguientes:

- Condición 1: $\alpha < \phi$ y $t/h > \tan \phi$; el bloque es estable y no tendera a deslizarse o volcarse.
- Condición 2: $\alpha > \phi$ y $t/h > \tan \phi$; el bloque se deslizará pero no volcará.
- Condición 3: $\alpha < \phi$ y $t/h < \tan \phi$; el bloque volcará pero no se deslizará.
- Condición 4: $\alpha > \phi$ y $t/h < \tan \phi$; el bloque puede deslizarse y volcarse simultáneamente.¹²

En donde α es el echado del plano sobre donde descansa el bloque, ϕ es el ángulo de fricción del plano, t y h son factores geométricos del bloque, ancho y alto respectivamente. Ahora bien, para que cinemática y cinéticamente sea posible el vuelco, deben existir las siguientes condiciones.

- Tiene que haber una superficie inclinada donde el bloque descansa.
- Debe existir un juego de juntas aproximadamente perpendicular a la superficie inclinada para que socaven y delimiten los bloques.
- $\alpha < \phi$ y $t/h < \tan \phi$.

¹² Armas Zagoya, Juan Miguel. *Cartografía geológica estructural del valle de Huzachal, como base para el análisis de estabilidad de taludes de la carrera Rumbo Nuevo, Tamps, Mexico*. Facultad de Ciencias de la Tierra. Universidad Autónoma de Nuevo León. Linares, Nuevo Leon. 2 004. pag. 94-95.

Por último, para determinar el factor seguridad se emplea la siguiente fórmula:

$$F_s = \frac{\sum m_{qr}}{\sum m_{qi}} = \frac{w \cos \beta \left(\frac{t}{2}\right)}{w \sin \beta \left(\frac{h}{2}\right)} = \frac{\left(\frac{t}{h}\right)}{\tan \beta}$$

Donde:

Fs = Factor de seguridad

mqr = Momentos que resisten

mqi = Momentos que inducen

CAPÍTULO 3 ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

3.1. Resultados obtenidos

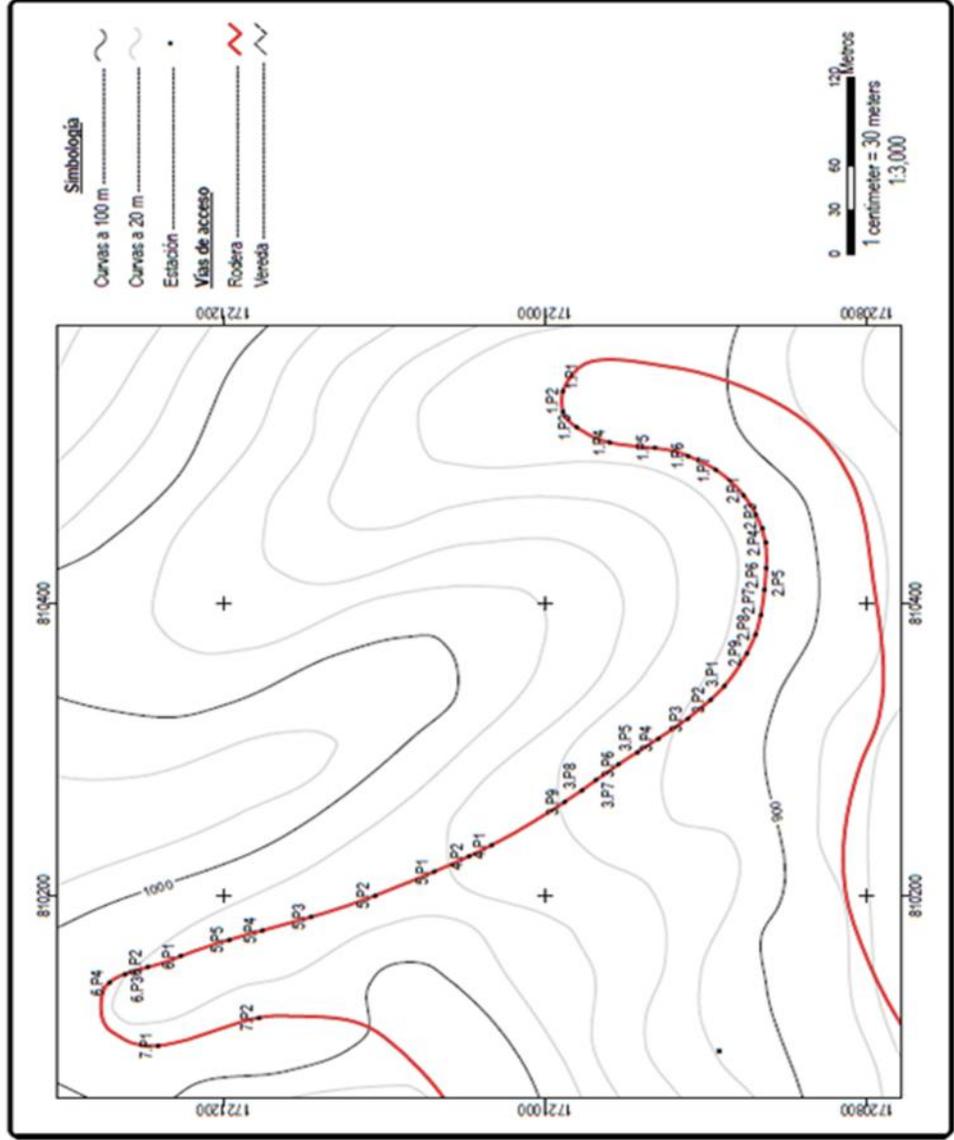
3.1.1. Ubicación de estaciones

A lo largo del trayecto de la carretera evaluada, fue posible encontrar varios taludes compuestos de roca. Estos taludes se definieron como estaciones los cuales a su vez se dividieron en subestaciones debido a la extensión de los mismos.

Se logró delimitar un total de 7 estaciones, estas a su vez varían en cantidad de subestaciones, estas fueron delimitadas con base a los cambios en las familias de juntas y características observables como litología y en algunos casos debido a la extensión de los mismos.

Los puntos y coordenadas de las subestaciones se muestran en la Tabla 10, el mapa 2 se muestra la distribución de cada una de las estaciones y sub-estaciones que se ubican sobre el tramo carretero bajo estudio.

MAPA 2 UBICACIÓN DE ESTACIONES Y SUB-ESTACIONES DEL ÁREA DE ESTUDIO



Fuente: investigación de campo. Año 2017.

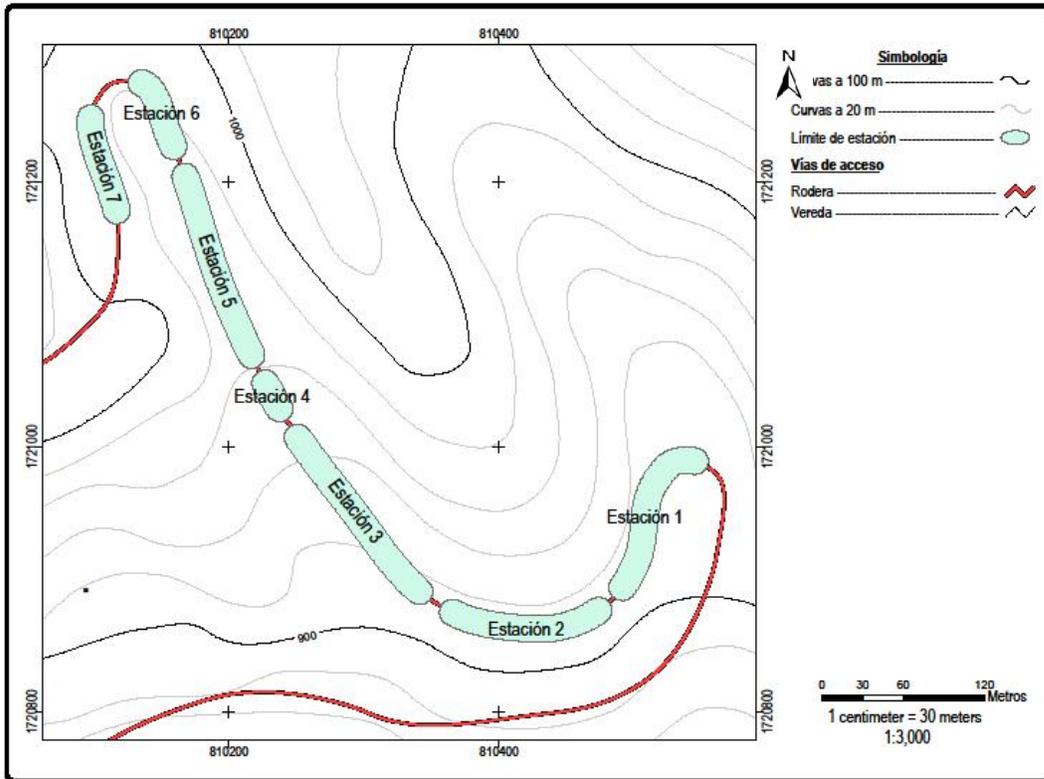
TABLA 10
UBICACIÓN DE ESTACIONES Y SUB-ESTACIONES

ESTACIÓN	SUB-ESTACIÓN	COORDENADA X	COORDENADA Y
1	P1	810 544	1 720 989
	P2	810 530	1 720 988
	P3	810 520	1 720 980
	P4	810 509	1 720 959
	P5	810 506	1 720 932
	P6	810 500	1 720 911
	P7	810 491	1 720 893
2	P1	810 473	1 720 876
	P2	810 460	1 720 869
	P3	810 451	1 720 865
	P4	810 441	1 720 863
	P5	810 423	1 720 862
	P6	810 409	1 720 863
	P7	810 392	1 720 866
	P8	810 378	1 720 869
	P9	810 365	1 720 874
3	P1	810 343	1 720 889
	P2	810 333	1 720 897
	P3	810 320	1 720 911
	P4	810 307	1 720 930
	P5	810 298	1 720 943
	P6	810 289	1 720 954
	P7	810 279	1 720 968
	P8	810 271	1 720 977
	P9	810 263	1 720 988
4	P1	810 234	1 721 033
	P2	810 226	1 721 047
5	P1	810 216	1 721 069
	P2	810 200	1 721 105
	P3	810 185	1 721 145
	P4	810 176	1 721 176
	P5	810 169	1 721 196
6	P1	810 158	1 721 226
	P2	810 151	1 721 246
	P3	810 146	1 721 261
	P4	810 140	1 721 271
7	P1	810 097	1 721 240
	P2	810 116	1 721 178

Fuente: investigación de campo. Año 2017.

En el mapa 3, se observa la distribución de las estaciones totales:

MAPA 3 ESTACIONES TOTALES



Fuente: investigación de campo. Año 2017.

3.1.2. Litología local

El área bajo estudio se encuentra dominada por litología calcárea. A lo largo de la carretera, se logró observar varios afloramientos de roca caliza.

En general, en muestra de mano, la roca caliza se presenta con una coloración grisácea y de tonalidad clara, con una matriz fina, clasificándola como caliza *Packstone* (Dunham 1962). En algunos puntos se logran observar tonalidades rojizas debido a la presencia de algunos óxidos y en otros casos tonalidades naranjas debido al contenido de arcilla entre juntas y el cual ha sido lavado por el agua.

El área se clasifica como parte de la Formación Cobán, descrita por Sapper (1899) con una edad Mesozoica del periodo

Cretácico (Aptiano- Santoniano), su localidad tipo se encuentra en la cantera sobre la carretera Cobán – Carchá y al oeste de la ciudad de Cobán, *Vinson* (1962).

La roca dominante en la formación Cobán está compuesta de calizas y dolomías Cretácicas, esta formación está dividida en dos grandes miembros:

- a) Miembro dolomítico inferior: dolomitas oscuras y cristalinas, calizas dolomíticas con contenidos de miliolidos.
- b) Miembro de caliza superior: compuesta de calizas *packstone*, con algunas dolomitas y brechas, entre sus fósiles tenemos los rudistas y foraminíferos, *pseudorhapydiodina sp.*, *Dycilina schulmbergeri*, entre otros.¹⁴

El área de estudio, está conformado por la Unidad litológica de calizas *packstone* de la Formación Cobán del Miembro de caliza superior.

Por características observadas en campo se dividió el área en 3 tipos de calizas:

Caliza I: Roca caliza *packstone* de calidad geotécnica media, con dos o tres familias de juntas bien desarrolladas, compuestas de roca con poco suelo.

La fotografía 1 muestra el talud 1, que presenta estas características.

¹⁴ Donnelly T.W., G.S. Home et al. *Bloque maya y chorty*. pág. 4.

FOTOGRAFÍA 1
VISTA GENERAL DE ROCA CALIZA
UBICADA EN LA ZONA DE ESTUDIO



Tomada por: Rocío del Carmen Sánchez Narciso. Año 2016.

En otros puntos ubicados sobre el tramo carretero, la roca presenta coloraciones grises más claras, esto debido a que la excavadora se ha encargado de cortar y limpiar algunos de los taludes sobre la carretera, una vista general de estos se muestra en la fotografía 2 del talud 3.

FOTOGRAFÍA 2

VISTA GENERAL DE ROCA CALIZA COLORACIÓN GRIS CLARA



Tomada por: Rocío del Carmen Sánchez Narciso. Año 2016.

También es posible apreciar en algunos puntos, que la roca ha sufrido meteorización debido a la presencia o paso de agua en los afloramientos, esto provoca que parte del material rocoso haya desaparecido parcialmente, dejando como resultado espacios de gran abertura (aproximadamente de 0,10 m a 0,30 m), que en algunos casos tienden a parecer pequeñas cavernas en el terreno.

Caliza II: estas rocas se encuentran en contacto directo con suelo de coloración rojizo, proveniente del mismo material calcáreo.

En la fotografía 3, se muestra un afloramiento con disolución kárstica, en donde se aprecia como a afectado grandemente a las calizas este proceso de disolución, se ve material transicional de roca a suelo, el agua se ha acumulado en las líneas de debilidad (fracturas y planos estratigráficos) de la roca.

FOTOGRAFÍA 3 VISTA GENERAL DE ROCA AFECTADA POR DISOLUCIÓN KARSTICA



Tomada por: Rocío del Carmen Sánchez Narciso. Año 2016.

Caliza III: suelo proveniente de roca caliza de coloración café y textura superficial franco – limosa, siendo es su mayoría arcillosa y de buen drenaje interno, en donde a nivel general se define que la roca se encuentra mayormente descompuesta, presentando en algunos puntos una meteorización de grado II y en otros donde se observa descompuesto con rasgos de decoloración, se establece con una meteorización de grado III, con poca permeabilidad.

En el mapa 8 se ubican las calizas III como macizos rocosos inconsistentes, ya que las aguas superficiales han ido disolviendo la roca hasta lograr pequeñas cavidades o la descomposición total de la roca.

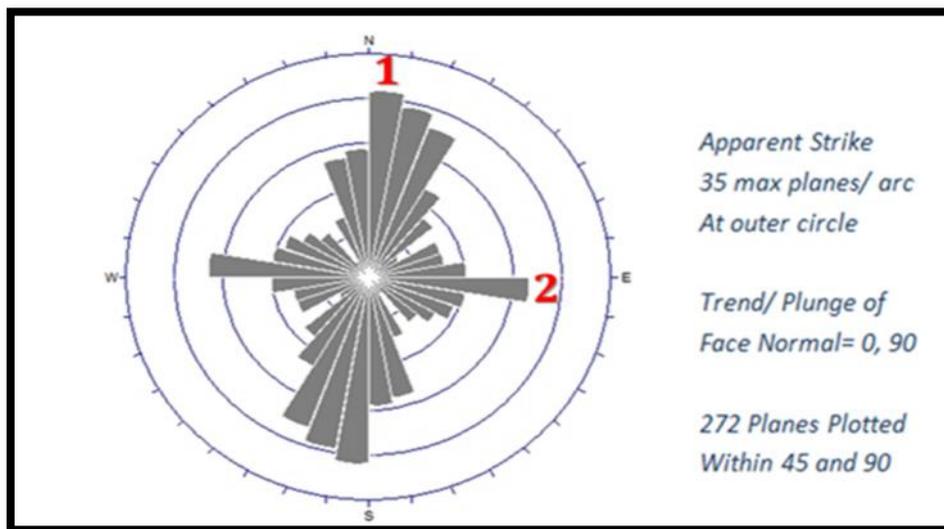
3.1.3. Geología estructural

Para el análisis de la geología estructural del área, se recolectaron datos de todas las juntas observadas en cada uno de los afloramientos, esto con la finalidad de determinar las direcciones preferenciales o principales a la cual se encuentran orientadas las juntas.

La determinación de la dirección preferencial de los rumbos de las juntas fue posible determinarla utilizando diagramas de rosas, y para la determinación de las orientaciones principales se utilizaron diagramas estereográficos.

Como lo muestra la figura 15, se identificaron dos direcciones principales de juntas, siendo la primera con dirección hacia el *N – S* y la segunda hacia el *E – W*. Para definir con claridad la orientación exacta de las juntas, se utilizó diagramas estereográficos.

FIGURA 15
DIAGRAMA DE ROSA MOSTRANDO PRINCIPALES
DIRECCIONES DE LAS JUNTAS

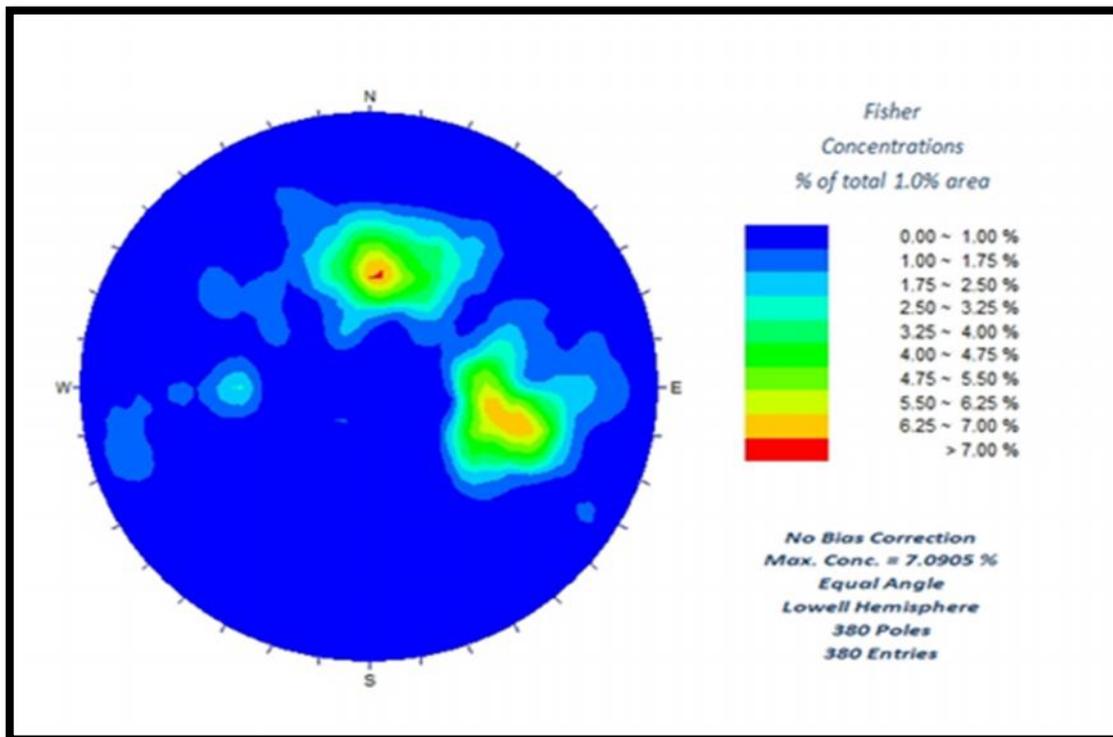


Fuente: Investigación de campo, año 2016.

Como primer paso, se plotearon los polos de cada una de las juntas encontradas y ubicadas en cada uno de los afloramientos sobre el tramo carretero en estudio. En la figura 16 se logra apreciar el diagrama con los polos y la interpolación, para definir las principales familias de juntas.

La figura 16 muestra, al igual que el diagrama de rosa, dos familias u orientaciones principales en las juntas.

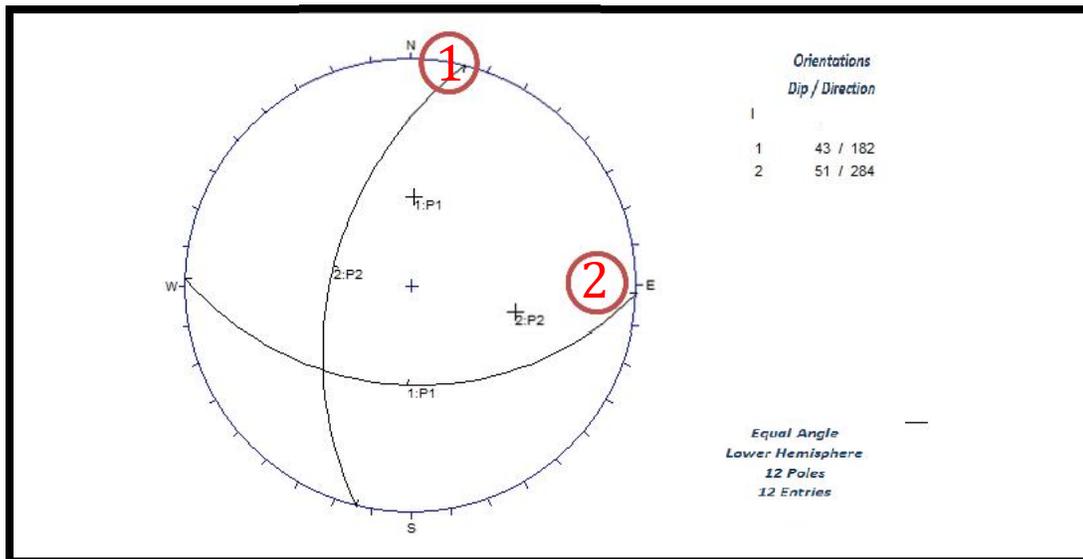
FIGURA 16
DIAGRAMA DE POLOS, ORIENTACIÓN PRINCIPAL DE LAS JUNTAS



Fuente: Investigación de campo, año 2016.

Para determinar la orientación preferencial, se le trazaron a los polos guirnaldas promedio, esto puede observarse en la figura 17.

FIGURA 17
DIAGRAMA MOSTRANDO LAS DIRECCIONES PRINCIPALES



Fuente: Investigación de campo, año 2016.

Realizado el análisis con base a los diagramas obtenidos, se logro establecer dos direcciones principales que presentan las juntas, siendo la primera hacia $43^\circ/N183^\circ$ y la segunda hacia $51^\circ/N284^\circ$, sirviendo esto para análisis de direcciones y con esto determinar hacia qué dirección podrían caerse bloques de roca en función de los taludes.

3.1.4. Resistencia de la roca

La determinación de la resistencia de la matriz rocosa se llevó a cabo mediante el ensayo de compresión simple (*ASTM C-42*). Para llevar a cabo este tipo de ensayo se recolectaron cuatro muestras de roca de tamaño apreciable, bloques de roca de aproximadamente 0,3 m de largo y ancho, estas muestras fueron enviadas al laboratorio de Agregados, Concretos y Morteros de ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

El tipo de ensayo realizado se decidió con base a la naturaleza y características de la roca, ya que fue posible la extracción de un núcleo para su posterior rotura. Los resultados que fueron obtenidos del ensayo se muestran en la tabla 11.

TABLA 11
RESULTADOS PARA LA RESISTENCIA DE LA ROCA

MUESTRA	PESO EN MASA (g)	DIAMETRO (cm)	ALTURA (cm)	CARGA (lb / fuerza)	ÁREA (cm ²)	RESISTENCIA (MPa)
1	1331.3	6.96	13.34	35 100	38.046	41.00
2	1361.1	6.97	13.34	48 000	38.155	55.90
3	1345.2	6.88	13.60	48 000	38.078	57.40
4	1366.3	6.68	13.75	41 500	38.273	49.60

Fuente: investigación de campo, año 2016. Centro de investigaciones de ingeniería, Facultad de ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala.

3.1.5. Caracterización geomecánica

a) Clasificación R.M.R. para las sub-estaciones

Como se mencionó al inicio de este capítulo, las estaciones se dividieron en sub-estaciones debido a la extensión de las mismas. Se determinó el R.M.R. básico para cada una de estas, con la finalidad de tener un índice de calidad geotécnica total de cada una de las estaciones.

Por lo tanto y tomando como referencia la subestación 1, correspondiente a la estación 1, se determinó el índice R.M.R. básico de esta, de la forma mostrada en la Tabla 12.

TABLA 12
DETERMINACIÓN DE R.M.R. SUB-ESTACIÓN 1, ESTACIÓN 1

RESISTENCIA A COMPRESIÓN SIMPLE DE LA ROCA INTACTA (R.M.R. 1)																					
Valor (Mpa)	> 240	240 - 175	175 - 125	125 - 100	100 - 75	75 - 50	50 - 30	30 - 10	< 10	6											
Valoración	15	14	12	10	8	6	4	2	1												
RQD Y ESPACIADO ENTRE DISCONTINUIDADES (R.M.R. 2 + 3)																					
Juntas/m	0	1	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	23
Valoración	4	3	3	3	29	28	27	26	25	23	22	22	21	20	19	18	17	16	16	15	
Juntas/m	1	2	2	2	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	
Valoración	1	1	1	1	12	11	11	10	10	10	9	9	9	8	8	8	8	8	7	7	
Juntas/m	3	4	4	4	43	44	45	46	47	48	49	50									
Valoración	7	7	7	7	5	5	5	4	4	4	4	3									
CONDICIONES DE LAS DISCONTINUIDADES (R.M.R. 4)																					
Persistencia	< 1 m	1 - 3 m			3 - 10 m			10 - 20 m			> 20 m			1							
	6	4			2			1			0										
Apertura	0	< 0.1 mm			0.1 - 1 mm			1 - 5 mm			> 5 mm			1							
	6	5			4			1			0										
Rugosidad	Muy rugosa	Rugosa			Liger. Rugosa			Lisa			Espejo de falla			3							
	6	5			3			1			0										
Relleno	Ninguno	Relleno duro			Relleno blando			3													
		Apertura < 5 mm	Apertura > 5 mm			Apertura < 5 mm	Apertura > 5 mm														
Grado de meteorización	No afectado	Ligero			Moderado			Alto			Descompuesto			3							
	6	5			3			1			0										
CONDICIONES HIDROGEOLÓGICAS (R.M.R. 5)																					
Estado	Seco	Lig. Húmedo			Húmedo			Goteando			Flujo			10							
Flujo (l/min)	0	< 1			1 - 2.5			2.5 - 12.5			> 12.5										
Valoración	15	10			7			4			0										
TOTAL																				50	

Fuente: Investigación de campo 2017.

Como se mencionó anteriormente en la metodología, al tener de resultado un *R.M.R.* básico de 50 puntos, se califica como una roca de calidad geotécnica media con las siguientes características: resistencia a compresión simple buena, medianamente fracturada con

una cantidad promedio de 13 juntas/m, estas en su mayoría con superficies ligeramente rugosas.

La mayor parte de las discontinuidades no sobrepasan los 20 m de longitud según buzamiento y esto con base a la extensión del macizo, a su vez se encuentran rellenas de material blando de tipo arcilloso y otras de material duro de tipo calcáreo (calcita) sin sobrepasar los 0,005 m de espesor en promedio. Una vista general del macizo rocoso con estas características se muestra en la fotografía 4.

FOTOGRAFÍA 4

VISTA GENERAL SUB-ESTACIÓN 1, ESTACIÓN 1, CALIDAD GEOTÉCNICA MEDIA



Tomada por: Rocío del Carmen Sánchez Narciso. Año 2016.

Este procedimiento se realizó con cada una de las sub-estaciones, con el fin de determinar la calidad geotécnica de los macizos rocosos, los datos recolectados

se pueden observar en el anexo 3. En la Tabla 13 se presenta los resultados obtenidos para cada una de las subestaciones.

TABLA 13
RESULTADOS OBTENIDOS DE R.M.R. BÁSICO
PARA LAS SUB-ESTACIONES

EST.	SUB-ESTACIÓN	CALIDAD GEOTÉCNICA	R.M.R.	EST.	SUB-ESTACIÓN	CALIDAD GEOTÉCNICA	R.M.R.	
1	P1	Media	50	3	P3	Media	48	
	P2	Media	51		P4	Media	50	
	P3	Media	46		P5	Media	46	
	P4	Media	48		P6	Media	47	
	P5	Media	50		P7	Media	50	
	P6	Media	43		P8	Media	48	
	P7	Media	45		P9	Media	51	
2	P1	Media	48	4				
	P2	Media	52		P1	Media	50	
	P3	Media	50	5	P1	Media	49	
	P4	Media	50		P2	Media	46	
	P5	Media	50		P3	Media	48	
	P6	Media	52		P4	Media	51	
	P7	Media	48		P5	Media	53	
	P8	Media	47		6	P1	Media	47
	P9	Media	46			P2	Media	48
3	P1	Media	48	6	P3	Media	50	
	P2	Media	45		P4	Media	52	

Fuente: investigación de campo 2017.

Como se observa en la tabla anterior, los valores de *R.M.R.* de cada una de las sub-estaciones refleja una calidad geotécnica media para cada una de ellas.

Para determinar el valor del *R.M.R.* corregido, se empleó un factor de corrección el cual fue determinado en base a la orientación de las estructuras. Para cada una de

las sub-estaciones, se determinó un valor promedio del factor de corrección, con el fin de definir un valor global para cada una de las sub-estaciones.

Por lo tanto se suma este factor de corrección a los valores de *R.M.R.* básico para obtener el valor real del *R.M.R* corregido. Los resultados se muestran en la tabla 14.

TABLA 14
RESULTADOS OBTENIDOS DE LA CALIDAD GEOTÉCNICA
DE LAS SUB-ESTACIONES

EST. T.	SUB - ESTACIÓN	<i>R.M.R. BÁSICO</i>	F.C.	<i>R.M.R. CORREGIDO</i>	EST.	SUB - ESTACIÓN	<i>R.M.R. BÁSICO</i>	F.C.	<i>R.M.R. CORREGIDO</i>
1	P1	50	-10	40	3	P3	48	-7	41
	P2	51	-8	43		P4	50	-5	45
	P3	46	-6	40		P5	46	-5	41
	P4	48	-6	42		P6	47	-7	40
	P5	50	-6	44		P7	50	-10	40
	P6	43	-3	40		P8	48	-5	43
	P7	45	-4	41		P9	51	-2	49
2	P1	48	-5	43	4				
	P2	52	-9	43		P1	50	-6	44
	P3	50	-5	45		5	P1	49	-5
	P4	50	-9	41	P2		46	-5	41
	P5	50	-9	41	P3		48	-5	43
	P6	52	-10	42	P4		51	-5	46
	P7	48	-7	41	P5		53	-13	40
	P8	47	-5	42	6		P1	47	-7
	P9	46	-5	41		P2	48	-6	42
3	P1	48	-8	40		P3	50	-2	48
	P2	45	-5	40	P4	52	-5	47	

Fuente: Investigación de campo 2017.

Al verificar los valores obtenidos del *R.M.R.* con la corrección debido a la relación de las estructuras con

respecto al talud, se llega a establecer que las sub-estaciones presentan una calidad geotécnica media.

b) Clasificación R.M.R. para las estaciones

Al haber obtenido la calidad geotécnica de las sub-estaciones que componen a cada una de las estaciones, se procede a obtener el valor de *R.M.R.* corregido para definir la calidad geotécnica del macizo rocoso. Este resultado se obtiene mediante un cálculo promedio con cada uno de los valores para cada sub-estación. En la tabla 15, se presenta el procedimiento para la estación 1.

**TABLA 15
R.M.R. PARA LA ESTACIÓN 1**

ESTACIÓN	SUB-ESTACIÓN	<i>R.M.R.</i> CORREGIDO	<i>R.M.R.</i> PROMEDIO	CALIDAD DEL MACIZO ROCOSO
1	P1	40	41	Media
	P2	43		
	P3	40		
	P4	42		
	P5	44		
	P6	40		
	P7	41		

Fuente: Investigación de campo 2017.

Por lo tanto, el procedimiento anteriormente mostrado, se realizó de igual forma para el resto de estaciones, dando como resultado la tabla 16.

**TABLA 16
CALIDAD GEOTÉCNICA E ÍNDICE R.M.R. PARA ESTACIONES**

ESTACIÓN	<i>R.M.R.</i>	CALIDAD GEOTÉCNICA
1	41	Media
2	42	Media
3	42	Media
4	44	Media
5	43	Media
6	44	Media

Fuente: Investigación de campo 2017.

Al igual que en los resultados reflejados para cada una de las sub-estaciones, los resultados obtenidos mediante los promedios de cada una de las estaciones indica una calidad geotécnica media o regular para cada uno de los macizos rocosos.

En los resultados observados se puede observar que los valores presentan una similitud entre ellos, lo que indica características similares entre los macizos rocosos.

c) Clasificación S.M.R. para las sub-estaciones

Como se ha mencionado en el capítulo II, de metodología, el sistema *S.M.R.* de Romana incluye factores de corrección que relacionan la orientación y inclinación de las juntas con respecto a la geometría del talud.

Para la determinación del valor correspondiente a cada una de las sub-estaciones, se determinó un valor promedio para cada una de las correcciones propuestas por el sistema *R.M.R.* esto con la finalidad de establecer un valor general para el macizo rocoso y el cual relaciona a las estructuras con el talud.

En la tabla 17, se muestra el valor promedio de corrección de cada factor, correspondientes a cada estación.

**TABLA 17
DATOS UTILIZADOS PARA EL SISTEMA S.M.R.**

ESTACIÓN	SUB-ESTACIÓN	<i>R.M.R.</i> básico	F1	F2	F3	F4*
1	1	50	0,15	0,19	-10	0
	2	51	0,15	0,39	-8	0
	3	46	0,15	0,32	-6	0
	4	48	0,19	0,58	-6	0

	5	50	0,25	0,33	-6	0
	6	43	0,15	0,34	-3	0
	7	45	0,15	0,15	-4	0
2	1	48	0,15	0,39	-5	0
	2	52	0,15	0,18	-9	0
	3	50	0,15	0,15	-5	0
	4	50	0,15	0,52	-9	0
	5	50	0,15	0,52	-9	0
	6	52	0,15	0,41	-10	0
	7	48	0,42	0,70	-7	0
	8	47	0,49	0,76	-5	0
	9	46	0,15	0,82	-5	0
3	1	48	0,43	0,53	-8	0
	2	45	0,28	0,38	-5	0
	3	48	0,22	0,31	-7	0
	4	50	0,70	0,53	-5	0
	5	46	0,20	0,37	-5	0
	6	47	0,32	0,39	-7	0
	7	50	0,20	0,35	-10	0
	8	48	0,35	0,52	-5	0
	9	51	0,15	0,15	-2	0
4	1	50	0,15	0,29	-6	0
5	1	49	0,18	0,65	-5	0
	2	46	0,26	0,56	-5	0
	3	48	0,26	0,71	-5	0
	4	51	0,51	0,75	-5	0
	5	53	0,19	0,69	-13	0
6	1	47	0,45	0,82	-7	0
	2	48	0,23	0,51	-6	0
	3	50	0,15	0,15	-2	0
	4	52	0,20	0,29	-5	0

Fuente: Investigación de campo 2017. (* el valor se debe a excavación mecanizada).

Ya generados los factores de corrección para la determinación del *S.M.R.*, se procede a utilizar la fórmula que define tal sistema y utilizando como ejemplo la subestación 1 de la estación 1, se establece de la siguiente forma:

$$S.M.R. = R.M.R.b + (F1 * F2 * F3) + F4$$

$$S.M.R. E1.P1 = 52 + (0.15 * 0.19 * -12) + 0$$

$$S.M.R. E1.P1 = 52$$

Al final se obtiene el valor de *S.M.R.* para la subestación 1 de la estación 1, siendo de 50 puntos. El procedimiento se realiza de la misma manera para las

demás sub-estaciones, con la finalidad de obtener el valor de *S.M.R.* para cada una de ellos.

En la tabla 18, se observan los valores respectivos para cada uno de los macizos rocosos correspondientes a las sub-estaciones, reflejando valores entre los 40 y los 53 puntos.

TABLA 18
VALORES S.M.R. PARA SUB-ESTACIONES

ESTACIÓN	SUB-ESTACIÓN	S.M.R.	ESTACIÓN	SUB-ESTACIÓN	S.M.R.	
1	1	50	3	3	48	
	2	51		4	50	
	3	46		5	46	
	4	48		6	47	
	5	50		7	50	
	6	43		8	48	
	7	45		9	51	
2	1	48		4	1	50
	2	52		5	1	49
	3	50	2		46	
	4	50	3		48	
	5	50	4		51	
	6	52	5		53	
	7	48	6	1	47	
	8	47		2	48	
	9	46		3	50	
3	1	48		4	52	
	2	45				

Fuente: investigación de campo. Año 2016.

d) Clasificación S.M.R. para las estaciones

Al igual que con el sistema *R.M.R.*, para este sistema se realizó un promedio con cada sub-estación, con la finalidad de establecer el valor de *S.M.R.* para cada uno de los macizos rocosos.

Estos resultados se resumen la tabla 19, el cual se muestra a continuación.

TABLA 19
VALORES DE S.M.R. PARA CADA ESTACIÓN

ESTACIÓN	S.M.R.
1	49
2	50
3	49
4	52
5	50
6	50

Fuente: Investigación de campo 2017.

Como se observa en la tabla 17, los valores correspondientes al S.M.R. se encuentran entre 49 puntos y 52 puntos, para los macizos rocosos.

3.1.6. Angulo de fricción

El ángulo de fricción determinado se utilizó en la determinación de mecanismos de rotura y la estabilidad de los mismos.

Para la determinación del ángulo de fricción, se utilizaron tres criterios: el primero consistió en la búsqueda bibliográfica para obtener un ángulo de fricción teórico; en segunda instancia se utilizaron diagramas estereográficos con la finalidad de conjugar familias de discontinuidades y obtener un valor de ángulo de fricción; por último el tercer criterio se llevó a cabo mediante una prueba en campo denominado ensayo de pruebas deslizantes (*Tilt Test*, Kliche 1999).

Este último criterio determina el ángulo de fricción mediante dos bloques de roca colocados uno sobre otro, hasta el punto en que ambos deslicen. Los intervalos de los resultados obtenidos se muestran en la tabla 20.

TABLA 20
ÁNGULO DE FRICCIÓN PARA LA CALIZA

CRITERIO	TEÓRICO ROCA CALIZA	ESTEREOGRÁFICO, ROCA CALIZA	TILT TEST ROCA CALIZA	PROMEDIO (UTILIZADO)
INTERVALOS	35° – 50°	30° – 40°	35° – 58°	41°
PROMEDIO	42°	35°	46°	

Fuente: Investigación de campo 2017.

3.1.7. Familias de juntas

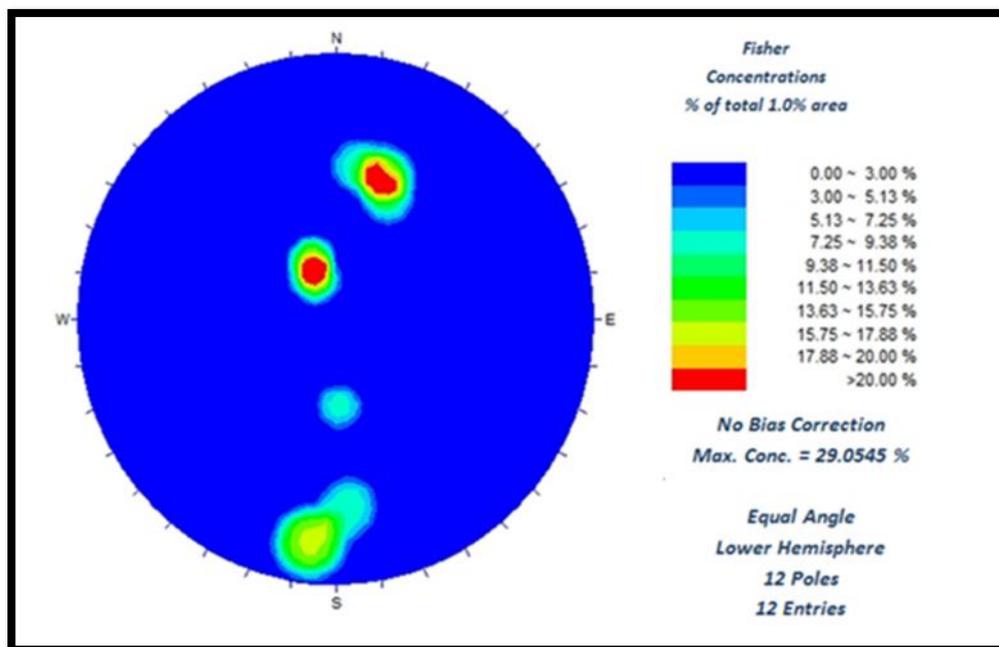
Durante el levantamiento y recolección de datos sobre la calidad geotécnica de los macizos, se recolectaron datos estructurales de las juntas que se encuentran afectando a cada una de las estaciones definidas, esto con el fin de definir las distintas familias que pueden formar roturas en los taludes.

A lo largo del levantamiento se logró diferenciar varias juntas y familias, las fichas de levantamiento o de toma de datos se presentan en el anexo 1.

Para definir las diferentes familias de juntas que se presentan en cada uno de los macizos rocosos se emplearon diagramas estereográficos de polos. Ya que los macizos se han dividido en subestaciones, el proceso para la determinación de familias se realizó con cada una de las subestaciones, posterior a esto se realizó la determinación de familias de los taludes totales o definitivos.

Como se mencionó, primeramente, se definieron las principales familias de juntas de cada una de las subestaciones, en base a los polos se definieron las principales familias, esto puede verse en la figura 18.

FIGURA 18
DIAGRAMA DE POLOS SUBESTACIÓN P1, ESTACIÓN 1

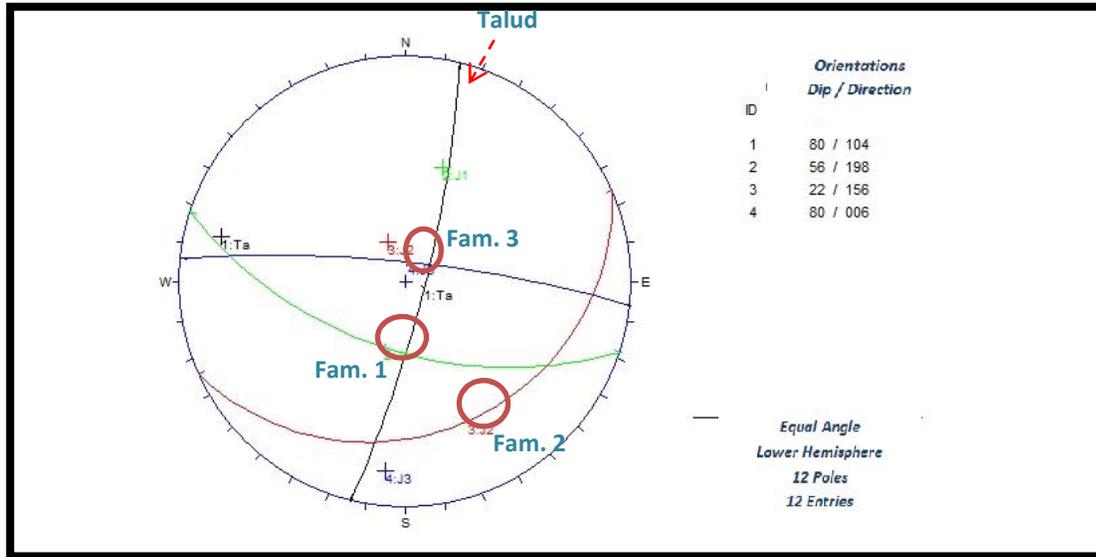


Fuente: Investigación de campo 2017.

Como la figura anterior lo muestra, se definen tres familias de juntas, las cuales se encuentran afectando a la subestación P1 de la estación 1.

Estos planos pueden observarse en la figura 19, la cual se muestra a continuación.

FIGURA 19
PRINCIPALES FAMILIAS DE JUNTAS QUE AFECTAN LA
SUBESTACIÓN P1, ESTACIÓN 1



Fuente: Investigación de campo 2017.

En base a la figura anterior se definieron tres familias principales de juntas, siendo estas $J1 = 56^\circ/N198^0$, $J2 = 22^\circ/N156^0$ y $J3 = 80^\circ/N006^0$. En la tabla 21, se muestran las principales familias de juntas de cada una de las subestaciones definidas.

TABLA 21
PRINCIPALES FAMILIAS DE JUNTAS QUE AFECTAN A
SUBESTACIONES

ESTACIÓN	SUB-ESTACIÓN	TALUD	FAMILIA	DIP	DIR	
1	P1	80°/ N104°	J1	56°	N198°	
			J2	22°	N156°	
			J3	80°	N006°	
	P2		J1	19°	N035°	
			J2	29°	N167°	
			J3	67°	N158°	
	P3		J2	45°	N207°	
			P4	J1	55°	N141°
				J2	77°	N132°
	J3			46°	N331°	
P5	J1	40°	N181°			
	J2	42°	N121°			

			J3	57 ⁰	N018 ⁰
	P6		J1	60 ⁰	N040 ⁰
	P7		J2	43 ⁰	N185 ⁰
			J1	44 ⁰	N182 ⁰
2	P1	69 ⁰ / N168 ⁰	J1	84 ⁰	N074 ⁰
			J2	78 ⁰	N302 ⁰
	P2		J1	79 ⁰	N068 ⁰
			J2	71 ⁰	N264 ⁰
	P3		J1	53 ⁰	N257 ⁰
	P4		J1	67 ⁰	N269 ⁰
	P5		J1	51 ⁰	N308 ⁰
			J2	64 ⁰	N114 ⁰
			J3	53 ⁰	N217 ⁰
	P6		J1	63 ⁰	N282 ⁰
			J2	40 ⁰	N222 ⁰
	P7		J1	51 ⁰	N180 ⁰
	J2	65 ⁰	N321 ⁰		
P8	J1	75 ⁰	N157 ⁰		
	J2	69 ⁰	N216 ⁰		
P9	J1	60 ⁰	N208 ⁰		
	J2	47 ⁰	N305 ⁰		
3	P1	71 ⁰ / N202 ⁰	J1	80 ⁰	N082 ⁰
			J2	52 ⁰	N215 ⁰
	P2		J1	57 ⁰	N278 ⁰
			J2	76 ⁰	N262 ⁰
	P3		J1	38 ⁰	N299 ⁰
			J2	54 ⁰	N277 ⁰
	P4		J3	58 ⁰	N117 ⁰
	P5		J1	33 ⁰	N193 ⁰
	P6		J1	59 ⁰	N176 ⁰
			J2	54 ⁰	N180 ⁰
	P7		J1	49 ⁰	N087 ⁰
	P8		J1	46 ⁰	N169 ⁰
J2		64 ⁰	N284 ⁰		
	J3	62 ⁰	N191 ⁰		
P9	J1	66 ⁰	N088 ⁰		
	J2	43 ⁰	N290 ⁰		
4	P1	88 ⁰ / N206 ⁰	J1	41 ⁰	N270 ⁰
			J2	63 ⁰	N125 ⁰
5	P1	61 ⁰ / N248 ⁰	J1	45 ⁰	N204 ⁰
	P2		J1	45 ⁰	N193 ⁰
			J2	52 ⁰	N159 ⁰
	P3		J3	45 ⁰	N294 ⁰
	P4		J1	47 ⁰	N285 ⁰
P5	J1	44 ⁰	N270 ⁰		
			J1	55 ⁰	N286 ⁰
6	P1	61 ⁰ / N248 ⁰	J1	64 ⁰	N110 ⁰
			J2	45 ⁰	N244 ⁰
	J3		82 ⁰	N005 ⁰	
	P2		J1	35 ⁰	N012 ⁰
	P3		J1	55 ⁰	N127 ⁰
P4	J1	43 ⁰	N131 ⁰		

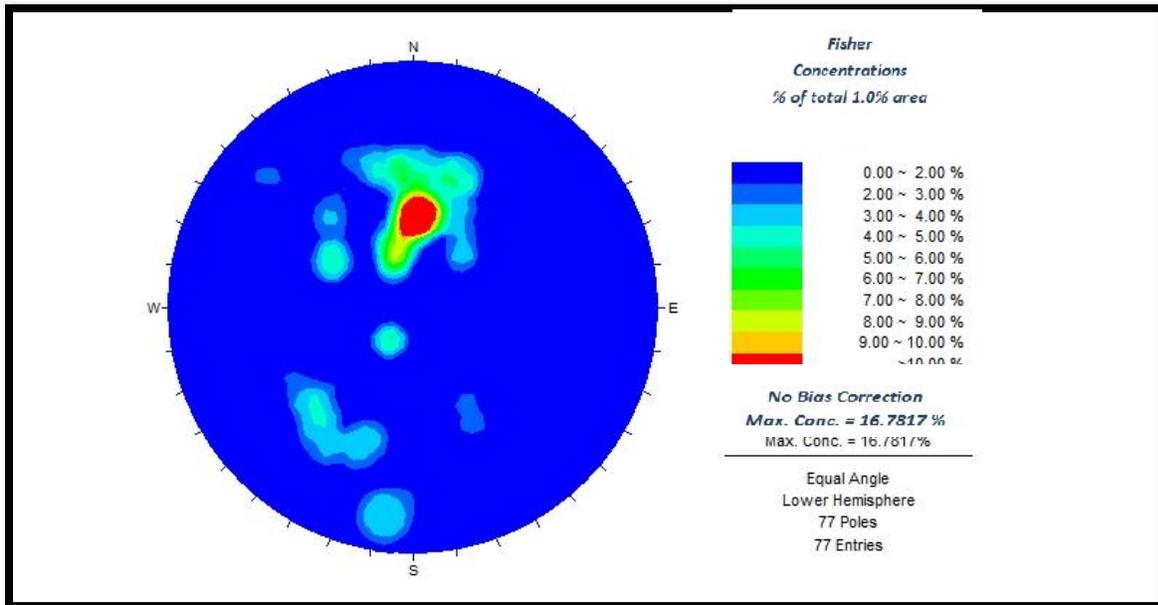
			J3	72°	N043°
--	--	--	----	-----	-------

Fuente: Investigación de campo 2017.

Al igual que en las subestaciones, se realizó el mismo análisis y determinación de familia de juntas para las estaciones, esto con la totalidad de datos recolectados en cada uno de los macizos rocosos.

El proceso utilizado es el mismo, primero se plotean los polos de cada uno de los planos recolectados, posterior a esto se definen los planos promedios de cada uno, los cuales corresponden a las principales familias de juntas. Para el caso de la estación 1, la figura 20 muestra el diagrama de polos para estos datos.

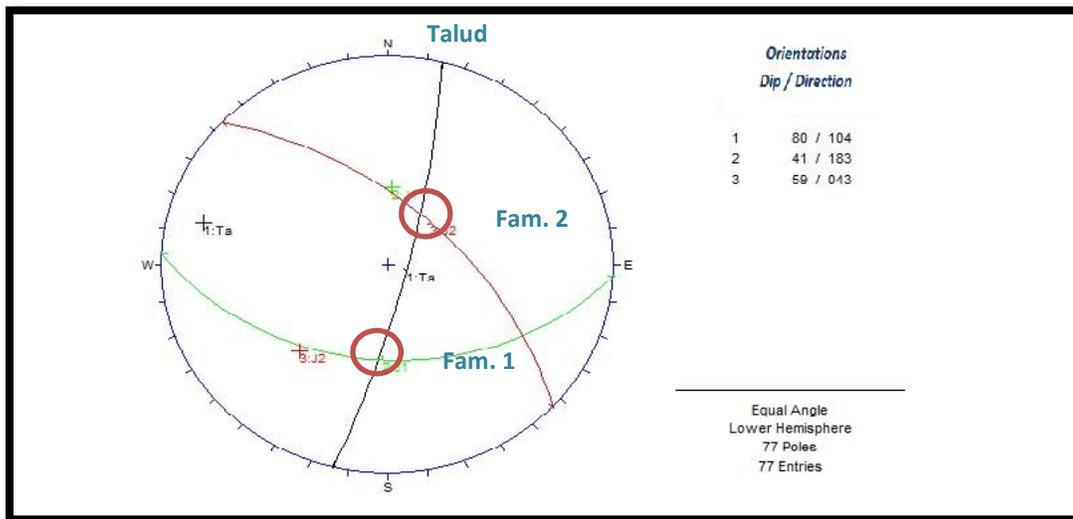
FIGURA 20
DIAGRAMA DE POLO CORRESPONDIENTE A LA ESTACIÓN 1



Fuente: Investigación de campo 2017.

En base a la figura anterior se logran identificar dos familias principales de juntas, esto se puede observar en la figura 21 que se muestra a continuación.

FIGURA 21
PRINCIPALES FAMILIAS DE JUNTAS, ESTACIÓN 1



Fuente: Investigación de campo 2017.

En total se lograron definir 6 estaciones a lo largo de la carretera en estudio, las familias que se establecieron en cada una de las estaciones se muestran en la tabla 22.

TABLA 22
PRINCIPALES FAMILIAS DE JUNTAS
QUE AFECTAN A LAS ESTACIONES

ESTACIÓN	TALUD	FAMILIA	DIP	DIR
1	80°/ N104°	J1	41°	N183°
		J2	59°	N043°
2	69°/ N168°	J1	60°	N211°
		J2	51°	N181°
		J3	49°	N306°
		J4	81°	N071°
3	71°/ N202°	J1	60°	N282°
		J2	47°	N172°
		J3	51°	N086°
4	88°/ N206°	J1	41°	N270°
		J2	63°	N125°
5	61°/ N248°	J1	46°	N280°
		J2	46°	N197°
6	61°/ N248°	J1	66°	N119°
		J2	75°	N047°

		J3	82°	N005°
--	--	----	-----	-------

Fuente: Investigación de campo 2017.

Como se puede observar, se lograron definir un promedio de entre 2 y 3 familias por estación, en algunos casos se lograron identificar 4 familias, estos en donde los macizos rocosos se encuentran altamente fracturados.

Después de definir cada una de las familias de juntas que se encuentran afectando a los taludes ubicados sobre la carretera en estudio, se continúa con la determinación de roturas que se encuentran afectando a los macizos rocosos. Este proceso y resultados obtenidos se describen a continuación.

3.1.8. Mecanismos de rotura

Posterior a la identificación de familias en cada uno de los taludes ubicados sobre la carretera en estudio, se prosigue con la definición de los diferentes tipos de rotura que pueden afectar en tal medida, la estabilidad de estos taludes.

Para la determinación de estos mecanismos de rotura, se realizó un análisis cinemático con los datos recolectados y las familias definidas en el apartado anterior. El análisis cinemático se realizó utilizando métodos estereográficos, estos descritos en los capítulos anteriores.

En este caso, se realizó la interpretación de mecanismos de una manera local para cada una de las sub-estaciones, como también los mecanismos de rotura a nivel global de macizo rocoso, esto con el fin de establecer la estabilidad por zonas y en la totalidad del macizo.

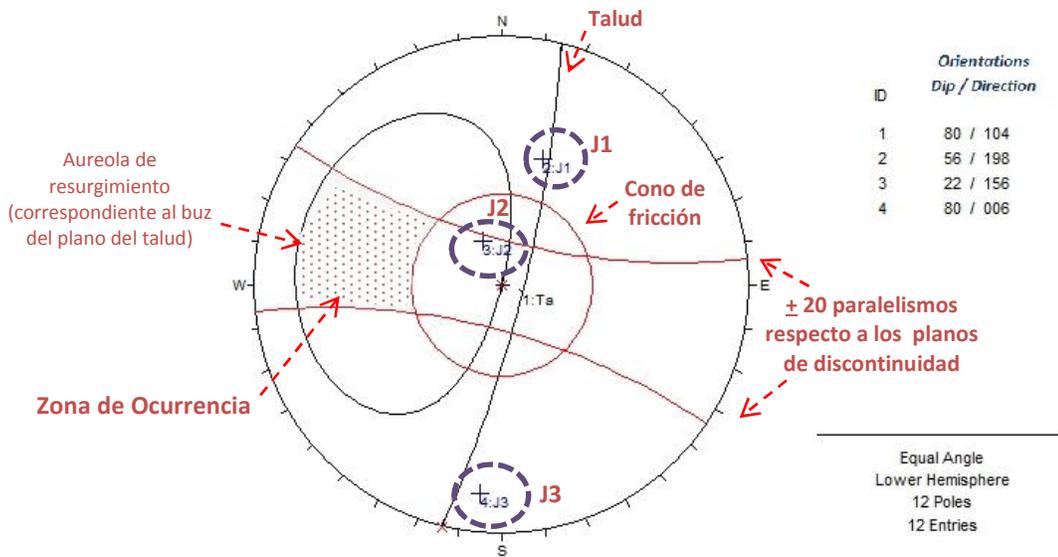
Primeramente se realizó la clasificación de mecanismos de rotura para cada una de las sub-estaciones. Para estos casos, se dibujaron en un diagrama estereográfico las condiciones de cada una de las roturas, luego de esto se graficó cada uno de los planos o polos de las familias de juntas, esto dependiendo del tipo de rotura o análisis que se realizó.

Tomando siempre como referencia la sub-estación 1 de la estación 1, se llevó a cabo la determinación de la rotura plana en base a la aureola de resurgimiento. Este procedimiento consiste en graficar el plano correspondiente al talud bajo estudio, conjuntamente con este se dibuja la aureola correspondiente al buzamiento del plano.

Teniendo en cuenta esto, se trazan dos círculos mayores con una separación de $\pm 20^\circ$, lo cual indicará el paralelismo de la estructura con el talud, también se debe dibujar el cono de fricción a partir del centro.

Por último se grafican los polos correspondientes a cada una de las familias de juntas determinadas con anterioridad. La zona con probabilidad de ocurrencia para este mecanismo se localiza entre la aureola de resurgimiento y el cono de fricción, e igualmente la dirección debe ser paralela a la del talud, este de color gris en el diagrama estereográfico. De manera resumida, este procedimiento se muestra en la figura 22.

**FIGURA 22
DETERMINACIÓN DE ROTURA PLANA**



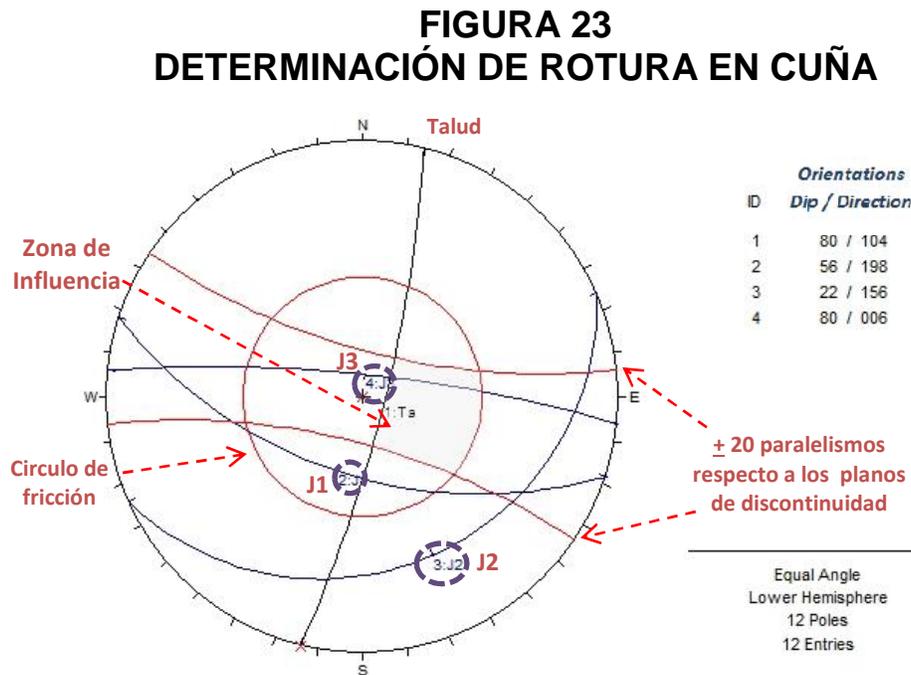
Fuente: Investigación de campo 2017.

Como se observa en la figura anterior, ninguno de los polos graficados cae dentro de la zona de ocurrencia, esto significa que no existe probabilidad alguna de que se presente alguna rotura plana.

Continuando con la rotura en cuña, de igual forma se graficaron las condiciones para la ocurrencia y luego se trazaron los planos correspondientes a cada una de las familias de juntas.

El procedimiento se resume de la siguiente manera: en el diagrama estereográfico se grafica el círculo de fricción (este a partir desde el exterior) posterior a esto se trazan dos círculos con un intervalo de $\pm 20^\circ$ para verificar el paralelismo con el talud. Al tener todo esto se procede a graficar a cada uno de los planos correspondientes a las familias de juntas.

Para esto se tienen que tomar en cuenta todas las intercepciones entre planos y que está a su vez caiga dentro de la zona delimitada por el plano del talud y el círculo de fricción. De manera gráfica este procedimiento se muestra en la figura 23.



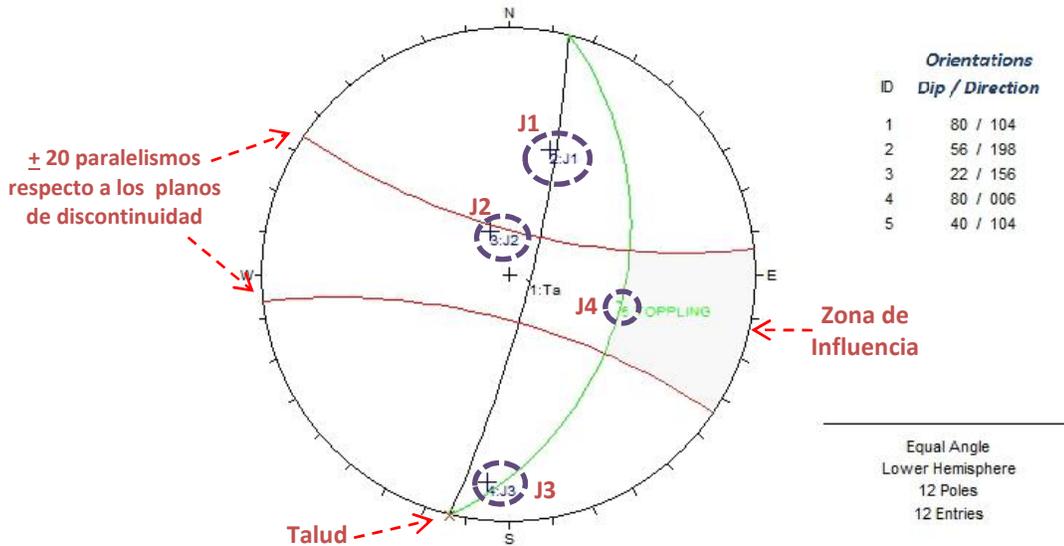
Fuente: Investigación de campo 2017.

Como se observa ninguna de las intercepciones de planos cae dentro de la zona de probabilidad de ocurrencia de rotura, esta de color gris, por lo que significa que el talud o sub-estación se encuentra fuera de la ocurrencia de este tipo de rotura.

Por último se tiene la rotura por vuelco, el procedimiento para este tipo se resume de la siguiente forma: se debe graficar dos círculos con un intervalo de $\pm 20^\circ$ con la finalidad de verificar el paralelismo con el plano del talud. Posterior a esto debe dibujarse el ángulo de fricción como un plano con la misma dirección del talud y con el valor que corresponde a partir del mismo.

Por último se deben trazar cada uno de los polos correspondientes a las familias de juntas. Como resultado de esto se obtiene la figura 24.

FIGURA 24
DETERMINACIÓN DE ROTURA POR VUELCO



Fuente: Investigación de campo 2017.

Por último la zona de probabilidad de ocurrencia no se encuentra en el área de alguno de los planos correspondientes a las familias, esto define que no existe ocurrencia de rotura por vuelco.

Este procedimiento se realizó con cada una de las sub-estaciones con la finalidad de obtener el mecanismo de rotura que puede estar afectando a cada una de ellas. En base a los resultados, se presenta la tabla 23 con cada uno de los mecanismos de rotura y la probabilidad de ocurrencia que existe.

TABLA 23
MECANISMOS DE ROTURA
PARA CADA UNA DE LAS SUB-ESTACIONES

SUB-ESTACIÓN	TALUD			PLANAR			CUÑA					VUELCO	
	DIP	DIR	ALTURA	FAM	DIP	DIR	FAM	DIP	DIR	DIP	DIR	DIP	DIR
P1	80°	N104°	3, 50	NP	-	-	NP	-	-	-	-	NP	-
P2				NP	-	-	NP	-	-	-	-	NP	-
P3				NP	-	-	NP	-	-	-	-	NP	-
P4				NP	-	-	NP	-	-	-	-	NP	-
P5				J2	42°	121°	NP	-	-	-	-	NP	-
P6				NP	-	-	NP	-	-	-	-	NP	-
P7				NP	-	-	NP	-	-	-	-	NP	-
P1	69°	N168°	3, 75	NP	-	-	NP	-	-	-	-	NP	-
P2				NP	-	-	NP	-	-	-	-	NP	-
P3				NP	-	-	NP	-	-	-	-	NP	-
P4				NP	-	-	NP	-	-	-	-	NP	-
P5				NP	-	-	J2 - J3	64°	114°	53°	217° ₀	NP	-
P6				NP	-	-	NP	-	-	-	-	NP	-
P7				J1	51°	180°	NP	-	-	-	-	NP	-
P8				NP	-	-	NP	-	-	-	-	NP	-
P9				NP	-	-	NP	-	-	-	-	NP	-
P1	71°	N202°	3, 20	J2	52°	215°	NP	-	-	-	-	NP	-
P2				NP	-	-	NP	-	-	-	-	NP	-
P3				NP	-	-	NP	-	-	-	-	NP	-
P4				NP	-	-	NP	-	-	-	-	NP	-
P5				NP	-	-	NP	-	-	-	-	NP	-
P6				J2	54°	180°	J1 - J2	59°	286°	54°	180° ₀	NP	-
P7				NP	-	-	NP	-	-	-	-	NP	-
P8				J3	62°	191°	J2 - J3	64°	284°	62°	191° ₀	NP	-
P9				NP	-	-	NP	-	-	-	-	NP	-
P1	88°	N206°	3, 00	NP	-	-	NP	-	-	-	NP	-	
P1	61°	N248°	4, 20	NP	-	-	NP	-	-	-	-	NP	-
P2				NP	-	-	NP	-	-	-	-	NP	-
P3				NP	-	-	NP	-	-	-	-	NP	-
P4				J1	44°	270°	NP	-	-	-	-	NP	-
P5				NP	-	-	NP	-	-	-	-	NP	-

P1	61°	N248°	3, 25	J2	45°	244°	NP	-	-	-	-	NP	-
P2				NP	-	-	NP	-	-	-	-	NP	-
P3				NP	-	-	NP	-	-	-	-	NP	-
P4				NP	-	-	NP	-	-	-	-	NP	-

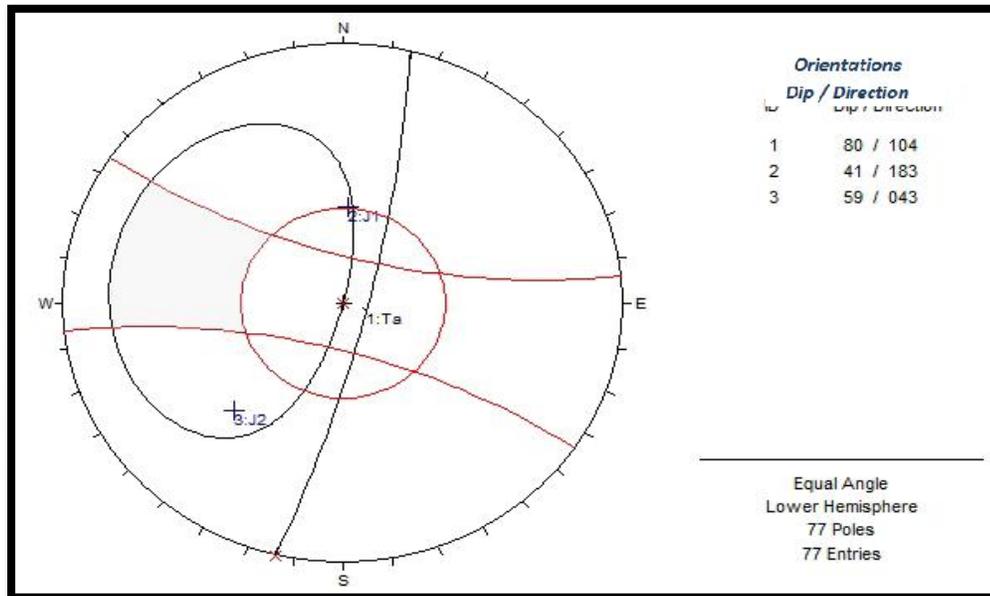
Fuente: Investigación de campo 2017. (NP = no probable)

Como se observa en la tabla anterior, la mayor parte de las familias de juntas definidas para las sub-estaciones, en algunos casos, no afectan de manera directa formando mecanismos de rotura, solo son algunas familias las cuales condicionan a los taludes.

Sin embargo, también se realizó un análisis global con la totalidad de datos recolectados en las sub-estaciones, esto con la finalidad de definir mecanismos de gran importancia y que se encuentran afectando las estaciones.

De igual forma que se definió en las sub-estaciones, se hizo con las estaciones. Se tomaron todos los datos correspondientes a familias de juntas determinadas en el apartado anterior y se plotearon en un diagrama estereográfico. Primeramente, se tomó la rotura plana en la figura 25.

FIGURA 25
ROTURA PLANA EN MACIZO ROCOSO ESCALA GLOBAL,
ESTACIÓN 1

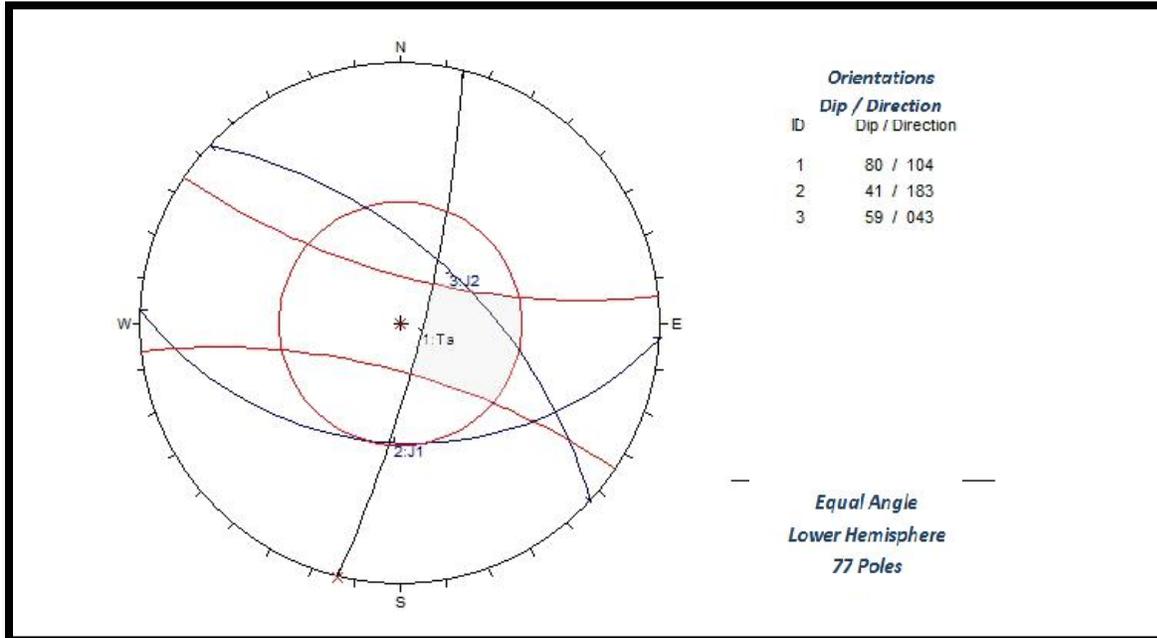


Fuente: Investigación de campo 2017.

Como se puede apreciar las dos familias de juntas, definidas en el apartado de familias de juntas globales, estas caen fuera de la zona de influencia en este caso de color gris, por lo que se define que macizo rocoso se encuentra fuera de probabilidades de que se forme una rotura de tipo plana.

Continuando con el análisis, se prosiguió a realizar el mismo procedimiento para la rotura en cuña, la cual reflejo los resultados mostrados en la figura 26, mostrada a continuación.

FIGURA 26
ROTURA EN CUÑA MACIZO ROCOSO GLOBAL, ESTACIÓN 1

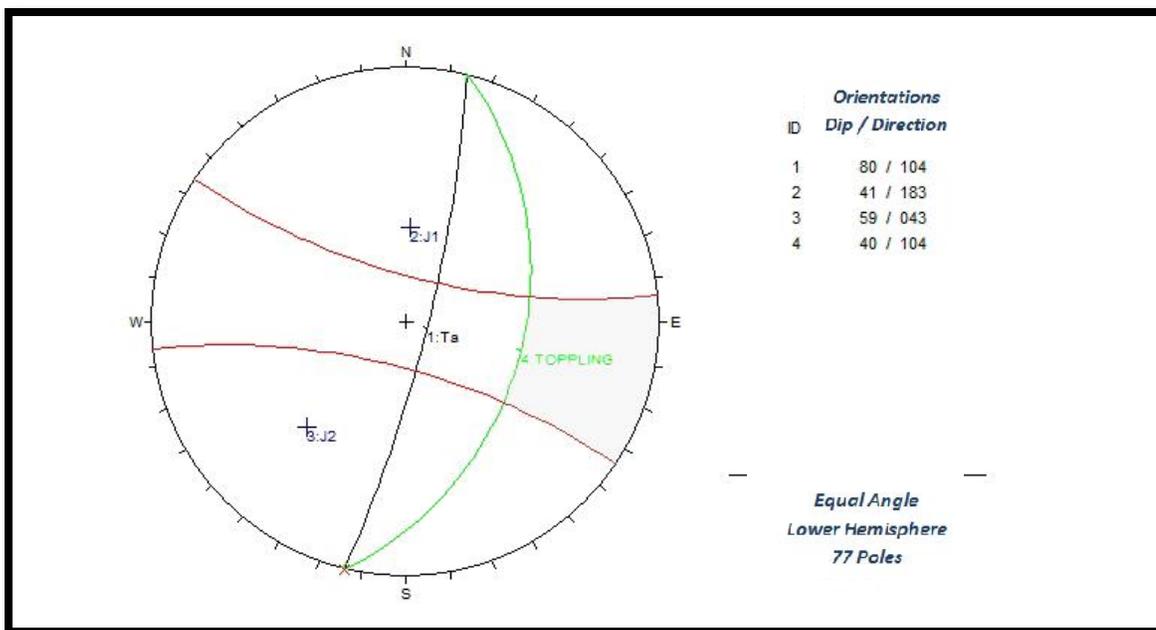


Fuente: Investigación de campo 2017.

Como lo muestra la figura 23, las dos familias de juntas que se muestran generan una rotura en cuña debido a la intersección de los planos, pero esta no cae dentro de la zona de influencia, esto quiere decir que aunque se genere la intersección es poco probable que la rotura ocurra.

Por último, se tiene la rotura por vuelco, esta se toma en cuenta como ilustrativo, ya que debido al tipo de roca que se está estudiando, esta no presenta facilidad en la caída por vuelco. Por lo tanto, la figura 27 muestra el análisis para la rotura en vuelco de la estación 1.

FIGURA 27
ROTURA POR VUELCO MACIZO GLOBAL, ESTACIÓN 1



Fuente: Investigación de campo 2017.

Debido a que ninguno de los polos cae en la zona de influencia, se establece que la estación 1 a nivel global no presenta probabilidades de formación para una rotura por vuelco.

Al realizar el mismo procedimiento para las demás estaciones, en la tabla 24 se resumen los resultados para cada una de ellas.

Para finalizar el apartado, se define que la rotura global para cada una de las estaciones se realizó a manera de referencia y de tal forma que se tenga una idea de que manera afectan las juntas al macizo rocoso, sin embargo, se pondrá mayor énfasis en las roturas establecidas en cada sub-estación.

TABLA 24
ROTURAS EN MACIZOS GLOBALES PARA CADA ESTACIÓN

ESTACION	TALUD			PLANAR			CUÑA				VUELCO			
	DIP	DIR	ALTURA	FAMILIA	DIP	DIR	FAMILIAS	DIP	DIR	DIP	DIR	FAM.	DIP	DIR
1	80°	N104°	3,5	NP	-	-	NP	-	-	-	-	NP	-	-
2	69°	N168°	3,75	J2	51°	N181°	J1 - J4	60°	N211°	81°	N71°	NP	-	-
							J2 - J4	51°	N181°	81°	N171°			
3	71°	N202°	3,2	J2	47°	N172°	NP	-	-	-	-	NP	-	-
4	88°	N206°	3	NP	-	-	NP	-	-	-	-	NP	-	-
5	61°	N248°	4,2	NP	-	-	J1 - J2	46°	N280°	46°	N197°	NP	-	-
6	61°	N248°	3,25	NP	-	-	NP	-	-	-	-	J2	75°	N47°

Fuente: Investigación de campo 2017.

3.1.9. Análisis de estabilidad

Posterior a haber definido los distintos tipos de roturas que se encuentran afectando a los macizos rocosos, se procede a verificar la estabilidad de cada una de las distintas roturas, esto mediante el factor de seguridad.

Para esto existen diversas formas para determinar el factor de seguridad de las roturas, como por ejemplo las descritas en el capítulo 2 de metodología, con el cual se utilizan métodos gráficos para determinar dicho factor. En este caso se utilizarán dos *software* para determinar el factor de seguridad, siendo estos *RocPlane* para roturas planas y *Swedge* para rotura en cuñas.

Estos programas de computadora serán utilizados debido a la exactitud que estos presentan y a la cantidad de datos que utilizan, como lo son la altura del talud, inclinación del mismo, y las características estructurales de las juntas, como también valores de ángulo de fricción.

Por lo que en el siguiente apartado se describirá cada una de las roturas definidas en el apartado anterior. Primeramente, se muestra la tabla 25, en el cual se muestra y describe cada una de las roturas que se encuentran afectando a las sub-estaciones, esto con el fin de demostrar a que macizos se le determina el factor de seguridad.

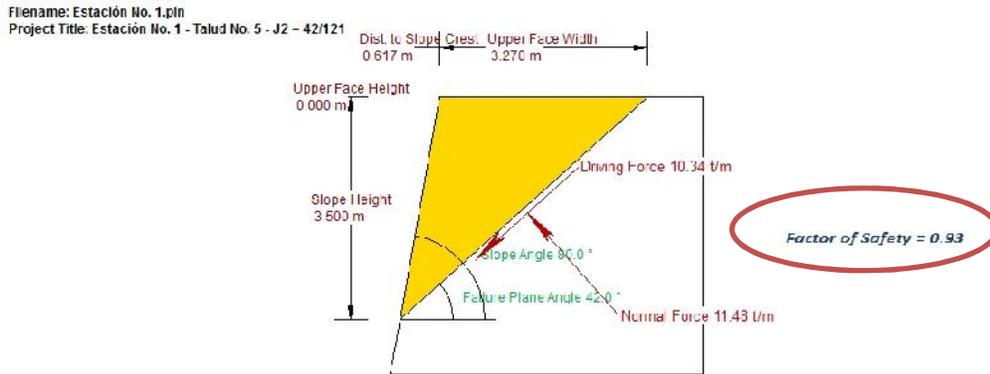
TABLA 25
ROTURAS PROBABLES EN SUB-ESTACIONES

ESTACIÓN	SUB-ESTACIÓN	TALUD		DESCRIPCIÓN
		DIP	DIR	
1	P5	80 ⁰	N 104 ⁰	Rotura plana por J2 42°/ N121 ⁰
2	P5	69 ⁰	N 168 ⁰	Rotura en cuña por J2(64°/ N114 ⁰) - J3 (53°/ N217 ⁰)
	P7			Rotura plana por J1 51°/ N180 ⁰
3	P1	71 ⁰	N 202 ⁰	Rotura plana por J2 52°/ N215 ⁰
	P6			Rotura en cuña por J1 (59°/ N286 ⁰) - J2 (54°/ N180 ⁰)
	P8			Rotura en cuña por J2(64°/ N284 ⁰) - J3 (62° /N191 ⁰)
5	P4	61 ⁰	N 248 ⁰	Rotura plana por J1 44°/ N270 ⁰
6	P1	61 ⁰	N 248 ⁰	Rotura plana por J2 45°/ N244 ⁰

Fuente: Investigación de campo 2017.

Teniendo en cuenta cada uno de las roturas que afectan a las sub-estaciones, se precede a realizar el análisis y determinación del factor de seguridad. Como primer punto se tomará la sub-estación 5 de la estación 1, para este caso se tiene una altura del talud de 3,50 m y un ángulo de buzamiento de 80°, con estos valores y los correspondientes a las juntas, la figura 28 muestra los resultados.

FIGURA 28 ROTURA PLANA SUB-ESTACIÓN 5, ESTACIÓN 1

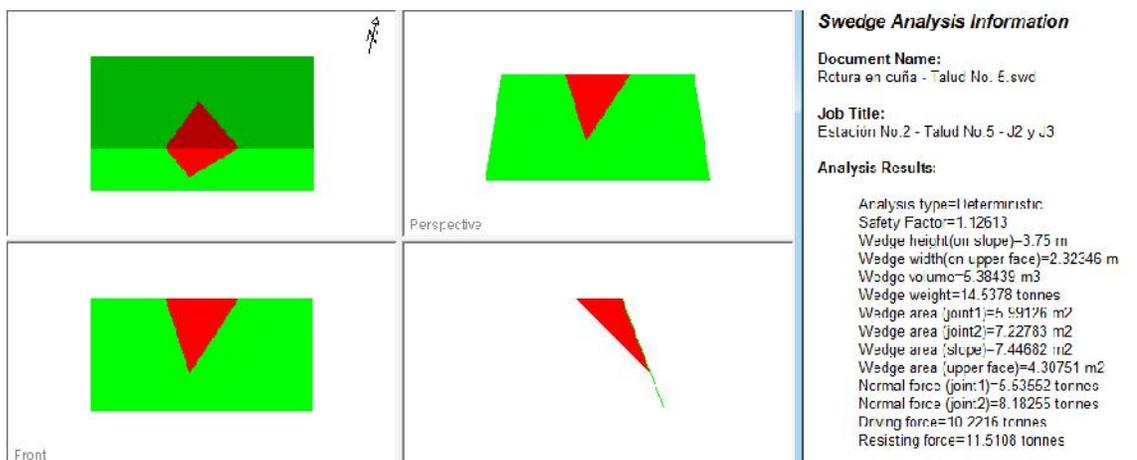


Fuente: Investigación de campo 2017

Para el análisis de roturas planas se utilizó el programa *RocPlane* el cual es específico para este tipo de roturas. Como se observa en los resultados generados por el programa, se define que esta es inestable debido a que el factor de seguridad se encuentra por debajo del valor mínimo para estabilidad, el cual es 1.

Continuando con las sub-estaciones, se procedió a realizar el análisis para la sub-estación 5 correspondiente a la estación 2, en el cual la combinación de juntas forma una rotura en cuña. Para este análisis se utilizó el programa *Swedge* el cual es específico para el análisis de este tipo de roturas. Los resultados se visualizan en la figura 29.

FIGURA 29
ROTURA EN CUÑA SUB-ESTACIÓN 5, ESTACIÓN 2



Fuente: Investigación de campo 2016.

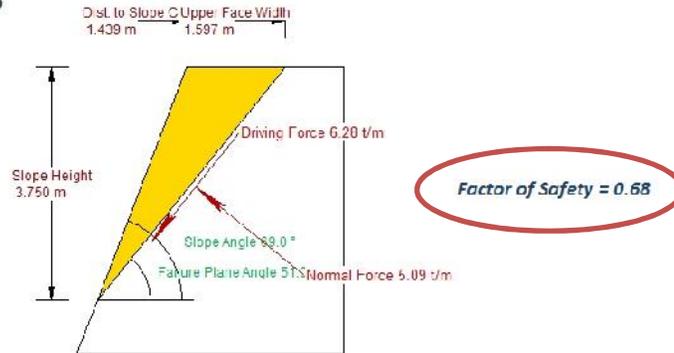
Al introducir los datos correspondientes a la altura del talud, dirección y buzamiento de las juntas, al igual que la del talud y propiedades como el ángulo de fricción se obtuvo un valor de factor de seguridad de 1,12, lo cual indica que la rotura formada es estable.

Continuando con la estación 2, en la sub-estación 7 se logró definir una rotura tipo plana, la cual al ingresar los valores mencionados anteriormente, refleja la figura 30.

El factor de seguridad obtenido del análisis de este tipo rotura, refleja un valor de 0,68, lo cual indica que dicha rotura es inestable por medio de la familia en mención.

FIGURA 30 ROTURA PLANA SUB-ESTACIÓN 7, ESTACIÓN 2

Filename: Talud No. 7.pln
Project Title: Estación No.2 - Talud No.7 - J1 = 51/180



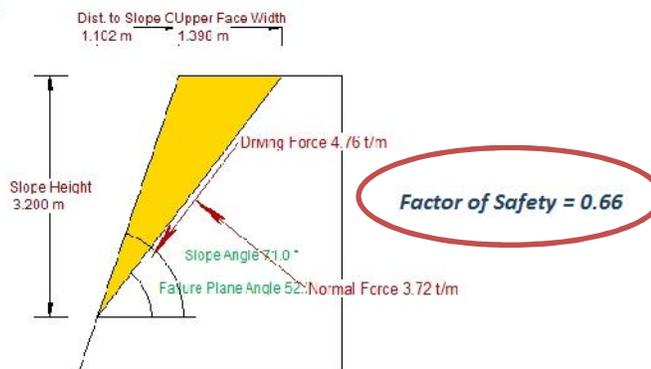
Fuente: Investigación de campo 2017.

En lo que respecta a la estación 3, se logran evidenciar 3 sub-estaciones afectadas por distintas roturas. En primer caso en la sub-estación 1 se logra definir una rotura plana dada por la familiar de juntas correspondiente a J1 52°/ N215⁰. Por lo que los resultados obtenidos del programa *RocPlane* son mostrados en la figura 31.

La tabla de resultados de la figura 31, indica la rotura plana para la sub-estación 1, presentando un valor de 0,66 para el factor de seguridad, por lo que se define como inestable.

FIGURA 31 ROTURA PLANA SUB-ESTACIÓN 1, ESTACIÓN 3

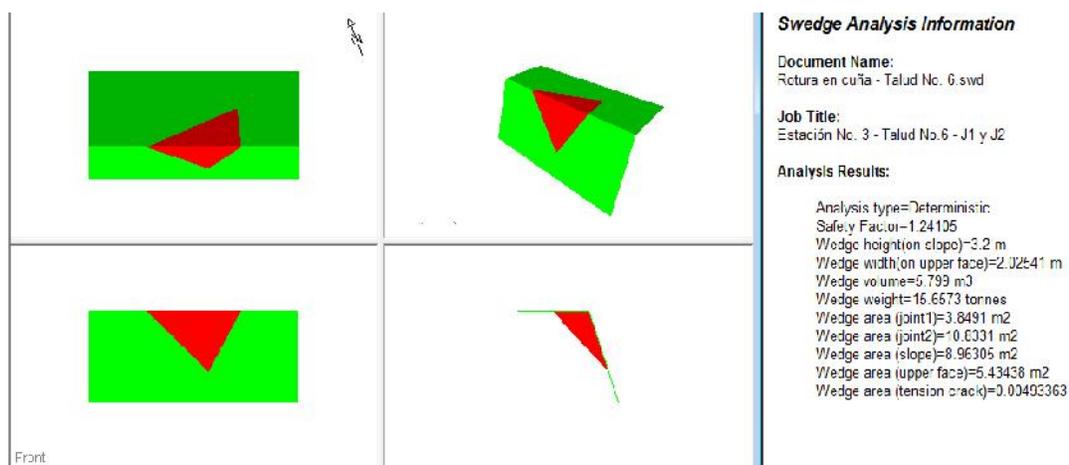
Filename: Talud No. 1.pln
Project Title: Estación No.3 - Talud No.1 - J2 = 52/215



Fuente: Investigación de campo 2017.

Continuando con esta misma estación, la sub-estación 6 muestra la presencia de una rotura de tipo cuña, debido a la intersección de dos familias de juntas. Por lo tanto, los análisis y resultados para este macizo, se indican en la figura 32.

FIGURA 32 ROTURA EN CUÑA SUB-ESTACIÓN 6, ESTACIÓN 3



Fuente: Investigación de campo 2017.

El valor de factor de seguridad obtenido para la rotura en cuña de esta sub-estación es de 1,24, lo cual indica que la rotura es estable en este macizo. Otra cuña que afecta al macizo rocoso se ubica en la sub-estación 8, con el análisis realizado se obtuvo la figura 33.



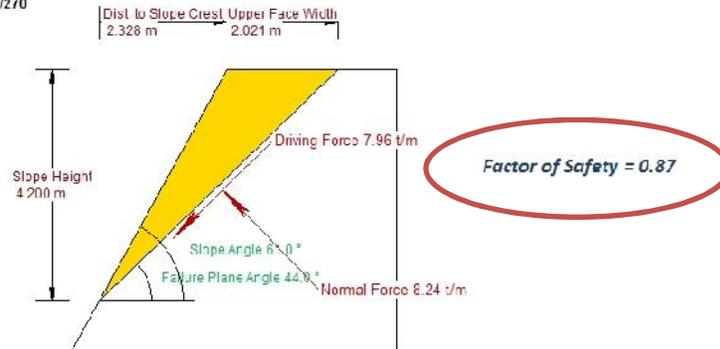
Fuente: Investigación de campo 2017.

El diagrama muestra un valor para el factor de seguridad de 0,81 lo cual indica que la rotura en cuña formada es inestable. En la estación 4 no se presenta formación de algún tipo de rotura, por lo que en esta no se realizara análisis para factor de seguridad.

Pasando a la estación 5, se logra identificar una rotura de tipo plana en la sub-estación 4, por lo que se procedió a realizar el análisis para determinar el valor de factor de seguridad de este y así definir la estabilidad del mismo. Los resultados de este análisis se muestran en la figura 34.

FIGURA 34 ROTURA PLANA SUB-ESTACIÓN 4, ESTACIÓN 5

Filename: Talud No. 4.pln
Project Title: Estación No.5 - Talud No.4 - J1 = 44/270



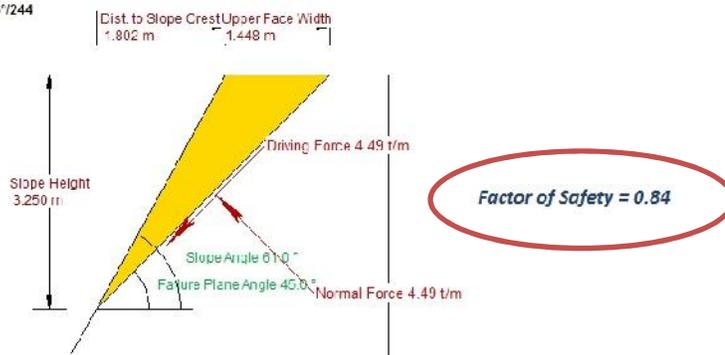
Fuente: Investigación de campo 2017. Obtenido de *RocPlane*.

El análisis para este sub-estación refleja un valor de 0,87 para el factor de seguridad, lo cual indica que esta rotura genera estabilidad en el macizo rocoso y en esta sub-estación en específico.

Por último se presenta la sub-estación 1 de la estación 6, en la cual se logra definir una rotura de tipo plana. Al igual que en las demás sub-estaciones, se realizó el mismo procedimiento utilizando el programa *RocPlane*, el cual refleja los resultados mostrados en la figura 35.

FIGURA 35 ROTURA PLANA SUB-ESTACIÓN 1, ESTACIÓN 6

Filename: Estación No. 6.pln
Project Title: Estación No. 6 - Talud No. 1 - J2 - 45°/244



Fuente: Investigación de campo 2017. Obtenido de *RocPlane*.

El factor de seguridad para esta rotura es de 0,84, lo cual indica que la rotura es inestable para este macizo rocoso. A manera de resumen, se presenta la tabla 26 en el cual se tienen los valores de factor de seguridad para cada uno de los tipos de rotura descritos anteriormente.

TABLA 26 FACTOR DE SEGURIDAD PARA LAS DISTINTAS ROTURAS

EST.	SUB - EST.	TALUD		ROTURA	F.S.
		DIP	DIR		
1	P5	80°	N104°	Plana 42°/N121°	0,93
2	P5	69°	N168°	Cuña 64°/N114° 53°/N217°	1,12
	P7			Plana 51°/N180°	0,68
3	P1	71°	N202°	Plana 52°/N215°	0,65
	P6			Cuña 59°/N286° 54°/N180°	1,24
	P8			Cuña 64°/N284° 62°/N191°	0,81
5	P4	61°	N248°	Plana 44°/N27°	0,87
6	P1	61°	N248°	Plana 45°/N244°	0,84

Fuente: Investigación de campo 2017.

El análisis se realizó únicamente para las sub-estaciones, esto debido a la longitud y presencia de las familias de juntas a lo

largo de toda la estación, por lo que definir valores de factor de seguridad para la estación completa crearía una estabilidad o inestabilidad que pueda ser que no se genere a lo largo del macizo rocoso debido a la extensión de las juntas.

3.2. Discusión de resultados

En el siguiente apartado se discuten cada uno de los resultados mostrados en la sección anterior, esto con la finalidad de llegar a concluir la problemática propuesta al principio de la investigación.

3.2.1. Resistencia de la matriz rocosa

En base a la resistencia de la roca y según la clasificación de las mismas la tabla 27 muestra los diferentes intervalos y clasificaciones para cada tipo de roca según este parámetro.

TABLA 27
RESISTENCIA DE LA MATRIZ ROCOSA

RESISTENCIA DE LA MATRIZ ROCOSA EN MPa					
Compresión simple	> 250	250 – 100	100 – 50	50 – 25	< 25
Carga puntual	> 10	10 – 4	4 – 2	2 – 1	< 1
Clasificación	Roca muy dura	Roca dura	Roca media	Roca blanda	Roca muy blanda

Fuente: González de Vallejo, Luis I. Ingeniería Geológica. Madrid: PEARSON EDUCACIÓN. Editorial Prentice Hall, Universidad Complutense de Madrid, 2002. Pag.37

Tomando en cuenta los resultados obtenidos del ensayo de compresión simple, se establece que la roca correspondiente a los macizos rocosos ubicados sobre el tramo en estudio, presenta una clasificación de roca media.

3.2.2. Caracterización geomecánica

a) **Clasificación de Bieniawski o sistema R.M.R.**

Primeramente, la clasificación que se realizó al inicio es la división entre macizos rocosos inconsistentes y macizos rocosos consistentes.

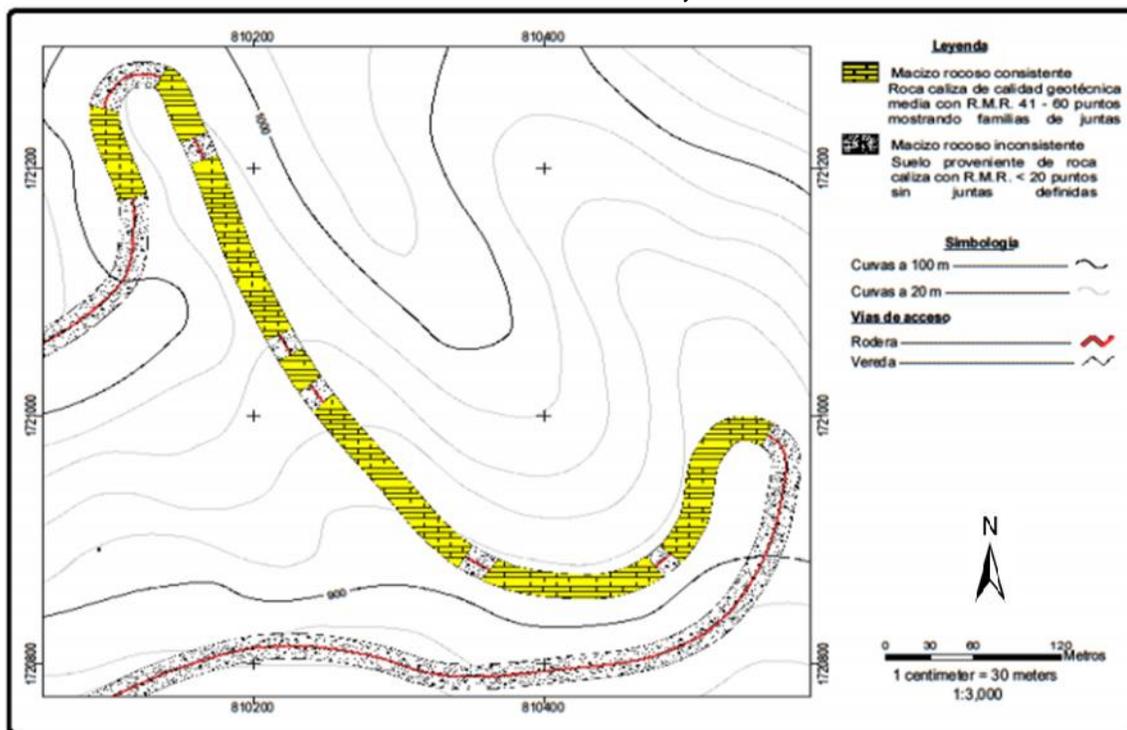
El primer grupo corresponde a macizos rocosos compuestos en su totalidad por suelos, a los cuales en este caso solo se hará referencia denominándolos como macizos rocosos inconsistentes, ya que la investigación no abarca el análisis de las propiedades de los suelos.

El segundo grupo corresponde a los macizos rocosos consistentes, dentro de los cuales se ubican todos los taludes compuestos por roca. Este grupo se divide a la vez según la calidad geotécnica de los macizos, evaluada en base a los parámetros definidos por *Bieniawski* en el sistema *R.M.R.*

Tomando en cuenta los resultados obtenidos del análisis del apartado anterior, se define que todas las estaciones corresponden a una calidad geotécnica media, ya que los resultados se ubican entre los 41 y 60 puntos. (Tabla 6)

Para una mejor descripción de los resultados, el mapa 4 muestra la distribución de los macizos y la calidad geotécnica de cada uno de ellos.

MAPA 4 DISTRIBUCIÓN DE LA CALIDAD GEOTÉCNICA DE LOS MACIZOS ROCOSOS, SISTEMA R.M.R.



Fuente: investigación de campo 2017.

b) Clasificación de Romana o sistema S.M.R.

Al igual que en el apartado de la clasificación de *Bieniawski*, con la clasificación de Romana se realizó el mismo procedimiento, en el cual se dividieron los macizos en consistentes e inconsistentes.

Como se mencionó, no se detallan las propiedades de los macizos inconsistentes debido a que no es el objetivo de este estudio.

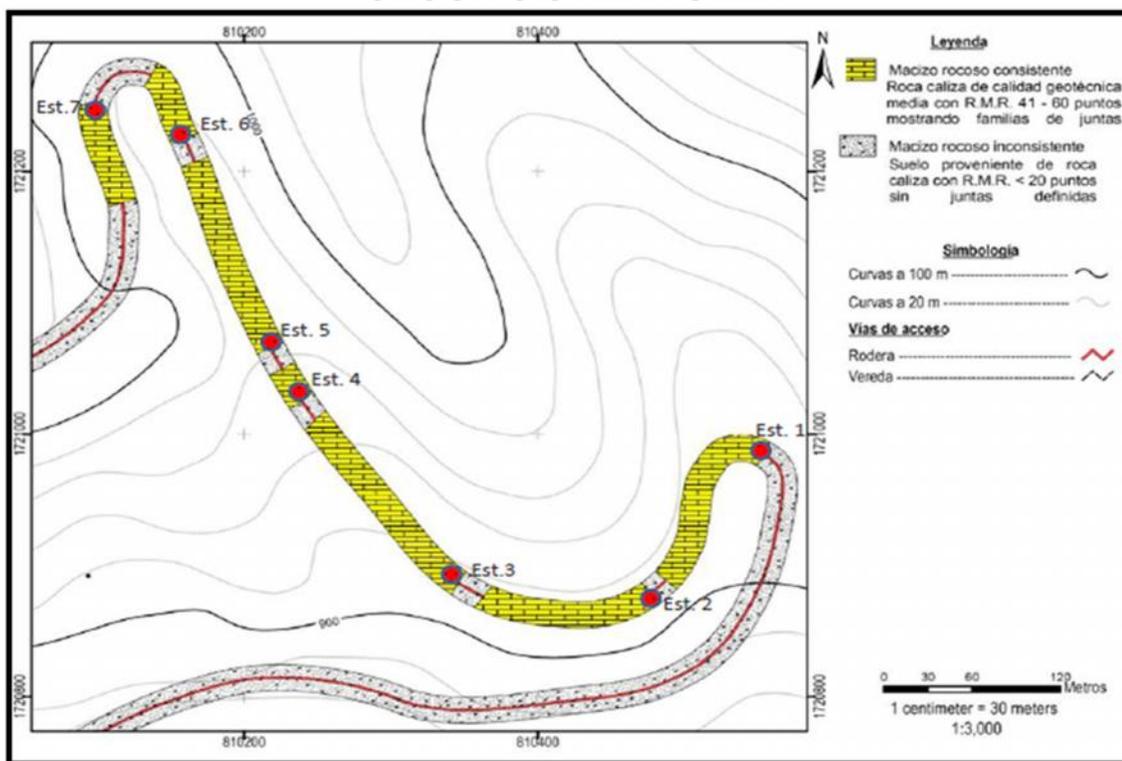
En lo que respecta a los macizos rocosos consistentes, estos reflejan una calidad geotécnica media o normal según la clasificación de Romana.

Estos macizos rocosos son parcialmente inestables, mostrando algunas juntas y en algunos casos muchas juntas, el tratamiento que recomienda la clasificación de Romana es sistemático. La distribución de estos macizos rocosos se logra observar en el mapa 5.

c) Comparación entre la clasificación de Bieniawski y Romana

Ambas clasificaciones con sus respectivos parámetros a tomar, establecen que las estaciones ubicadas sobre el tramo carretero, presentan una calidad geotécnica media o normal siendo parcialmente inestables. No existe variación entre los rangos a tomar para su clasificación, por lo que se especifica esa calidad geotécnica.

MAPA 5 CALIDAD GEOTÉCNICA DE LOS MACIZOS ROCOSOS SEGÚN SISTEMA S.M.R



Fuente: Investigación de campo 2017.

3.2.3. Mecanismos de rotura

Los resultados para los mecanismos de rotura muestran una predominancia de roturas del tipo plana, los cuales presentan inestabilidad según la disposición y arreglo de las juntas en el talud. Estos son observables a lo largo de las sub-estaciones, debido a que si se llegase a tomar en cuenta la estación total, se logra visualizar que algunas familias que se encuentran afectando a una de las sub-estaciones no se encuentra afectando a otras ubicadas en la misma estación.

En el caso de las roturas en cuña, se establece la formación de varias de ellas al largo de las sub-estaciones, sin embargo el análisis y determinación del factor de seguridad indican que este

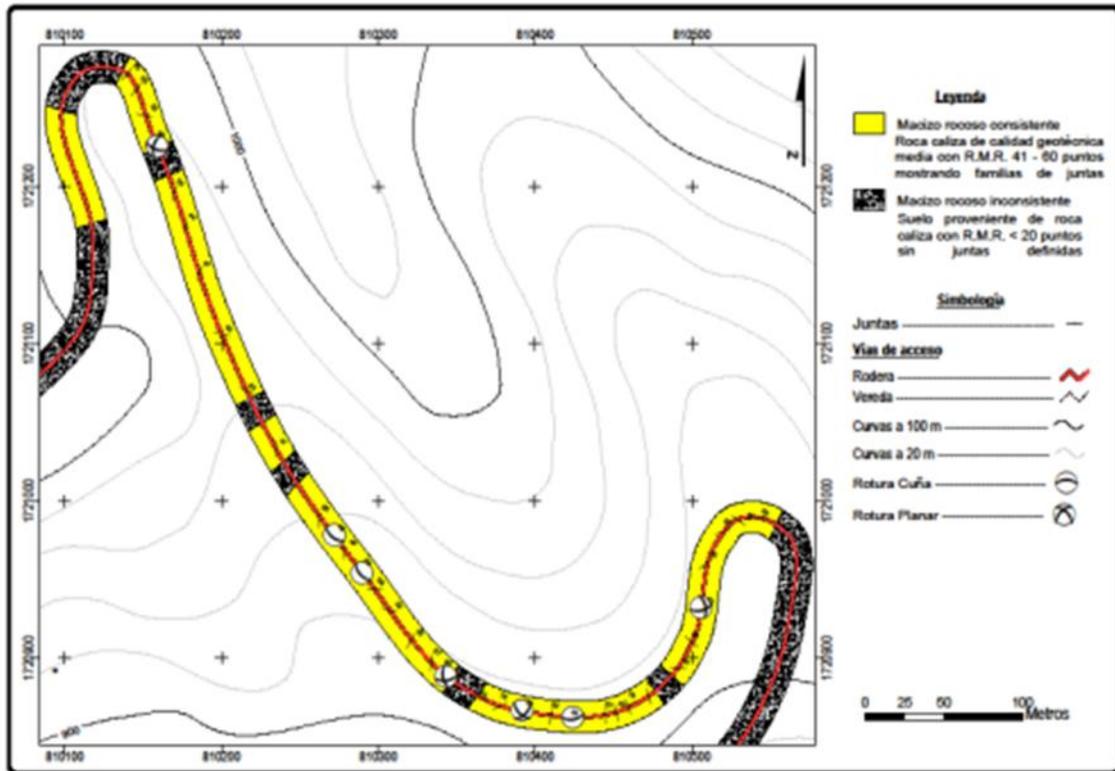
tipo de mecanismo de rotura es estable, ya que los valores mínimos teóricos

Por lo tanto, se establece que, los macizos rocosos ubicados sobre el tramo carretero en estudio se encuentran afectados en su mayoría por roturas del tipo plana, esto debido a la disposición y dirección de los taludes a lo largo del tramo carretero. Estos a su vez presentan un valor de factor de seguridad que se encuentra por debajo del valor teórico mínimo, el cual es < 1 .

Un factor a favor de la estabilidad de los macizos, es la longitud o persistencia de las juntas a lo largo de la estación, esto debido a que se logran observar ciertas familias en algunos puntos, y de igual forma no se observa en otros de la misma estación, por lo que únicamente se observa caídas de bloques de pequeño tamaño a lo largo de la superficie de rotura.

Una representación gráfica de la disposición de las roturas se observa en el mapa 6.

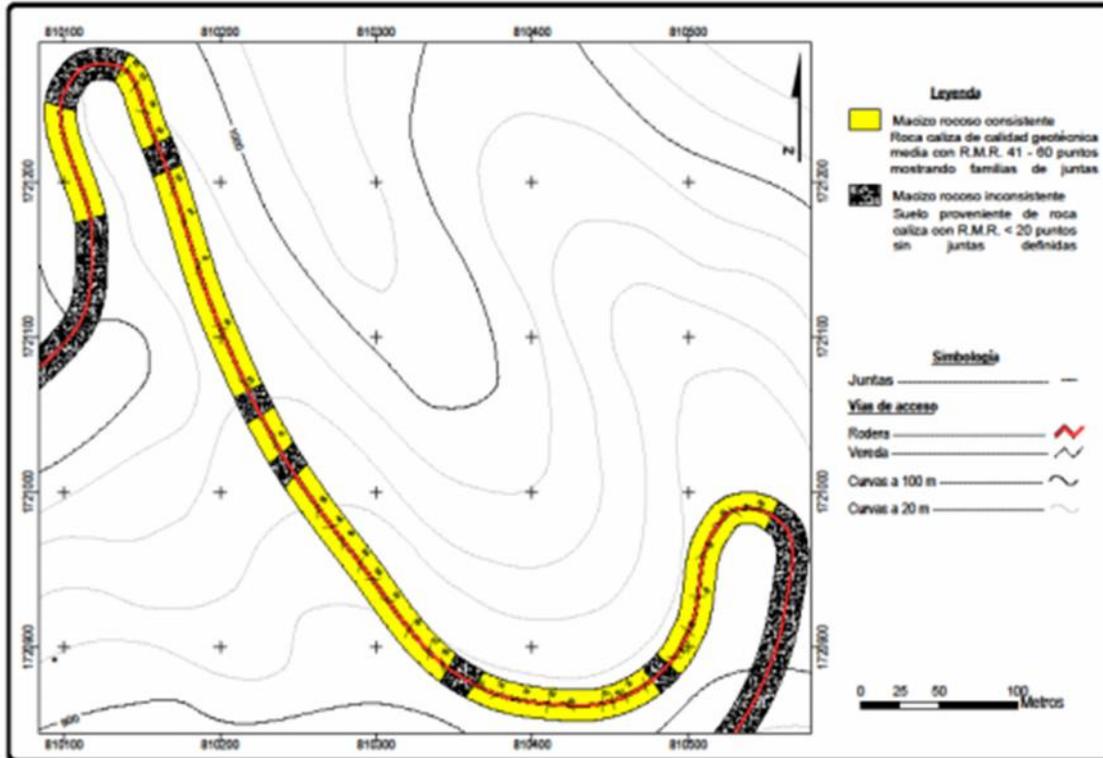
MAPA 6 DISPOSICION DE LOS MECANISMOS DE ROTURA



Fuente: Investigación de campo 2017.

A continuación, en el mapa 7 podremos observar la distribución de los mecanismos de rotura en el área junto con la calidad geotécnica de los macizos rocosos según el sistema *R.M.R*

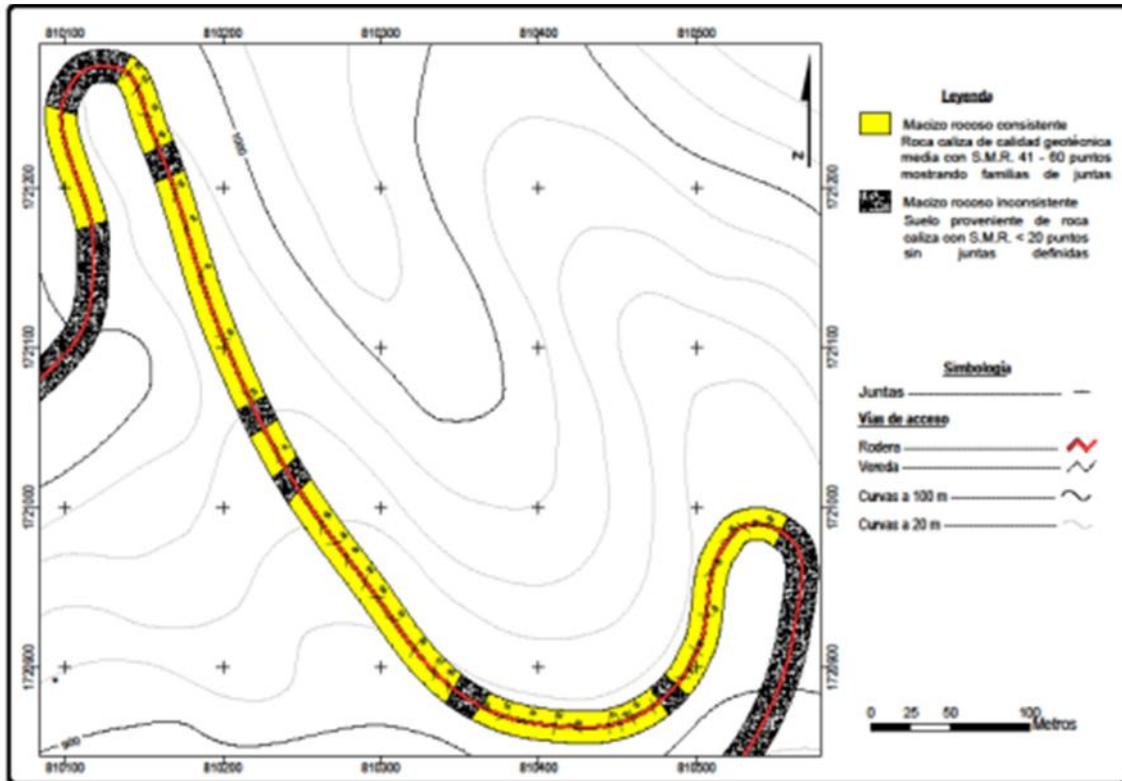
MAPA 7
DISPOSICIÓN DE LOS MECANISMOS DE ROTURA Y
CALIDAD GEOTECNICA DE LOS MACIZOS ROCOSOS DEL
ÁREA SEGÚN EL SISTEMA R.M.R.



Fuente: Investigación de campo 2017

De la misma manera, observamos en el mapa 8, la distribución de los mecanismos de rotura en el área junto con la calidad geotécnica de los macizos rocosos según el sistema S.M.R.

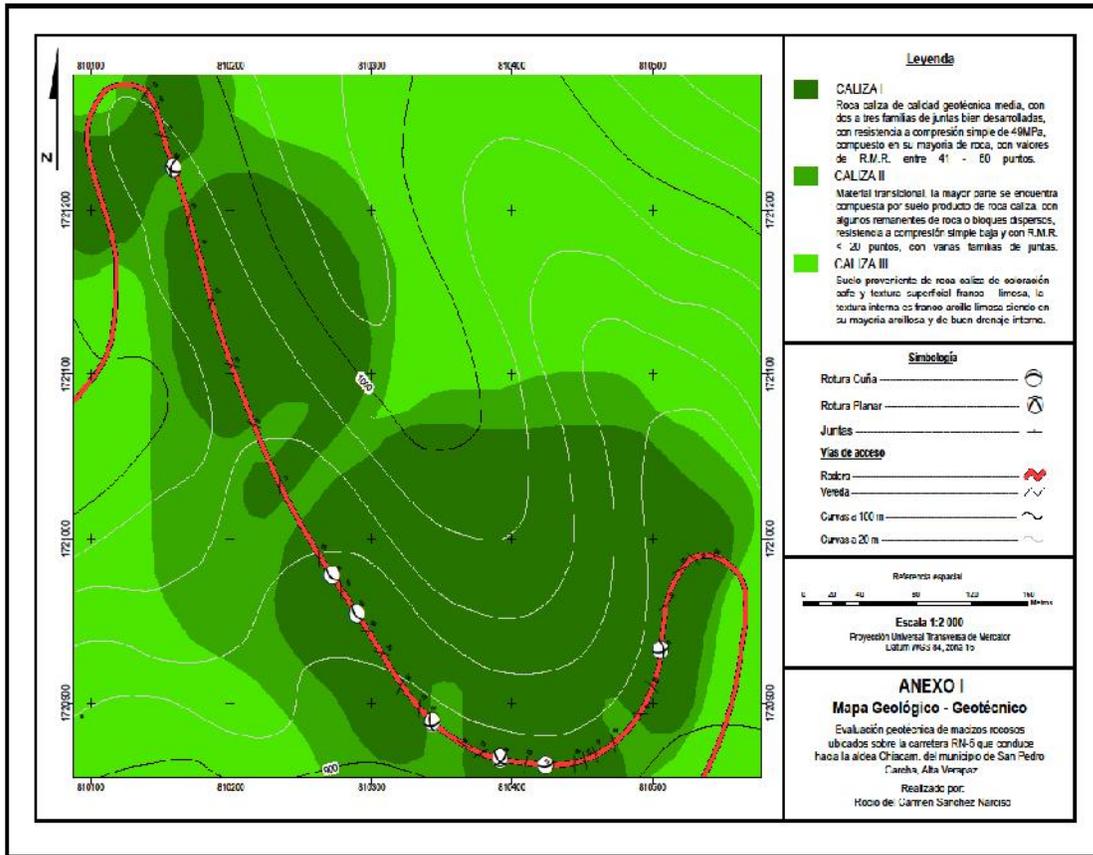
MAPA 8 DISPOSICIÓN DE LOS MECANISMOS DE ROTURA Y CALIDAD GEOTECNICA DE LOS MACIZOS ROCOSOS DEL ÁREA SEGÚN EL SISTEMA S.M.R.



Fuente: Investigación de campo 2017.

Finalmente, se observa el mapa 9, mapa geológico – geotécnico del área de estudio, realizado con la litología del área, juntas y los diferentes tipos de rotura (cuña y planar).

MAPA 9 MAPA GEOLOGICO – GEOTECNICO DEL ÁREA DE ESTUDIO



Fuente: Investigación de campo 2017.

CONCLUSIONES

Sobre la carretera RN-5 se lograron ubicar siete estaciones en las cuales se dividieron los distintos tipos de macizos rocosos, se obtuvo 6 macizos rocosos consistentes y 1 inconsistente, este último correspondiente a suelo proveniente de caliza. Con base a los datos estructurales se lograron establecer varias familias de discontinuidades que afectan a cada uno de los macizos rocosos consistentes, los cuales provocan mecanismos de rotura del tipo plana y en cuña.

Según los sistemas *R.M.R.* y *S.M.R.* se determinó la calidad geotécnica promedio de los macizos rocosos encontrados, se estableció que la mayoría de macizos rocosos consistentes presentan una calidad geotécnica media, significa que los taludes se encuentran parcialmente inestables.

La litología del área de caracteriza por ser de coloración grisácea, con una matriz fina, clasificándola como caliza *Packstone* (*Dunham* 1962), con presencia de óxidos en algunas zonas. En algunas estaciones puede observarse presencia de arcilla entre algunas juntas o familias de juntas. El suelo es producto de la descomposición y meteorización de la roca, clasificando la litología como caliza I y caliza II a los macizos consolidados y como caliza III a los macizos inconsistentes.

Con base a las propiedades geomecánicas de los macizos rocosos encontrados se logró establecer que la calidad geotécnica es media según la clasificación de *Bieniawski* o sistema *R.M.R.*

Los macizos rocosos ubicados sobre el tramo carretero presentaron una calidad geotécnica medianamente estable, con un rango de resistencia ubicados entre 41 MPa y 51 MPa, con roturas planas con desprendimientos de bloques de roca.

Para los macizos rocosos consistentes, como medida de mitigación, se pueden mencionar las mallas con reforzamiento de anclajes para la superficie del talud, vallas estáticas al pie del talud, estructuras de contención como muros de concreto o en gaviones y sistemas de drenaje para evitar la escorrentía en la superficie del talud y así reducir el proceso erosivo.

Para los macizos rocosos consistentes, mostrados en el mapa 8, como medida de mitigación, se pueden emplear las mallas con reforzamiento de anclajes para la superficie del talud, vallas estáticas al pie del talud, estructuras de contención como muros de concreto o en gaviones y sistemas de drenaje, para evitar la escorrentía en la superficie y con esto reducir el proceso erosivo.

En el caso de los macizos rocosos inconsistentes, podrían ser utilizadas las estructuras de contención y sistemas de drenaje, agregado a estos se pueden mencionar recortes de talud en bermas, revestimiento de concreto y la aplicación de bio – ingeniería.

RECOMENDACIONES

- a) Se recomienda el empleo de sistemas de drenaje, mediante tubos ranurados, esto con la finalidad de reducir los procesos erosivos en las calizas II y calizas III, provocados por el agua meteórica en el área de estudio ubicados en el mapa 9.
- b) Para evitar el desprendimiento de bloques, es recomendable la aplicación de malla de gallinero en las zonas donde se han determinado las roturas planas.
- c) Previo a la aplicación y diseño de taludes, se debe tomar en cuenta un estudio geológico-geotécnico y estructural en la zona de estudio a escala adecuada.

BIBLIOGRAFÍA

- Armas Zagoya, Juan Miguel. *Cartografía geológica estructural del valle de Huizachal, como base para el análisis de estabilidad de taludes de la carretera rumbo nuevo, Tamps.* Universidad Autónoma de Nuevo León, Linares, Nuevo León, México: Facultad de Ciencias de la Tierra, 2004.
- Bongiorno, Francisco. Et. Al. *Clasificaciones geomecánicas de los macizos rocosos según Bieniawski, Barton, Romana, Hoek y Brown.* Universidad de los Andes. Chile: Facultad de Ingeniería. Escuela de Geología, 2012.
- Caal Caal, Cristian D. *Estudio Geotécnico de Macizos rocosos ubicados sobre la carretera AV- 29, San Antonio Senahú, Alta Verapaz, Guatemala.* Tesis Ingeniero Geólogo. Centro Universitario del Norte- Universidad de San Carlos de Guatemala. Cobán, Alta Verapaz, Guatemala: Carrera de Geología, 2014.
- Cosillo Pinto, Allan Giovanni. *Consideraciones geológico- geotécnicas para el diseño de taludes en macizos rocosos.* Tesis Ingeniero Civil. Universidad San Carlos de Guatemala. Guatemala: Facultad de Ingeniería, 1999.
- Chiquín Yoj, Mauricio. (Comp.). *Léxico estratigráfico preliminar de Guatemala norte y centro.* Centro Universitario del Norte- Universidad de San Carlos de Guatemala. Cobán, Alta Verapaz, Guatemala: Carrera de Geología, 2000.
- Galicia Taracena, Alberto René. *Geotecnia preliminar para el trazo de la carretera Río San Ramón- Frontera a México.* Tesis Ingeniero Geólogo. Centro Universitario del Norte- Universidad de San Carlos de Guatemala. Cobán, Alta Verapaz, Guatemala: Carrera de Geología, 1995.
- Gonzales de Vallejo, Luis I. *Ingeniería geológica.* Madrid, España: Pearson Educación, 2002.



Guzmán, Marco. *Aspectos simotectónicos del bloque Chortis y el Sureste de México*. Geo Chortis. Universidad Nacional Autónoma de México. Juriquilla, Querétaro, México: Facultad de Ciencias de la Tierra. 2007.

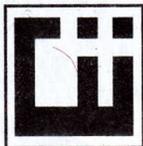
Romero, Jorge E. *Estudio de geología aplicada para el tramo carretero Modesto Méndez- Raxruhá; Franja Transversal del Norte*. Guatemala: Solel Bonehftn, 2010.



V.ºB.º
[Handwritten signature]

Adán García Véliz
Licenciado en Pedagogía e Investigación Educativa
Bibliotecario





**CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**



**INFORME DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN DE NÚCLEO DE ROCA
NTG 41049 (ASTM C- 42)**

No. 6495

O.T. No. 35684

S.C. - 036

HOJA 1/1

INTERESADO: Rocío Sanchez Narciso.
PROYECTO: Geotecnia aplicada a macizos rocosos.
DIRECCION: Aldea Chiacam, San Pedro Carcha, Alta Verapaz.
FECHA: 12 de febrero de 2016

I.- RESULTADOS

TESTIGO	PESO g	DIÁMETRO cm	ALTURA cm	ALTURA NIVELADA cm	CARGA lb.	ÁREA cm ²	FACTOR DE CORRECCIÓN	RESISTENCIA Mpa	RESISTENCIA lb/plg ²
1	1331,30	6,96	13,34	13,42	35 100	38,046	1,000	41,00	5 950
4	1361,10	6,97	13,34	13,41	48 000	38,155	1,000	55,90	8 110

II.- OBSERVACIONES

- a) Núcleo extraído de roca proporcionada por el interesado.
- b) Norma aplicada ASTM C-42
- c) Núcleos extraídos el: 11 de febrero de 2016
- d) Núcleos ensayados el: 12 de febrero de 2016

ATENTAMENTE,

Inga. Dilma Yanet Mejicanos Jol
Jefa Sección de Agregados, Concretos y Morteros

Vo. Bo.

Francisco Javier Quiñón de la Cruz
Director CII/USAC



RESULTADOS PARA LA RESISTENCIA DE LA ROCA MUESTRAS 2 Y 3

MUESTRA	PESO (g)	DIAMETRO (cm)	ALTURA (cm)	CARGA (lb)	ÁREA (cm ²)	RESISTENCIA (MPa)
2	1361.1	6.97	13.34	48 000	38.155	55.90
3	1345.2	6.88	13.60	48 000	38.078	57.40

Fuente: investigación de campo, año 2016. Centro de investigaciones de ingeniería, Facultad de ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala.



Estación	DATOS A MEDIR EN CADA PLANO																			
	Tipo de plano	Orient.		Espaciado (mm)							Continuidad (m)					Relleno		Superficie		Agua
		Azimut	Buzamiento	< 20	20 - 60	60 - 200	200 - 600	600 - 2000	2000 - 6000	> 6000	Rumbo/Buz.					Espesor mm	Tipo	Orndula. (°)	Rug. JRC	
											< 1	1 - 3	3 - 10	10 - 20	> 20					
P2	J1	36	16	X											X	X	4	C	18	L.H.
		38	18		X										X	X	5	C	18	L.H.
		32	20		X										X	X	3	C	18	L.H.
		40	20		X									X	X	3	C	18	L.H.	
	J2	156	40	X										X	X	6	C	18	L.H.	
		162	32			X								X	X	6	C	18	L.H.	
		159	24		X									X	X	8	C	18	L.H.	
		170	26			X								X	X	5	C	18	L.H.	
		168	30	X										X	X	8	C	18	L.H.	
	Zfault	50	58						X					X	X	30	Ar.	4	L.H.	

DATOS A MEDIR EN EL MACIZO	
CROQUIS	



RESISTENCIA		ESTRUCTURA	
R1 Muy debil		Masiva	
R2 Debil		En bloques	X
R3 Median. Debil	X	Columnar	
R4 Resistente		Tabular	
R5 Muy resistente		Irregular	X
R6 Extrem. Resit.		Desmenuzada	

METEORIZACIÓN		TALUD		
Grado I		P.M.	DIP	DIR
Grado II		1	80°	N100
Grado III	X	2	74°	N096
Grado IV		3	83°	N095
Grado V		4	78°	N123

CLASIFICACIÓN R.M.R.			
Factores		Valoración	Ponderación
Resistencia a C.S.		100 - 50	8
Juntas/metro		13	19
Condición de las discontinuidades	Continuidad	10 - 20 m	1
	Apertura	1 - 5 mm	1
	Rugosidad	Rugosa	5
	Relleno	Duro <5 mm	4
	Meteorización	Ligero	5
Cond. Hidrogeológicas		Lig. Húmedo	10
TOTAL			53

RESISTENCIA A COMPRESIÓN SIMPLE DE LA ROCA INTACTA									
Valor (MPa)	> 240	240-175	175-125	125-100	100-75	75-50	50-30	30-10	< 10
Valoración	15	14	12	10	8	6	4	2	1

JUNTAS POR METRO (RQD Y ESPACIADO ENTRE DISCONTINUIDADES)																	
Juntas/m	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Valoración	40	34	31	29	28	27	26	25	23	22	21	20	19	18	17	16	
Juntas/m	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33
Valoración	16	15		14		12		11		10		9		8			
Juntas/m	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50
Valoración		8				7				5				4			3

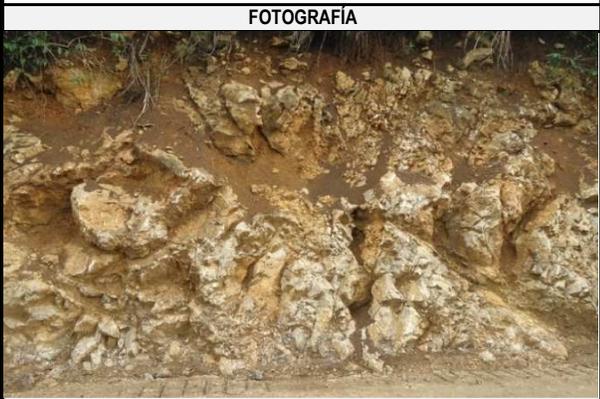
CONDICIONES HIDROGEOLOGICAS					
Estado	Seco	Lig. Húmedo	Húmedo	Goteando	Flujo
Flujo (l/min)	0	< 1	1 - 2.5	2.5 - 12.5	> 12.5
Valoración	15	10	7	4	0

CONDICIONES DE LAS DISCONTINUIDADES					
Continuidad	< 1 m	1-3 m	3-10 m	10-20 m	> 20 m
	6	4	2	1	0
Apertura	0	<0.1 mm	0.1-1 mm	1-5 mm	>5 mm
	6	5	3	1	0
Rugosidad	M. rugosa	Rugosa	L. rugosa	Lisa	E. de falla
	6	5	3	1	0
Relleno	Relleno duro		Relleno blando		
	Ninguno	< 5 mm	> 5 mm	< 5 mm	> 5 mm
	6	4	2	2	0
Grado de meteorización	N. afectado	Ligero	Moderado	Alto	Descom.
	6	5	3	1	0

M. rugosa = Muy rugosa E. de falla = Espejo de falla So = Estratificación J1 = Junta o fractura Ar = Arcilla Ox = Oxidos
 L. rugosa = Ligeramente rugosa N. afectado = No afectado S1 = Foliación Zfault = Falla C = Calcita

Estación	Tipo de plano	DATOS A MEDIR EN CADA PLANO																	
		Orient.		Espaciado (mm)						Continuidad (m)				Relleno	Superficie		Agua		
		Azimut	Buzamiento	< 20	20 - 60	60 - 200	200 - 600	600 - 2000	2000 - 6000	> 6000	Rumbo/Buz.				Espesor mm	Tipo		Ondula. (°)	Rug. JRC
											< 1	1 - 3	3 - 10	10 - 20					
P1	So	146	20	20									X	X	5	-		8	L.H.
		156	26		23								X	X	7	Ar.	8	L.H.	
		158	28		30								X	X	4	Ar.	8	L.H.	
		156	18		25								X	X	3	Ar.	8	L.H.	
J1	So	208	52			80							X	X	1	C	8	L.H.	
		200	60			61							X	X	1	C	8	L.H.	
		198	58			75							X	X	1	C	8	L.H.	
J2	So	188	60			70						X	X	5	C	8	-		
		358	56	10									X	X	2	Ar.	8	L.H.	
		356	70	12									X	X	4	Ar.	8	L.H.	
		6	80	15									X	X	4	C	8	L.H.	
		8	80	28								X	X	2	Ar.	8	L.H.		

DATOS A MEDIR EN EL MACIZO	
CROQUIS	



RESISTENCIA	
R1 Muy debil	
R2 Debil	
R3 Median. Debil	X
R4 Resistente	
R5 Muy resistente	
R6 Extrem. Resit.	

ESTRUCTURA	
Masiva	
En bloques	X
Columnar	
Tabular	
Irregular	X
Desmenuzada	

METEORIZACIÓN	
Grado I	
Grado II	
Grado III	X
Grado IV	
Grado V	

TALUD		
P.M.	DIP	DIR
1	80°	N100
2	74°	N096
3	83°	N095
4	78°	N123

CLASIFICACIÓN R.M.R.		
Factores	Valoración	Ponderación
Resistencia a C.S.	100 - 50	8
Juntas/metro	8	23
Continuidad	10 - 20 m	1
Apertura	1 - 5 mm	1
Rugosidad	Lig. Rugosa	3
Relleno	Duro/Blando <5 mm	3
Meteorización	Moderado	3
Cond. Hidrogeológicas	Lig. Húmedo	10
TOTAL		52

RESISTENCIA A COMPRESIÓN SIMPLE DE LA ROCA INTACTA									
Valor (MPa)	> 240	240-175	175-125	125-100	100-75	75-50	50-30	30-10	< 10
Valoración	15	14	12	10	8	6	4	2	1

JUNTAS POR METRO (RQD Y ESPACIADO ENTRE DISCONTINUIDADES)																	
Juntas/m	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Valoración	40	34	31	29	28	27	26	25	23	22	21	20	19	18	17	16	
Juntas/m	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33
Valoración	16	15		14		12		11		10		9		8			
Juntas/m	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50
Valoración		8				7				5			4				3

CONDICIONES HIDROGEOLOGICAS					
Estado	Seco	Lig. Húmedo	Húmedo	Goteando	Flujo
Flujo (l/mín)	0	< 1	1 - 2.5	2.5 - 12.5	> 12.5
Valoración	15	10	7	4	0

CONDICIONES DE LAS DISCONTINUIDADES					
Continuidad	< 1 m	1-3 m	3-10 m	10-20 m	> 20 m
	6	4	2	1	0
Apertura	0	<0.1 mm	0.1-1 mm	1-5 mm	>5 mm
	6	5	3	1	0
Rugosidad	M. rugosa	Rugosa	L. rugosa	Lisa	E. de falla
	6	5	3	1	0
Relleno	Ninguno	Relleno duro		Relleno blando	
		< 5 mm	> 5 mm	< 5 mm	> 5 mm
Grado de meteorización	6	4	2	2	0
	N. afectado	Ligero	Moderado	Alto	Descom.
	6	5	3	1	0

M. rugosa = Muy rugosa E. de falla = Espejo de falla So = Estratificación J1 = Junta o fractura Ar = Arcilla Ox = Oxidos
L. rugosa = Ligeramente rugosa N. afectado = No afectado S1 = Foliación Zfault = Falla C = Calcita

PROYECTO: Evaluación geotécnica de taludes carretera RN-5 hacia Chiacam, Municipio de Carcha, Alta Verapaz
 REALIZADO POR: Rocio del Carmen Sanchez Narciso
 FOTO: DSC02267 FECHA: 12/02/2016 LOCALIZACIÓN: X: 810520 Y: 1720980
 OBSERVACIÓN: Estación No.1; Roca caliza beige con presencia de arcilla y rellenos de calcita, meteorización grado III



Estación	DATOS A MEDIR EN CADA PLANO														Agua						
	Tipo de plano	Orient.		Espaciado (mm)							Continuidad (m)					Relleno		Superficie			
		Azimut	Buzamiento	< 20	20 - 60	60 - 200	200 - 600	600 - 2000	2000 - 6000	> 6000	Rumbo/Buz.					Espesor mm	Tipo	Ondula. (°)	Rug. JRC		
											< 1	1 - 3	3 - 10	10 - 20						> 20	
P3	J1	160	70	X														8	L.H.		
		170	56		X								X	X				6	-	8	L.H.
		156	62			X							X	X				7	C	10	L.H.
		26	68			X							X	X				5	C	10	L.H.
	Zfault	180	42					X					X	X				45	Ar.	4	L.H.
		200	60	X									X	X				1	Ar.	10	H.
		202	44	X									X	X				1	Ar.	10	H.
		212	45		X								X	X				0.6	Ar.	10	H.
J2	340	80		X								X	X				3	-	12	H.	
	334	60	X									X	X				2	Ar.	12	H.	

DATOS A MEDIR EN EL MACIZO

CROQUIS



RESISTENCIA		ESTRUCTURA	
R1 Muy debil		Masiva	
R2 Debil		En bloques	X
R3 Median. Debil	X	Columnar	
R4 Resistente		Tabular	
R5 Muy resistente		Irregular	X
R6 Extrem. Resit.		Desmenuzada	

METEORIZACION		TALUD	
Grado I		P.M.	DIP DIR
Grado II		1	80° N100
Grado III	X	2	74° N096
Grado IV		3	83° N095
Grado V		4	78° N123

CLASIFICACION R.M.R.			
Factores	Valoración	Ponderación	
Resistencia a C.S.	100 - 50	8	
Juntas/metro	13	19	
Condición de las discontinuidades	Continuidad	10 - 20 m	1
	Apertura	1 - 5 mm	1
	Rugosidad	Lig. Rugoso	3
	Relleno	Duro/Blando <5 mm	3
	Meteorización	Moderado	3
Cond. Hidrogeológicas	Lig. Húmedo	10	
TOTAL		48	

RESISTENCIA A COMPRESION SIMPLE DE LA ROCA INTACTA									
Valor (MPa)	> 240	240-175	175-125	125-100	100-75	75-50	50-30	30-10	< 10
Valoración	15	14	12	10	8	6	4	2	1

JUNTAS POR METRO (RQD Y ESPACIADO ENTRE DISCONTINUIDADES)																	
Juntas/m	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Valoración	40	34	31	29	28	27	26	25	23	22	21	20	20	19	18	17	16
Juntas/m	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33
Valoración	16	15	14	14	12	11	10	10	9	9	8	8	8	8	8	8	8
Juntas/m	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50
Valoración	8	8	7	7	7	7	7	7	7	5	5	5	4	4	4	3	3

CONDICIONES DE LAS DISCONTINUIDADES					
Continuidad	< 1 m	1-3 m	3-10 m	10-20 m	> 20 m
	6	4	2	1	0
Apertura	0	<0.1 mm	0.1-1 mm	1-5 mm	>5 mm
	6	5	3	1	0
Rugosidad	M. rugosa	Rugosa	L. rugosa	Lisa	E. de falla
	6	5	3	1	0
Relleno	Relleno duro		Relleno blando		
	Ninguno	< 5 mm	> 5 mm	< 5 mm	> 5 mm
Grado de meteorización	6	4	2	2	0
	N. afectado	Ligero	Moderado	Alto	Descom.
Valoración	6	5	3	1	0

CONDICIONES HIDROGEOLOGICAS					
Estado	Seco	Lig. Húmedo	Húmedo	Goteando	Flujo
Flujo (l/min)	0	< 1	1 - 2.5	2.5 - 12.5	> 12.5
Valoración	15	10	7	4	0

M. rugosa = Muy rugosa E. de falla = Espejo de falla So = Estratificación J1 = Junta o fractura Ar = Arcilla Ox = Oxidos
 L. rugosa = Ligeramente rugosa N. afectado = No afectado S1 = Foliación Zfault = Falla C = Calcita

PROYECTO: Evaluación geotécnica de taludes carretera RN-5 hacia Chiacam, Municipio de Carcha, Alta Verapaz
 REALIZADO POR: Rocío del Carmen Sanchez Narciso
 FOTO: DSC02268 FECHA: 12/02/2016 LOCALIZACIÓN: X: 810509 Y: 1720959
 OBSERVACIÓN: Estación No.1; Roca caliza beige con presencia de arcilla y rellenos de calcita, meteorización grado III



Estación	DATOS A MEDIR EN CADA PLANO														Relleno		Superficie		Agua	
	Tipo de plano	Orient.		Espaciado (mm)						Continuidad (m)					Espesor mm	Tipo	Ondula. (°)	Rug. JRC		
		Azimut	Buzamiento	< 20	20 - 60	60 - 200	200 - 600	600 - 2000	2000 - 6000	> 6000	Rumbo/Buz.									
											< 1	1 - 3	3 - 10	10 - 20						> 20
P4	J1	138	52			X								X	X	1	C	12	H.	
		142	58			X									X	X	1	C	12	H.
	J2	136	80		X									X	X	5	C	10	H.	
		128	74		X									X	X	5	C	10	H.	
		330	44	X										X	X	7	C	12	H.	
		332	52			X								X	X	3	C	12	H.	

DATOS A MEDIR EN EL MACIZO
 CROQUIS



RESISTENCIA		ESTRUCTURA	
R1 Muy debil		Masiva	
R2 Debil		En bloques	X
R3 Median. Debil	X	Columnar	
R4 Resistente		Tabular	
R5 Muy resistente		Irregular	X
R6 Extrem. Resit.		Desmenuzada	

METEORIZACION		TALUD	
Grado I		P.M.	DIP
Grado II		1	80°
Grado III	X	2	74°
Grado IV		3	83°
Grado V		4	78°
			DIR
			N100
			N096
			N095
			N123

CLASIFICACION R.M.R.			
Factores	Valoración	Ponderación	
Resistencia a C.S.	100 - 50	8	
Juntas/metro	13	20	
Condición de las discontinuidades	Continuidad	3 - 10 m	2
	Apertura	1 - 5 mm	1
	Rugosidad	Lig. Rugoso	3
	Relleno	Duro <5 mm	4
	Meteorización	Ligero	5
Cond. Hidrogeológicas	Lig. Húmedo	7	
TOTAL		50	

RESISTENCIA A COMPRESION SIMPLE DE LA ROCA INTACTA									
Valor (MPa)	> 240	240-175	175-125	125-100	100-75	75-50	50-30	30-10	< 10
Valoración	15	14	12	10	8	6	4	2	1

JUNTAS POR METRO (RQD Y ESPACIADO ENTRE DISCONTINUIDADES)																	
Juntas/m	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Valoración	40	34	31	29	28	27	26	25	23	22	21	20	19	18	17	16	
Juntas/m	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33
Valoración	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	
Juntas/m	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50
Valoración	8	7	6	5	4	3	2	1									

CONDICIONES DE LAS DISCONTINUIDADES					
Continuidad	< 1 m	1-3 m	3-10 m	10-20 m	> 20 m
	6	4	2	1	0
Apertura	0	<0.1 mm	0.1-1 mm	1-5 mm	>5 mm
	6	5	3	1	0
Rugosidad	M. rugosa	Rugosa	L. rugosa	Lisa	E. de falla
	6	5	3	1	0
Relleno	Ninguno	Relleno duro		Relleno blando	
		< 5 mm	> 5 mm	< 5 mm	> 5 mm
Grado de meteorización	6	4	2	2	0
	N. afectado	Ligero	Moderado	Alto	Descom.
	6	5	3	1	0

CONDICIONES HIDROGEOLOGICAS					
Estado	Seco	Lig. Húmedo	Húmedo	Goteando	Flujo
Flujo (l/min)	0	< 1	1 - 2.5	2.5 - 12.5	> 12.5
Valoración	15	10	7	4	0

M. rugosa = Muy rugosa E. de falla = Espejo de falla So = Estratificación J1 = Junta o fractura Ar = Arcilla Ox = Oxidos
 L. rugosa = Ligeramente rugosa N. afectado = No afectado S1 = Foliación Zfault = Falla C = Calcita

PROYECTO: Evaluación geotécnica de taludes carretera RN-5 hacia Chiacam, Municipio de Carcha, Alta Verapaz
 REALIZADO POR: Rocio del Carmen Sanchez Narciso
 FOTO: DSC02270 FECHA: 12/02/2016 LOCALIZACIÓN: X: 810506 Y: 1720932
 OBSERVACIÓN: Estación No.1; Roca caliza beige con presencia de arcilla y rellenos de calcita, meteorización grado III



Estación	DATOS A MEDIR EN CADA PLANO																		Agua	
	Tipo de plano	Orient.		Espaciado (mm)						Continuidad (m)					Relleno		Superficie			
		Azimut	Buzamiento	< 20	20 - 60	60 - 200	200 - 600	600 - 2000	2000 - 6000	> 6000	Rumbo/Buz.					Espesor mm	Tipo	Ondula. (°)		Rug. JRC
											< 1	1 - 3	3 - 10	10 - 20	> 20					
P5	J1	168	60				X								X	X	3	C	8	H.
		180	50					X							X	X	5	C	8	H.
		182	40				X								X	X	3	C	8	H.
	J2	230	30				X								X	X	1.5	C	8	H.
		218	36			X									X	X	3	Ar.	8	H.
		220	32			X									X	X	3	Ar.	8	H.
	Zfault	190	98			X									X	X	5	Ar.	8	H.
		54	60					X							X	X	30	-	8	H.
		So	182	36			X								X	X	2	C	8	L.H.
		179	30			X								X	X	1	C	8	L.H.	
		190	40			X								X	X	1	Ar.	8	L.H.	
		180	36			X								X	X	0.3	Ar.	8	L.H.	
		189	42			X								X	X	0.1	Ar.	8	L.H.	
		177	38					X						X	X	0.1	Ar.	8	L.H.	
		176	41			X								X	X	3	C	8	L.H.	
		181	43			X								X	X	5	C	8	L.H.	
		J3	120	40				X							X	X	2	C	10	L.H.
		115	44				X								X	X	3	C	10	L.H.
		132	50				X							X	X	4	Ar.	10	L.H.	
		124	39				X							X	X	5	Ar.	10	L.H.	
		119	42				X							X	X	2	Ar.	10	L.H.	
	J4	18	60			X								X	X	3	-	8	L.H.	
		20	62			X								X	X	3	Ar.	8	L.H.	
		36	64			X								X	X	2	Ar.	8	L.H.	
		19	54			X								X	X	2	Ar.	8	L.H.	

DATOS A MEDIR EN EL MACIZO

CROQUIS



FOTOGRAFIA

RESISTENCIA	
R1 Muy debil	
R2 Debil	
R3 Median. Debil	X
R4 Resistente	
R5 Muy resistente	
R6 Extrem. Resit.	

ESTRUCTURA	
Masiva	
En bloques	X
Columnar	
Tabular	
Irregular	X
Desmenuzada	

METEORIZACION	
Grado I	
Grado II	
Grado III	X
Grado IV	
Grado V	

TALUD		
P.M.	DIP	DIR
1	80°	N100
2	74°	N096
3	83°	N095
4	78°	N123

CLASIFICACION R.M.R.		
Factores	Valoración	Ponderación
Resistencia a C.S.	100 - 50	8
Juntas/metro	8	23
Condición de las discontinuidades	Continuidad	10 - 20 m
	Apertura	1 - 5 mm
	Rugosidad	Lig. Rugoso
	Relleno	Duro/Blando <5 mm
	Meteorización	Moderado
Cond. Hidrogeológicas	Lig. Húmedo	10
TOTAL		52

RESISTENCIA A COMPRESION SIMPLE DE LA ROCA INTACTA									
Valor (MPa)	> 240	240-175	175-125	125-100	100-75	75-50	50-30	30-10	< 10
Valoración	15	14	12	10	8	6	4	2	1

JUNTAS POR METRO (RQD Y ESPACIADO ENTRE DISCONTINUIDADES)																	
Juntas/m	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Valoración	40	34	31	29	28	27	26	25	23	22	21	20	19	18	17	16	
Juntas/m	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33
Valoración	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	
Juntas/m	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50
Valoración	8	7	6	5	4	3	2	1									

CONDICIONES DE LAS DISCONTINUIDADES					
Continuidad	< 1 m	1-3 m	3-10 m	10-20 m	> 20 m
	6	4	2	1	0
Apertura	0	<0.1 mm	0.1-1 mm	1-5 mm	>5 mm
	6	5	3	1	0
Rugosidad	M. rugosa	Rugosa	L. rugosa	Lisa	E. de falla
	6	5	3	1	0
Relleno	Ninguno	Relleno duro		Relleno blando	
		< 5 mm	> 5 mm	< 5 mm	> 5 mm
Grado de meteorización	6	4	2	2	0
	N. afectado	Ligero	Moderado	Alto	Descom.
Valoración	6	5	3	1	0

CONDICIONES HIDROGEOLOGICAS					
Estado	Seco	Lig. Húmedo	Húmedo	Goteando	Flujo
Flujo (l/min)	0	< 1	1 - 2.5	2.5 - 12.5	> 12.5
Valoración	15	10	7	4	0

M. rugosa = Muy rugosa E. de falla = Espejo de falla So = Estratificación J1 = Junta o fractura Ar = Arcilla Ox = Oxidos
 L. rugosa = Ligeramente rugosa N. afectado = No afectado S1 = Foliación Zfault = Falla C = Calcita

PROYECTO: Evaluación geotécnica de taludes carretera RN-5 hacia Chiacam, Municipio de Carcha, Alta Verapaz
 REALIZADO POR: Rocio del Carmen Sanchez Narciso
 FOTO: FECHA: 12/02/2016 LOCALIZACIÓN: X: 810500 Y: 1720911
 OBSERVACIÓN: Estación No.1; Roca caliza beige con presencia de arcilla y rellenos de calcita, meteorización grado III



Estación	DATOS A MEDIR EN CADA PLANO														DATOS A MEDIR EN EL MACIZO				
	Tipo de plano	Orient.		Espaciado (mm)						Continuidad (m)				Relleno		Superficie		Agua	
		Azimut	Buzamiento	< 20	20 - 60	60 - 200	200 - 600	600 - 2000	2000 - 6000	> 6000	Rumbo/Buz.				Espesor mm	Tipo	Ondula. (°)		Rug. JRC
											< 1	1 - 3	3 - 10	10 - 20					
P6	J1	36	68				X								1	Ar.		8	H.
		68	60			X						X	X		1.4	Ar.		8	H.
	40	54			X						X	X		1.2	Ar.		8	H.	
	43	61			X						X	X		1.6	Ar.		8	H.	
	50	42			X						X	X		1.6	Ar.		8	H.	
J2	180	60		X						X	X			3	Ar.		8	H.	
	190	40		X						X	X			4	Ar.		8	H.	
	182	45		X						X	X			5	Ar.		8	H.	

CROQUIS

FOTOGRAFIA

RESISTENCIA A COMPRESIÓN SIMPLE DE LA ROCA INTACTA									
Valor (MPa)	> 240	240-175	175-125	125-100	100-75	75-50	50-30	30-10	< 10
Valoración	15	14	12	10	8	6	4	2	1

JUNTAS POR METRO (RQD Y ESPACIADO ENTRE DISCONTINUIDADES)																	
Juntas/m	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Valoración	40	34	31	29	28	27	26	25	23	22	21	20	19	18	17	16	
Juntas/m	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33
Valoración	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
Juntas/m	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50
Valoración	8	7	6	5	4	3	2	1	0								

CONDICIONES HIDROGEOLOGICAS					
Estado	Seco	Lig. Húmedo	Húmedo	Goteando	Flujo
Flujo (l/min)	0	< 1	1 - 2.5	2.5 - 12.5	> 12.5
Valoración	15	10	7	4	0

RESISTENCIA	
R1 Muy debil	
R2 Debil	
R3 Median. Debil	X
R4 Resistente	
R5 Muy resistente	
R6 Extrem. Resit.	

ESTRUCTURA	
Masiva	
En bloques	X
Columnar	
Tabular	
Irregular	X
Desmenuzada	

METEORIZACION	
Grado I	
Grado II	
Grado III	X
Grado IV	
Grado V	

TALUD		
P.M.	DIP	DIR
1	82°	N110
2	80°	N100

CLASIFICACION R.M.R.			
Factores	Valoración	Ponderación	
Resistencia a C.S.	100 - 50	8	
Juntas/metro	13	19	
Condición de las discontinuidades	Continuidad	3 - 10 m	2
	Apertura	1 - 5 mm	1
	Rugosidad	Lig. Rugoso	3
	Relleno	Blando <5 mm	2
	Meteorización	Moderado	3
Cond. Hidrogeológicas	Húmedo	7	
TOTAL		45	

CONDICIONES DE LAS DISCONTINUIDADES					
Continuidad	< 1 m	1-3 m	3-10 m	10-20 m	> 20 m
	6	4	2	1	0
Apertura	0	<0.1 mm	0.1-1 mm	1-5 mm	>5 mm
	6	5	3	1	0
Rugosidad	M. rugosa	Rugosa	L. rugosa	Lisa	E. de falla
	6	5	3	1	0
Relleno	Ninguno	Relleno duro		Relleno blando	
		< 5 mm	> 5 mm	< 5 mm	> 5 mm
Grado de meteorización	6	4	2	2	0
	N. afectado	Ligero	Moderado	Alto	Descom.
	6	5	3	1	0

M. rugosa = Muy rugosa E. de falla = Espejo de falla So = Estratificación J1 = Junta o fractura Ar = Arcilla Ox = Oxidos
 L. rugosa = Ligeramente rugosa N. afectado = No afectado S1 = Foliación Zfault = Falla C = Calcita

PROYECTO: Evaluación geotécnica de taludes carretera RN-5 hacia Chiacam, Municipio de Carcha, Alta Verapaz
 REALIZADO POR: Rocio del Carmen Sanchez Narciso
 FOTO: FECHA: 12/02/2016 LOCALIZACIÓN: X: 810491 Y: 1720893
 OBSERVACIÓN: Estación No.1; Roca caliza beige con presencia de arcilla y rellenos de calcita, meteorización grado III



Estación	DATOS A MEDIR EN CADA PLANO														Agua				
	Tipo de plano	Orient.		Espaciado (mm)						Continuidad (m)				Relleno		Superficie			
		Azimut	Buzamiento	< 20	20 - 60	60 - 200	200 - 600	600 - 2000	2000 - 6000	> 6000	Rumbo/Buz.					Espesor mm	Tipo	Ondula. (°)	Rug. JRC
											< 1	1 - 3	3 - 10	10 - 20					
P7	Zfault	170	60		X									X	X	10	Ar.	2	H.
	J1	180	60			X								X	X	3	C	8	L.H.
		190	40			X								X	X	4	C	8	L.H.
		182	45		X									X	X	5	Ar.	12	L.H.
		188	50		X									X	X	2	Ar.	12	H.
		179	40			X								X	X	2	C	12	L.H.

DATOS A MEDIR EN EL MACIZO	
CROQUIS	

FOTOGRAFIA	

RESISTENCIA	
R1 Muy debil	
R2 Debil	
R3 Median. Debil	X
R4 Resistente	
R5 Muy resistente	
R6 Extrem. Resit.	

ESTRUCTURA	
Masiva	
En bloques	X
Columnar	
Tabular	
Irregular	X
Desmenuzada	

METEORIZACION	
Grado I	
Grado II	
Grado III	X
Grado IV	
Grado V	

TALUD		
P.M.	DIP	DIR
1	82°	N110
2	80°	N100

CLASIFICACION R.M.R.		
Factores	Valoración	Ponderación
Resistencia a C.S.	100 - 50	8
Juntas/metro	14	18
Condición de las discontinuidades	Continuidad	10 - 20 m
	Apertura	1 - 5 mm
	Rugosidad	Lig. Rugoso
	Relleno	Duro/Blando <5 mm
	Meteorización	Moderado
Cond. Hidrogeológicas	Lig. Húmedo	10
TOTAL		47

RESISTENCIA A COMPRESION SIMPLE DE LA ROCA INTACTA									
Valor (MPa)	> 240	240-175	175-125	125-100	100-75	75-50	50-30	30-10	< 10
Valoración	15	14	12	10	8	6	4	2	1

JUNTAS POR METRO (RQD Y ESPACIADO ENTRE DISCONTINUIDADES)																	
Juntas/m	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Valoración	40	34	31	29	28	27	26	25	23	22	21	20	19	18	17	16	15
Juntas/m	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33
Valoración	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
Juntas/m	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50
Valoración	8	7	6	5	4	3	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0

CONDICIONES DE LAS DISCONTINUIDADES					
Continuidad	< 1 m	1-3 m	3-10 m	10-20 m	> 20 m
	6	4	2	1	0
Apertura	0	<0.1 mm	0.1-1 mm	1-5 mm	>5 mm
	6	5	3	1	0
Rugosidad	M. rugosa	Rugosa	L. rugosa	Lisa	E. de falla
	6	5	3	1	0
Relleno	Ninguno	Relleno duro		Relleno blando	
		< 5 mm	> 5 mm	< 5 mm	> 5 mm
Grado de meteorización	6	4	2	2	0
	N. afectado	Ligero	Moderado	Alto	Descom.
Valoración	6	5	3	1	0

CONDICIONES HIDROGEOLOGICAS					
Estado	Seco	Lig. Húmedo	Húmedo	Goteando	Flujo
Flujo (l/min)	0	< 1	1 - 2.5	2.5 - 12.5	> 12.5
Valoración	15	10	7	4	0

M. rugosa = Muy rugosa E. de falla = Espejo de falla So = Estratificación J1 = Junta o fractura Ar = Arcilla Ox = Oxidos
 L. rugosa = Ligeramente rugosa N. afectado = No afectado S1 = Foliación Zfault = Falla C = Calcita

PROYECTO: Evaluación geotécnica de taludes carretera RN-5 hacia Chiacam, Municipio de Carcha, Alta Verapaz
 REALIZADO POR: Rocio del Carmen Sanchez Narciso
 FOTO: DSC02279 FECHA: 12/02/2016 LOCALIZACIÓN: X: 810473 Y: 1720876
 OBSERVACIÓN: Estación No.2; Roca caliza beige con presencia de arcilla y rellenos de calcita, meteorización grado III



Estación	DATOS A MEDIR EN CADA PLANO															Agua						
	Tipo de plano	Orient.		Espaciado (mm)							Continuidad (m)				Relleno		Superficie					
		Azimut	Buzamiento	< 20	20 - 60	60 - 200	200 - 600	600 - 2000	2000 - 6000	> 6000	Rumbo/Buz.				Espesor mm		Tipo	Ondula. (°)	Rug. JRC			
											< 1	1 - 3	3 - 10	10 - 20						> 20		
P1	J1	306	80		X													2	Ar.	6	S.	
		300	76		X														2	C.	6	S.
	J2	78	80		X														4	Ar.	6	S.
		70	88			X													4	Ar.	6	S.
		78	86			X													6	Ar.	6	S.
	Zfault	66	82							X									10	C.	6	S.
	J3	240	65		X														1	Ar.	6	S.

DATOS A MEDIR EN EL MACIZO
 CROQUIS



RESISTENCIA	
R1 Muy debil	
R2 Debil	
R3 Median. Debil	X
R4 Resistente	
R5 Muy resistente	
R6 Extrem. Resit.	

ESTRUCTURA	
Masiva	
En bloques	X
Columnar	
Tabular	
Irregular	X
Desmenuzada	

METEORIZACIÓN	
Grado I	
Grado II	
Grado III	X
Grado IV	
Grado V	

TALUD		
P.M.	DIP	DIR
1	70°	N144
2	70°	N180
3	70°	N176

CLASIFICACIÓN R.M.R.		
Factores	Valoración	Ponderación
Resistencia a C.S.	100 - 50	8
Juntas/metro	15	17
Condición de las discontinuidades	Continuidad	3 - 10 m
	Apertura	1 - 5 mm
	Rugosidad	Liso
	Relleno	Duro/Blando <5 mm
	Meteorización	Moderado
Cond. Hidrogeológicas	Seco	15
TOTAL		50

RESISTENCIA A COMPRESIÓN SIMPLE DE LA ROCA INTACTA									
Valor (MPa)	> 240	240-175	175-125	125-100	100-75	75-50	50-30	30-10	< 10
Valoración	15	14	12	10	8	6	4	2	1

JUNTAS POR METRO (RQD Y ESPACIADO ENTRE DISCONTINUIDADES)																	
Juntas/m	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Valoración	40	34	31	29	28	27	26	25	23	22	21	20	19	18	17	16	
Juntas/m	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33
Valoración	16	15	14	14	12	11	10	10	9	8	8	8	8	8	8	8	8
Juntas/m	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50
Valoración	8	8	8	8	8	7	7	7	7	5	5	5	4	4	4	3	3

CONDICIONES DE LAS DISCONTINUIDADES					
Continuidad	< 1 m	1-3 m	3-10 m	10-20 m	> 20 m
	6	4	2	1	0
Apertura	0	<0.1 mm	0.1-1 mm	1-5 mm	>5 mm
	6	5	3	1	0
Rugosidad	M. rugosa	Rugosa	L. rugosa	Lisa	E. de falla
	6	5	3	1	0
Relleno	Ninguno	Relleno duro		Relleno blando	
		< 5 mm	> 5 mm	< 5 mm	> 5 mm
Grado de meteorización	6	4	2	2	0
	N. afectado	Ligero	Moderado	Alto	Descom.
	6	5	3	1	0

CONDICIONES HIDROGEOLOGICAS					
Estado	Seco	Lig. Húmedo	Húmedo	Goteando	Flujo
Flujo (l/min)	0	< 1	1 - 2.5	2.5 - 12.5	> 12.5
Valoración	15	10	7	4	0

M. rugosa = Muy rugosa E. de falla = Espejo de falla So = Estratificación J1 = Junta o fractura Ar = Arcilla Ox = Oxidos
 L. rugosa = Ligeramente rugosa N. afectado = No afectado S1 = Foliación Zfault = Falla C = Calcita

PROYECTO: Evaluación geotécnica de taludes carretera RN-5 hacia Chiacam, Municipio de Carcha, Alta Verapaz REALIZADO POR: Rocio del Carmen Sanchez Narciso

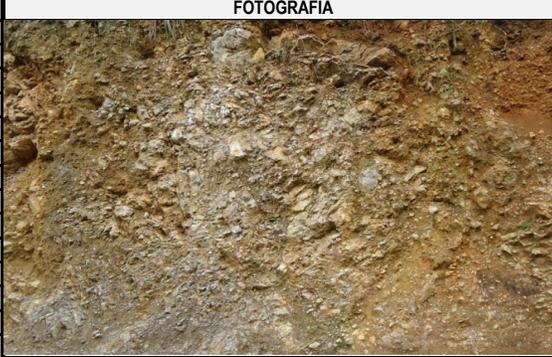
FOTO: DSC02280 FECHA: 12/02/2016 LOCALIZACIÓN: X: 810460 Y: 1720869

OBSERVACIÓN: Estación No.2; Roca caliza beige con presencia de arcilla y rellenos de calcita, meteorización grado III



Estación	DATOS A MEDIR EN CADA PLANO														DATOS A MEDIR EN EL MACIZO					
	Tipo de plano	Orient.		Espaciado (mm)						Continuidad (m)				Relleno		Superficie		Agua		
		Azimut	Buzamiento	< 20	20 - 60	60 - 200	200 - 600	600 - 2000	2000 - 6000	> 6000	Rumbo/Buz.				Espesor mm	Tipo	Ondula. (°)		Rug. JRC	
											< 1	1 - 3	3 - 10	10 - 20						> 20
P2	Zfault	240	32				X								X	25	Ar.		2	S.
	J1	268	30			X							X	X		3	C		8	S.
		260	68			X							X	X		4	C		8	S.
	J2	74	80		X								X	X		4	-		8	S.
		68	74			X							X	X		4	Ar.		8	S.
		64	82		X								X	X		2	Ar.		12	S.
	J3	212	15		X								X	X		3	-		12	S.
		216	24		X								X	X		3	C		12	S.
	Zfault	250	80				X						X	X		15	Ar.		2	S.

CROQUIS



RESISTENCIA	
R1 Muy debil	
R2 Debil	
R3 Median. Debil	X
R4 Resistente	
R5 Muy resistente	
R6 Extrem. Resit.	

ESTRUCTURA	
Masiva	
En bloques	X
Columnar	
Tabular	
Irregular	X
Desmenuzada	

METEORIZACION	
Grado I	
Grado II	
Grado III	X
Grado IV	
Grado V	

TALUD		
P.M.	DIP	DIR
1	70°	N144
2	70°	N180
3	70°	N176

CLASIFICACION R.M.R.			
Factores	Valoración	Ponderación	
Resistencia a C.S.	100 - 50	8	
Juntas/metro	13	19	
Condición de las discontinuidades	Continuidad	3 - 10 m	2
	Apertura	1 - 5 mm	1
	Rugosidad	Lig. Rugoso	3
	Relleno	Duro/Blando <5 mm	3
	Meteorización	Moderado	3
Cond. Hidrogeológicas	Seco	15	
TOTAL		54	

RESISTENCIA A COMPRESION SIMPLE DE LA ROCA INTACTA									
Valor (MPa)	> 240	240-175	175-125	125-100	100-75	75-50	50-30	30-10	< 10
Valoración	15	14	12	10	8	6	4	2	1

JUNTAS POR METRO (RQD Y ESPACIADO ENTRE DISCONTINUIDADES)																	
Juntas/m	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Valoración	40	34	31	29	28	27	26	25	23	22	21	20	19	18	17	16	
Juntas/m	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33
Valoración	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
Juntas/m	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50
Valoración	8	7	6	5	4	3	2	1	0								

CONDICIONES DE LAS DISCONTINUIDADES					
Continuidad	< 1 m	1-3 m	3-10 m	10-20 m	> 20 m
	6	4	2	1	0
Apertura	0	<0.1 mm	0.1-1 mm	1-5 mm	>5 mm
	6	5	3	1	0
Rugosidad	M. rugosa	Rugosa	L. rugosa	Lisa	E. de falla
	6	5	3	1	0
Relleno	Ninguno	Relleno duro		Relleno blando	
		< 5 mm	> 5 mm	< 5 mm	> 5 mm
Grado de meteorización	6	4	2	2	0
	N. afectado	Ligero	Moderado	Alto	Descom.
Valoración	6	5	3	1	0

CONDICIONES HIDROGEOLOGICAS					
Estado	Seco	Lig. Húmedo	Húmedo	Goteando	Flujo
Flujo (l/min)	0	< 1	1 - 2.5	2.5 - 12.5	> 12.5
Valoración	15	10	7	4	0

M. rugosa = Muy rugosa E. de falla = Espejo de falla So = Estratificación J1 = Junta o fractura Ar = Arcilla Ox = Oxidos
L. rugosa = Ligeramente rugosa N. afectado = No afectado S1 = Foliación Zfault = Falla C = Calcita

PROYECTO: Evaluación geotécnica de taludes carretera RN-5 hacia Chiacam, Municipio de Carcha, Alta Verapaz
 REALIZADO POR: Rocio del Carmen Sanchez Narciso
 FOTO: DSC02281 FECHA: 12/02/2016 LOCALIZACIÓN: X: 810451 Y: 1720865



OBSERVACIÓN: Estación No.2; Roca caliza beige con presencia de arcilla y rellenos de calcita, meteorización grado III

Estación	DATOS A MEDIR EN CADA PLANO														DATOS A MEDIR EN EL MACIZO				
	Tipo de plano	Orient.		Espaciado (mm)						Continuidad (m)				Relleno		Superficie		Agua	
		Azimut	Buzamiento	< 20	20 - 60	60 - 200	200 - 600	600 - 2000	2000 - 6000	> 6000	Rumbo/Buz.				Espesor mm	Tipo	Ondula. (°)		Rug. JRC
											< 1	1 - 3	3 - 10	10 - 20					
P3	J1	256	30	X								X	X			3	-	8	S.
		258	50	X								X	X			3	-	8	S.
		252	46	X								X	X			3	-	8	S.
	J2	250	64		X									X	X	1	C	8	S.
		258	52		X									X	X	1	C	8	S.
	Zfault	256	80									X		X	48	Ar.	2	S.	

CROQUIS



RESISTENCIA	
R1 Muy debil	
R2 Debil	
R3 Median. Debil	X
R4 Resistente	
R5 Muy resistente	
R6 Extrem. Resit.	

ESTRUCTURA	
Masiva	
En bloques	X
Columnar	
Tabular	
Irregular	X
Desmenuzada	

METEORIZACIÓN	
Grado I	
Grado II	
Grado III	X
Grado IV	
Grado V	

TALUD		
P.M.	DIP	DIR
1	70°	N144
2	70°	N180
3	70°	N176

CLASIFICACIÓN R.M.R.		
Factores	Valoración	Ponderación
Resistencia a C.S.	100 - 50	8
Juntas/metro	14	18
Condición de las discontinuidades	Continuidad	10 - 20 m
	Apertura	1 - 5 mm
	Rugosidad	Lig. Rugoso
	Relleno	Duro/Blando <5 mm
	Meteorización	Moderado
Cond. Hidrogeológicas	Seco	15
TOTAL		52

RESISTENCIA A COMPRESIÓN SIMPLE DE LA ROCA INTACTA									
Valor (MPa)	> 240	240-175	175-125	125-100	100-75	75-50	50-30	30-10	< 10
Valoración	15	14	12	10	8	6	4	2	1

JUNTAS POR METRO (RQD Y ESPACIADO ENTRE DISCONTINUIDADES)																	
Juntas/m	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Valoración	40	34	31	29	28	27	26	25	23	22	21	20	19	18	17	16	
Juntas/m	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33
Valoración	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
Juntas/m	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50
Valoración	8	7	6	5	4	3	2	1	0								

CONDICIONES DE LAS DISCONTINUIDADES					
Continuidad	< 1 m	1-3 m	3-10 m	10-20 m	> 20 m
	6	4	2	1	0
Apertura	0	<0.1 mm	0.1-1 mm	1-5 mm	>5 mm
	6	5	3	1	0
Rugosidad	M. rugosa	Rugosa	L. rugosa	Lisa	E. de falla
	6	5	3	1	0
Relleno	Ninguno	Relleno duro		Relleno blando	
		< 5 mm	> 5 mm	< 5 mm	> 5 mm
Grado de meteorización	6	4	2	2	0
	N. afectado	Ligero	Moderado	Alto	Descom.
Valoración	6	5	3	1	0

CONDICIONES HIDROGEOLOGICAS					
Estado	Seco	Lig. Húmedo	Húmedo	Goteando	Flujo
Flujo (l/min)	0	< 1	1 - 2.5	2.5 - 12.5	> 12.5
Valoración	15	10	7	4	0

M. rugosa = Muy rugosa E. de falla = Espejo de falla So = Estratificación J1 = Junta o fractura Ar = Arcilla Ox = Oxidos
 L. rugosa = Ligeramente rugosa N. afectado = No afectado S1 = Foliación Zfault = Falla C = Calcita

PROYECTO: Evaluación geotécnica de taludes carretera RN-5 hacia Chiacam, Municipio de Carcha, Alta Verapaz
 REALIZADO POR: Rocio del Carmen Sanchez Narciso
 FOTO: DSCO02283 FECHA: 12/02/2016 LOCALIZACIÓN: X: 810441 Y: 1720863
 OBSERVACIÓN: Estación No.2; Roca caliza beige con presencia de arcilla y rellenos de calcita, meteorización grado III



Estación	DATOS A MEDIR EN CADA PLANO														Relleno	Superficie		Agua				
	Tipo de plano	Orient.		Espaciado (mm)						Continuidad (m)						Espesor mm	Tipo		Ondula. (°)	Rug. JRC		
		Azimut	Buzamiento	< 20	20 - 60	60 - 200	200 - 600	600 - 2000	2000 - 6000	> 6000	Rumbo/Buz.											
											< 1	1 - 3	3 - 10	10 - 20							> 20	
P4	Zfault	246	70					X										50	Ar.	4	S.	
	J1	270	64		X														4	C	8	S.
		288	65			X													3	C	8	S.
		268	64		X														2	C	8	S.
P5	So.	306	50				X												2	-	12	LH
		308	50				X												1	-	12	LH
		304	38				X												1	-	12	LH
	J2	112	70		X														3	Ar.	10	LH
		114	60		X														4	Ar.	10	LH
	J3	210	56				X												5	C	8	LH
		224	52					X											5	C	8	LH

DATOS A MEDIR EN EL MACIZO	
CROQUIS	



RESISTENCIA A COMPRESIÓN SIMPLE DE LA ROCA INTACTA									
Valor (MPa)	> 240	240-175	175-125	125-100	100-75	75-50	50-30	30-10	< 10
Valoración	15	14	12	10	8	6	4	2	1

JUNTAS POR METRO (RQD Y ESPACIADO ENTRE DISCONTINUIDADES)																	
Juntas/m	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Valoración	40	34	31	29	28	27	26	25	23	22	21	20	19	18	17	16	15
Juntas/m	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33
Valoración	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
Juntas/m	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50
Valoración	8	7	6	5	4	3	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0

CONDICIONES HIDROGEOLOGICAS					
Estado	Seco	Lig. Húmedo	Húmedo	Goteando	Flujo
Flujo (l/min)	0	< 1	1 - 2.5	2.5 - 12.5	> 12.5
Valoración	15	10	7	4	0

M. rugosa = Muy rugosa E. de falla = Espejo de falla So = Estratificación J1 = Junta o fractura Ar = Arcilla Ox = Oxidos
 L. rugosa = Ligeramente rugosa N. afectado = No afectado S1 = Foliación Zfault = Falla C = Calcita

RESISTENCIA	
R1 Muy debil	
R2 Debil	
R3 Median. Debil	X
R4 Resistente	
R5 Muy resistente	
R6 Extrem. Resit.	

ESTRUCTURA	
Masiva	
En bloques	X
Columnar	
Tabular	
Irregular	X
Desmenuzada	

METEORIZACIÓN	
Grado I	
Grado II	
Grado III	X
Grado IV	
Grado V	

TALUD		
P.M.	DIP	DIR
1	70°	N144
2	70°	N180
3	70°	N176

CLASIFICACIÓN R.M.R.		
Factores	Valoración	Ponderación
Resistencia a C.S.	100 - 50	8
Juntas/metro	11	21
Condición de las discontinuidades	Continuidad	10 - 20 m
	Apertura	1 - 5 mm
	Rugosidad	Lig. Rugoso
	Relleno	Duro/Blando <5 mm
	Meteorización	Moderado
Cond. Hidrogeológicas	Lig. Húmedo	12
TOTAL		52

CONDICIONES DE LAS DISCONTINUIDADES					
Continuidad	< 1 m	1-3 m	3-10 m	10-20 m	> 20 m
	6	4	2	1	0
Apertura	0	<0.1 mm	0.1-1 mm	1-5 mm	>5 mm
	6	5	3	1	0
Rugosidad	M. rugosa	Rugosa	L. rugosa	Lisa	E. de falla
	6	5	3	1	0
Relleno	Relleno duro		Relleno blando		
	Ninguno	< 5 mm	> 5 mm	< 5 mm	> 5 mm
Grado de meteorización	6	4	2	2	0
	N. afectado	Ligero	Moderado	Alto	Descom.
	6	5	3	1	0

PROYECTO: Evaluación geotécnica de taludes carretera RN-5 hacia Chiacam, Municipio de Carcha, Alta Verapaz
 REALIZADO POR: Rocio del Carmen Sanchez Narciso
 FOTO: DSC02284 FECHA: 12/02/2016 LOCALIZACIÓN: X: 810409 Y: 1720863
 OBSERVACIÓN: Estación No.2; Roca caliza beige con presencia de arcilla y rellenos de calcita, meteorización grado III



Estación	DATOS A MEDIR EN CADA PLANO														Superficie		Agua		
	Tipo de plano	Orient.		Espaciado (mm)						Continuidad (m)					Relleno			Rug. JRC	
		Azimut	Buzamiento	< 20	20 - 60	60 - 200	200 - 600	600 - 2000	2000 - 6000	> 6000	Rumbo/Buz.					Espesor mm			Tipo
											< 1	1 - 3	3 - 10	10 - 20	> 20				
P6	J1	286	60				X								X	3	C	10	LH
		278	62				X							X	X	3	C	10	LH
	J2	216	40				X							X	X	2	Ar.	10	LH
		232	40				X							X	X	2	Ar.	10	LH
		208	66				X							X	X	2	Ar.	10	H.
	Zfault	256	52							X				X	X	10	Ar.	2	H.

DATOS A MEDIR EN EL MACIZO

CROQUIS



RESISTENCIA

R1 Muy debil	
R2 Debil	
R3 Median. Debil	X
R4 Resistente	
R5 Muy resistente	
R6 Extrem. Resit.	

ESTRUCTURA

Masiva	
En bloques	X
Columnar	
Tabular	
Irregular	X
Desmenuzada	

METEORIZACION

Grado I	
Grado II	
Grado III	X
Grado IV	
Grado V	

TALUD

P.M.	DIP	DIR
1	70°	N144
2	70°	N180
3	70°	N176

CLASIFICACION R.M.R.

Factores		Valoración	Ponderación
Resistencia a C.S.		100 - 50	8
Juntas/metro		7	25
Condición de las discontinuidades	Continuidad	10 - 20 m	1
	Apertura	1 - 5 mm	1
	Rugosidad	Lig. Rugoso	3
	Relleno	Duro/Blando <5 mm	3
	Meteorización	Moderado	3
Cond. Hidrogeológicas	Lig. Húmedo	10	
TOTAL			54

RESISTENCIA A COMPRESION SIMPLE DE LA ROCA INTACTA

Valor (MPa)	> 240	240-175	175-125	125-100	100-75	75-50	50-30	30-10	< 10
Valoración	15	14	12	10	8	6	4	2	1

JUNTAS POR METRO (RQD Y ESPACIADO ENTRE DISCONTINUIDADES)

Juntas/m	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Valoración	40	34	31	29	28	27	26	25	23	22	21	20	19	18	17	16	
Juntas/m	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33
Valoración	16	15		14		12		11		10		9		8			
Juntas/m	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50
Valoración		8				7				5			4			3	

CONDICIONES DE LAS DISCONTINUIDADES

Continuidad	< 1 m	1-3 m	3-10 m	10-20 m	> 20 m
	6	4	2	1	0
Apertura	0	<0.1 mm	0.1-1 mm	1-5 mm	>5 mm
	6	5	3	1	0
Rugosidad	M. rugosa	Rugosa	L. rugosa	Lisa	E. de falla
	6	5	3	1	0
Relleno	Ninguno	Relleno duro		Relleno blando	
		< 5 mm	> 5 mm	< 5 mm	> 5 mm
Grado de meteorización	6	4	2	2	0
	N. afectado	Ligero	Moderado	Alto	Descom.
Valoración	6	5	3	1	0

CONDICIONES HIDROGEOLOGICAS

Estado	Seco	Lig. Húmedo	Húmedo	Goteando	Flujo
Flujo (l/min)	0	< 1	1 - 2.5	2.5 - 12.5	> 12.5
Valoración	15	10	7	4	0

M. rugosa = Muy rugosa E. de falla = Espejo de falla So = Estratificación J1 = Junta o fractura Ar = Arcilla Ox = Oxidos
 L. rugosa = Ligeramente rugosa N. afectado = No afectado S1 = Foliación Zfault = Falla C = Calcita

PROYECTO: Evaluación geotécnica de taludes carretera RN-5 hacia Chiacam, Municipio de Carcha, Alta Verapaz
 REALIZADO POR: Rocio del Carmen Sanchez Narciso
 FOTO: DSC02287 FECHA: 12/02/2016 LOCALIZACIÓN: X: 810392 Y: 1720866
 OBSERVACIÓN: Estación No.2; Roca caliza beige con presencia de arcilla y rellenos de calcita, meteorización grado III



Estación	DATOS A MEDIR EN CADA PLANO														DATOS A MEDIR EN EL MACIZO					
	Tipo de plano	Orient.		Espaciado (mm)						Continuidad (m)					Relleno		Superficie		Agua	
		Azimut	Buzamiento	< 20	20 - 60	60 - 200	200 - 600	600 - 2000	2000 - 6000	> 6000	Rumbo/Buz.					Espesor mm	Tipo	Ondula. (°)		Rug. JRC
											< 1	1 - 3	3 - 10	10 - 20	> 20					
P7	Zfault	252	52					X							X	6	-		4	H.
	J1	286	86		X							X	X			4	Ar.		8	S.
		299	80			X						X	X			4	Ar.		8	H.
	J2	180	50		X							X		X		2	-		8	H.
		224	41			X						X	X			3	Ar.		8	L.H
		210	48				X							X	X	4	Ar.		8	L.H
	J3	183	55		X							X		X		4	Ar.		8	H.
		179	49		X							X	X			4	Ar.		8	H.
		186	54			X						X	X			5	Ar.		8	H.
		181	42		X							X	X			1	Ar.		8	H.
		176	49		X							X	X			1	Ar.		8	H.
		187	53			X						X	X			0.2	Ar.		8	H.
	J4	308	86			X						X	X			0.3	Ar.		8	H.
		320	70			X						X		X		0.1	Ar.		8	H.
		317	63		X							X		X		3	Ar.		8	H.
		322	59		X							X	X			2	Ar.		8	H.
		331	65			X						X	X			2	Ar.		8	H.

CROQUIS



RESISTENCIA		ESTRUCTURA	
R1 Muy debil		Masiva	
R2 Debil		En bloques	X
R3 Median. Debil	X	Columnar	
R4 Resistente		Tabular	
R5 Muy resistente		Irregular	X
R6 Extrem. Resit.		Desmenuzada	

METEORIZACION		TALUD		
Grado I		P.M.	DIP	DIR
Grado II		1	70°	N144
Grado III	X	2	70°	N180
Grado IV		3	70°	N176
Grado V		4	65°	N178

CLASIFICACION R.M.R.			
Factores	Valoración	Ponderación	
Resistencia a C.S.	100 - 50	8	
Juntas/metro	12	20	
Condición de las discontinuidades	Continuidad	3 - 10 m	2
	Apertura	1 - 5 mm	1
	Rugosidad	Lig. Rugoso	3
	Relleno	Duro/Blando <5 mm	3
	Meteorización	Moderado	3
Cond. Hidrogeológicas	Lig. Húmedo	10	
TOTAL		50	

RESISTENCIA A COMPRESION SIMPLE DE LA ROCA INTACTA									
Valor (MPa)	> 240	240-175	175-125	125-100	100-75	75-50	50-30	30-10	< 10
Valoración	15	14	12	10	8	6	4	2	1

JUNTAS POR METRO (RQD Y ESPACIADO ENTRE DISCONTINUIDADES)																	
Juntas/m	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Valoración	40	34	31	29	28	27	26	25	23	22	21	20	19	18	17	16	
Juntas/m	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33
Valoración	16	15	14	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0	
Juntas/m	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50
Valoración	8	7	6	5	4	3	2	1	0								

CONDICIONES DE LAS DISCONTINUIDADES					
Continuidad	< 1 m	1-3 m	3-10 m	10-20 m	> 20 m
	6	4	2	1	0
Apertura	0	<0.1 mm	0.1-1 mm	1-5 mm	>5 mm
	6	5	3	1	0
Rugosidad	M. rugosa	Rugosa	L. rugosa	Lisa	E. de falla
	6	5	3	1	0
Relleno	Relleno duro		Relleno blando		
	Ninguno	< 5 mm	> 5 mm	< 5 mm	> 5 mm
Grado de meteorización	6	4	2	2	0
	N. afectado	Ligero	Moderado	Alto	Descom.
Valoración	6	5	3	1	0

CONDICIONES HIDROGEOLOGICAS					
Estado	Seco	Lig. Húmedo	Húmedo	Goteando	Flujo
Flujo (l/min)	0	< 1	1 - 2.5	2.5 - 12.5	> 12.5
Valoración	15	10	7	4	0

M. rugosa = Muy rugosa E. de falla = Espejo de falla So = Estratificación J1 = Junta o fractura Ar = Arcilla Ox = Oxidos
 L. rugosa = Ligeramente rugosa N. afectado = No afectado S1 = Foliación Zfault = Falla C = Calcita

PROYECTO: Evaluación geotécnica de taludes carretera RN-5 hacia Chiacam, Municipio de Carcha, Alta Verapaz
 REALIZADO POR: Rocio del Carmen Sanchez Narciso
 FOTO: FECHA: 12/02/2016 LOCALIZACIÓN: X: 810365 Y: 1720874
 OBSERVACIÓN: Estación No.2; Roca caliza beige con presencia de arcilla y rellenos de calcita, meteorización grado III



Estación	DATOS A MEDIR EN CADA PLANO														DATOS A MEDIR EN EL MACIZO							
	Tipo de plano	Orient.		Espaciado (mm)						Continuidad (m)					Relleno		Superficie		Agua			
		Azimut	Buzamiento	< 20	20 - 60	60 - 200	200 - 600	600 - 2000	2000 - 6000	> 6000	Rumbo/Buz.					Espesor mm	Tipo	Ondula. (°)		Rug. JRC		
											< 1	1 - 3	3 - 10	10 - 20	> 20							
P9	J1	211	63			X												6	Ar.	10	L.H.	
		201	60			X													6	Ar.	10	L.H.
		209	55			X													5	Ar.	10	L.H.
		215	55				X												7	Ar.	8	L.H.
		222	59				X												5	Ar.	8	L.H.
		210	64			X													4	C	8	L.H.
J2	303	60			X													1	C	8	L.H.	
	292	58			X													1	C	8	H.	
	295	47				X												1	Ar.	8	H.	
	299	45				X												1	Ar.	8	H.	
	310	48			X													3	C	8	H.	
	305	42				X												2	C	8	L.H.	
	314	48			X													4	Ar.	8	L.H.	
	312	54				X												3	C	8	L.H.	

CROQUIS			

FOTOGRAFIA			

RESISTENCIA	
R1 Muy debil	
R2 Debil	
R3 Median. Debil	X
R4 Resistente	
R5 Muy resistente	
R6 Extrem. Resit.	

ESTRUCTURA		
Masiva		
En bloques		X
Columnar		
Tabular		
Irregular		X
Desmenuzada		

METEORIZACION	
Grado I	
Grado II	
Grado III	X
Grado IV	
Grado V	

TALUD		
P.M.	DIP	DIR
1	65°	N178
2	72°	N164

CLASIFICACION R.M.R.		
Factores	Valoración	Ponderación
Resistencia a C.S.	100 - 50	8
Juntas/metro	13	19
Condición de las discontinuidades	Continuidad	10 - 20 m
	Apertura	1 - 5 mm
	Rugosidad	Lig. Rugoso
	Relleno	Duro/Blando <5 mm
	Meteorización	Moderado
Cond. Hidrogeológicas	Lig. Húmedo	10
TOTAL		48

RESISTENCIA A COMPRESION SIMPLE DE LA ROCA INTACTA									
Valor (MPa)	> 240	240-175	175-125	125-100	100-75	75-50	50-30	30-10	< 10
Valoración	15	14	12	10	8	6	4	2	1

JUNTAS POR METRO (RQD Y ESPACIADO ENTRE DISCONTINUIDADES)																	
Juntas/m	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Valoración	40	34	31	29	28	27	26	25	23	22	21	20	20	19	18	17	16
Juntas/m	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33
Valoración	16	15	14	14	12	11	10	10	9	9	8	8	8	8	8	8	8
Juntas/m	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50
Valoración	8	8	7	7	7	7	7	7	7	5	5	5	4	4	4	3	3

CONDICIONES DE LAS DISCONTINUIDADES					
Continuidad	< 1 m	1-3 m	3-10 m	10-20 m	> 20 m
	6	4	2	1	0
Apertura	0	<0.1 mm	0.1-1 mm	1-5 mm	>5 mm
	6	5	3	1	0
Rugosidad	M. rugosa	Rugosa	L. rugosa	Lisa	E. de falla
	6	5	3	1	0
Relleno	Ninguno	Relleno duro		Relleno blando	
		< 5 mm	> 5 mm	< 5 mm	> 5 mm
Grado de meteorización	6	4	2	2	0
	N. afectado	Ligero	Moderado	Alto	Descom.
Valoración	6	5	3	1	0

CONDICIONES HIDROGEOLOGICAS					
Estado	Seco	Lig. Húmedo	Húmedo	Goteando	Flujo
Flujo (l/min)	0	< 1	1 - 2.5	2.5 - 12.5	> 12.5
Valoración	15	10	7	4	0

M. rugosa = Muy rugosa E. de falla = Espejo de falla So = Estratificación J1 = Junta o fractura Ar = Arcilla Ox = Oxidos
 L. rugosa = Ligeramente rugosa N. afectado = No afectado S1 = Foliación Zfault = Falla C = Calcita

PROYECTO: Evaluación geotécnica de taludes carretera RN-5 hacia Chiacam, Municipio de Carcha, Alta Verapaz
 REALIZADO POR: Rocio del Carmen Sanchez Narciso
 FOTO: DSC02297 FECHA: 12/02/2016 LOCALIZACIÓN: X: 810343 Y: 1720889
 OBSERVACIÓN: Estación No.3; Roca caliza beige con presencia de arcilla y rellenos de calcita, meteorización grado III



Estación	DATOS A MEDIR EN CADA PLANO														Agua					
	Tipo de plano	Orient.		Espaciado (mm)						Continuidad (m)				Relleno		Superficie				
		Azimut	Buzamiento	< 20	20 - 60	60 - 200	200 - 600	600 - 2000	2000 - 6000	> 6000	Rumbo/Buz.					Espesor mm	Tipo	Ondula. (°)	Rug. JRC	
											< 1	1 - 3	3 - 10	10 - 20						> 20
P1	J1	222	52					X				X	X			11	C		8	L.H.
		208	50				X					X	X			6	C		8	L.H.
		188	40				X					X	X			8	C		8	L.H.
	J2	292	68				X					X	X			4	Ar.		8	L.H.
		270	70				X					X	X			4	Ar.		8	L.H.
		194	80				X					X	X			2	Ar.		10	L.H.
	J3	86	80		X						X			X	3	Ar.		10	L.H.	
		79	80		X						X		X		2	C		10	L.H.	
		91	64		X						X		X		4	C		10	L.H.	

DATOS A MEDIR EN EL MACIZO

CROQUIS



RESISTENCIA

R1 Muy debil	
R2 Debil	
R3 Median. Debil	X
R4 Resistente	
R5 Muy resistente	
R6 Extrem. Resit.	

ESTRUCTURA

Masiva	
En bloques	X
Columnar	
Tabular	
Irregular	X
Desmenuzada	

METEORIZACION

Grado I	
Grado II	
Grado III	X
Grado IV	
Grado V	

TALUD

P.M.	DIP	DIR
1	74°	N220
2	71°	N200
3	60°	N194
4	78°	N223

CLASIFICACION R.M.R.

Factores		Valoración	Ponderación
Resistencia a C.S.		100 - 50	8
Juntas/metro		12	20
Condición de las discontinuidades	Continuidad	3 - 10 m	2
	Apertura	1 - 5 mm	1
	Rugosidad	Lig. Rugoso	3
	Relleno	Duro/Blando <5 mm	3
	Meteorización	Moderado	3
Cond. Hidrogeológicas		Lig. Húmedo	10
TOTAL			50

RESISTENCIA A COMPRESION SIMPLE DE LA ROCA INTACTA

Valor (MPa)	> 240	240-175	175-125	125-100	100-75	75-50	50-30	30-10	< 10
Valoración	15	14	12	10	8	6	4	2	1

JUNTAS POR METRO (RQD Y ESPACIADO ENTRE DISCONTINUIDADES)

Juntas/m	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Valoración	40	34	31	29	28	27	26	25	23	22	21	20	19	18	17	16	
Juntas/m	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33
Valoración	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	
Juntas/m	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50
Valoración	8	7	6	5	4	3	2	1									

CONDICIONES DE LAS DISCONTINUIDADES

Continuidad	< 1 m	1-3 m	3-10 m	10-20 m	> 20 m
	6	4	2	1	0
Apertura	0	<0.1 mm	0.1-1 mm	1-5 mm	>5 mm
	6	5	3	1	0
Rugosidad	M. rugosa	Rugosa	L. rugosa	Lisa	E. de falla
	6	5	3	1	0
Relleno	Ninguno	Relleno duro		Relleno blando	
	6	< 5 mm	> 5 mm	< 5 mm	> 5 mm
Grado de meteorización	6	4	2	2	0
	N. afectado	Ligero	Moderado	Alto	Descom.
Valoración	6	5	3	1	0

CONDICIONES HIDROGEOLOGICAS

Estado	Seco	Lig. Húmedo	Húmedo	Goteando	Flujo
Flujo (l/min)	0	< 1	1 - 2.5	2.5 - 12.5	> 12.5
Valoración	15	10	7	4	0

M. rugosa = Muy rugosa E. de falla = Espejo de falla So = Estratificación J1 = Junta o fractura Ar = Arcilla Ox = Oxidos
 L. rugosa = Ligeramente rugosa N. afectado = No afectado S1 = Foliación Zfault = Falla C = Calcita

PROYECTO: Evaluación geotécnica de taludes carretera RN-5 hacia Chiacam, Municipio de Carcha, Alta Verapaz
 REALIZADO POR: Rocio del Carmen Sanchez Narciso
 FOTO: DSC02293 FECHA: 12/02/2016 LOCALIZACIÓN: X: 810343 Y: 1720889
 OBSERVACIÓN: Estación No.3; Roca caliza beige con presencia de arcilla y rellenos de calcita, meteorización grado III



Estación	DATOS A MEDIR EN CADA PLANO														Agua							
	Tipo de plano	Orient.		Espaciado (mm)						Continuidad (m)				Relleno		Superficie						
		Azimut	Buzamiento	< 20	20 - 60	60 - 200	200 - 600	600 - 2000	2000 - 6000	> 6000	Rumbo/Buz.					Espesor mm	Tipo	Ondula. (°)	Rug. JRC			
											< 1	1 - 3	3 - 10	10 - 20						> 20		
P2	J1	216	60				X						X	X			2	C		8	L.H.	
		198	60				X							X	X			3	C		8	L.H.
	J2	264	80			X							X	X				2	C		10	L.H.
		258	62			X							X	X				3	C		10	L.H.
		240	70			X							X	X				2	C		10	L.H.
		260	72				X						X	X				4	C		10	L.H.
J3		276	52	X										X	X			1	Ar.		12	L.H.
		288	68	X										X	X			0.8	Ar.		12	L.H.
		279	54	X										X	X			0.5	Ar.		12	H.
		280	62	X										X	X			0.2	Ar.		12	H.
		265	40	X										X	X			1	Ar.		12	H.

DATOS A MEDIR EN EL MACIZO	
CROQUIS	



RESISTENCIA A COMPRESIÓN SIMPLE DE LA ROCA INTACTA									
Valor (MPa)	> 240	240-175	175-125	125-100	100-75	75-50	50-30	30-10	< 10
Valoración	15	14	12	10	8	6	4	2	1

JUNTAS POR METRO (RQD Y ESPACIADO ENTRE DISCONTINUIDADES)																	
Juntas/m	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Valoración	40	34	31	29	28	27	26	25	23	22	21	20	19	18	17	16	
Juntas/m	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33
Valoración	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
Juntas/m	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50
Valoración	8	7	6	5	4	3	2	1	0								

CONDICIONES HIDROGEOLOGICAS					
Estado	Seco	Lig. Húmedo	Húmedo	Goteando	Flujo
Flujo (l/min)	0	< 1	1 - 2.5	2.5 - 12.5	> 12.5
Valoración	15	10	7	4	0

M. rugosa = Muy rugosa E. de falla = Espejo de falla So = Estratificación J1 = Junta o fractura Ar = Arcilla Ox = Oxidos
 L. rugosa = Ligeramente rugosa N. afectado = No afectado S1 = Foliación Zfault = Falla C = Calcita

RESISTENCIA	
R1 Muy debil	
R2 Debil	
R3 Median. Debil	X
R4 Resistente	
R5 Muy resistente	
R6 Extrem. Resit.	

ESTRUCTURA	
Masiva	
En bloques	X
Columnar	
Tabular	
Irregular	X
Desmenuzada	

METEORIZACIÓN	
Grado I	
Grado II	
Grado III	X
Grado IV	
Grado V	

TALUD		
P.M.	DIP	DIR
1	74°	N220
2	71°	N200
3	60°	N194
4	78°	N223

CLASIFICACIÓN R.M.R.		
Factores	Valoración	Ponderación
Resistencia a C.S.	100 - 50	8
Juntas/metro	15	17
Condición de las discontinuidades	Continuidad	3 - 10 m
	Apertura	1 - 5 mm
	Rugosidad	Lig. Rugoso
	Relleno	Duro/Blando <5 mm
	Meteorización	Moderado
Cond. Hidrogeológicas	Lig. Húmedo	10
TOTAL		47

CONDICIONES DE LAS DISCONTINUIDADES					
Continuidad	< 1 m	1-3 m	3-10 m	10-20 m	> 20 m
	6	4	2	1	0
Apertura	0	<0.1 mm	0.1-1 mm	1-5 mm	>5 mm
	6	5	3	1	0
Rugosidad	M. rugosa	Rugosa	L. rugosa	Lisa	E. de falla
	6	5	3	1	0
Relleno	Ninguno	Relleno duro		Relleno blando	
		< 5 mm	> 5 mm	< 5 mm	> 5 mm
Grado de meteorización	6	4	2	2	0
	N. afectado	Ligero	Moderado	Alto	Descom.
	6	5	3	1	0

PROYECTO: Evaluación geotécnica de taludes carretera RN-5 hacia Chiacam, Municipio de Carcha, Alta Verapaz
 REALIZADO POR: Rocio del Carmen Sanchez Narciso
 FOTO: DSC02306 FECHA: 12/02/2016 LOCALIZACIÓN: X: 810320 Y: 1720911
 OBSERVACIÓN: Estación No.3; Roca caliza beige con presencia de arcilla y rellenos de calcita, meteorización grado III



Estación	DATOS A MEDIR EN CADA PLANO														Agua					
	Tipo de plano	Orient.		Espaciado (mm)						Continuidad (m)				Relleno		Superficie				
		Azimut	Buzamiento	< 20	20 - 60	60 - 200	200 - 600	600 - 2000	2000 - 6000	> 6000	Rumbo/Buz.					Espesor mm	Tipo	Ondula. (°)	Rug. JRC	
											< 1	1 - 3	3 - 10	10 - 20						> 20
P3	J1	308	22			X							X	X			0.3	C	8	L.H.
		306	42			X										X	X	0.5	C	8
	J2	234	40			X									X	X	2	C	8	L.H.
		216	52			X									X	X	3	C	8	L.H.
	J3	276	51			X									X	X	4	C	10	L.H.
		280	60			X									X	X	3	C	10	L.H.
	J4	116	64				X								X	X	3	C	12	L.H.
		120	54				X								X	X	3	C	12	L.H.
		290	38				X								X	X	4	-	12	L.H.
		300	42				X								X	X	5	-	12	L.H.
	J5	280	51				X								X	X	5	-	12	L.H.
		156	50	X											X	X	0.6	Ar.	10	L.H.
		186	44	X											X	X	0.8	Ar.	10	L.H.
		298	82	X											X	X	0.3	Ar.	10	L.H.
		312	68			X								X	X	0.4	Ar.	10	L.H.	

DATOS A MEDIR EN EL MACIZO

CROQUIS



RESISTENCIA

R1 Muy debil	
R2 Debil	
R3 Median. Debil	X
R4 Resistente	
R5 Muy resistente	
R6 Extrem. Resit.	

ESTRUCTURA

Masiva	
En bloques	X
Columnar	
Tabular	
Irregular	X
Desmenuzada	

METEORIZACION

Grado I	
Grado II	
Grado III	X
Grado IV	
Grado V	

TALUD

P.M.	DIP	DIR
1	74°	N220
2	71°	N200
3	60°	N194
4	78°	N223

CLASIFICACION R.M.R.

Factores		Valoración	Ponderación
Resistencia a C.S.		100 - 50	8
Juntas/metro		13	19
Condición de las discontinuidades	Continuidad	10 - 20 m	1
	Apertura	0.1 - 1 mm	3
	Rugosidad	Lig. Rugoso	3
	Relleno	Duro/Blando <5 mm	3
	Meteorización	Moderado	3
Cond. Hidrogeológicas		Lig. Húmedo	10
TOTAL			50

RESISTENCIA A COMPRESION SIMPLE DE LA ROCA INTACTA

Valor (MPa)	> 240	240-175	175-125	125-100	100-75	75-50	50-30	30-10	< 10
Valoración	15	14	12	10	8	6	4	2	1

JUNTAS POR METRO (RQD Y ESPACIADO ENTRE DISCONTINUIDADES)

Juntas/m	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Valoración	40	34	31	29	28	27	26	25	23	22	21	20	20	19	18	17	16
Juntas/m	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33
Valoración	16	15	14	14	12	11	10	10	9	9	8	8	8	8	8	8	8
Juntas/m	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50
Valoración	8	8	8	8	7	7	7	7	7	5	5	5	4	4	4	3	

CONDICIONES DE LAS DISCONTINUIDADES

		< 1 m	1-3 m	3-10 m	10-20 m	> 20 m
Continuidad		6	4	2	1	0
		6	4	2	1	0
Apertura		0	<0.1 mm	0.1-1 mm	1-5 mm	>5 mm
		6	5	3	1	0
Rugosidad	M. rugosa		Rugosa	L. rugosa	Lisa	E. de falla
		6	5	3	1	0
Relleno	Ninguno		Relleno duro	Relleno blando		
		6	< 5 mm	> 5 mm	< 5 mm	> 5 mm
Grado de meteorización		6	4	2	2	0
	N. afectado	Ligero	Moderado	Alto	Descom.	
		6	5	3	1	0

CONDICIONES HIDROGEOLOGICAS

Estado	Seco	Lig. Húmedo	Húmedo	Goteando	Flujo
Flujo (l/min)	0	< 1	1 - 2.5	2.5 - 12.5	> 12.5
Valoración	15	10	7	4	0

M. rugosa = Muy rugosa E. de falla = Espejo de falla So = Estratificación J1 = Junta o fractura Ar = Arcilla Ox = Oxidos
 L. rugosa = Ligeramente rugosa N. afectado = No afectado S1 = Foliación Zfault = Falla C = Calcita

PROYECTO: Evaluación geotécnica de taludes carretera RN-5 hacia Chiacam, Municipio de Carcha, Alta Verapaz
 REALIZADO POR: Rocio del Carmen Sanchez Narciso
 FOTO: FECHA: 12/02/2016 LOCALIZACIÓN: X: 810307 Y: 1720930
 OBSERVACIÓN: Estación No.3; Roca caliza beige con presencia de arcilla y rellenos de calcita, meteorización grado III



Estación	DATOS A MEDIR EN CADA PLANO														Agua					
	Tipo de plano	Orient.		Espaciado (mm)							Continuidad (m)					Relleno		Superficie		
		Azimut	Buzamiento	< 20	20 - 60	60 - 200	200 - 600	600 - 2000	2000 - 6000	> 6000	Rumbo/Buz.					Espesor mm	Tipo	Ondula. (°)	Rug. JRC	
											< 1	1 - 3	3 - 10	10 - 20						> 20
P4	J1	104	80		X							X	X				0.4	C	8	L.H.
		186	80		X							X	X				0.8	C	8	L.H.
	90	88		X							X	X				1	C	8	L.H.	
	J2	182	30		X							X	X				1	C	12	L.H.
		208	38		X							X	X				1	C	12	L.H.
	196	32		X							X	X				0.2	C	12	L.H.	
J3	310	52			X						X	X				0.1	C	10	L.H.	

DATOS A MEDIR EN EL MACIZO

CROQUIS

FOTOGRAFIA

RESISTENCIA

R1 Muy debil	
R2 Debil	
R3 Median. Debil	X
R4 Resistente	
R5 Muy resistente	
R6 Extrem. Resit.	

ESTRUCTURA

Masiva	
En bloques	X
Columnar	
Tabular	
Irregular	X
Desmenuzada	

METEORIZACION

Grado I	
Grado II	
Grado III	X
Grado IV	
Grado V	

TALUD

P.M.	DIP	DIR
1	74°	N220
2	71°	N200
3	60°	N194
4	78°	N223

CLASIFICACION R.M.R.

Factores		Valoración	Ponderación
Condición de las discontinuidades	Resistencia a C.S.	100 - 50	8
	Juntas/metro	15	17
	Continuidad	3 - 10 m	2
	Apertura	0.1 - 1 mm	3
	Rugosidad	Lig. Rugoso	3
	Relleno	Duro <5 mm	4
	Meteorización	Ligero	5
	Cond. Hidrogeológicas	Lig. Húmedo	10
	TOTAL		52

RESISTENCIA A COMPRESION SIMPLE DE LA ROCA INTACTA

Valor (MPa)	> 240	240-175	175-125	125-100	100-75	75-50	50-30	30-10	< 10
Valoración	15	14	12	10	8	6	4	2	1

JUNTAS POR METRO (RQD Y ESPACIADO ENTRE DISCONTINUIDADES)

Juntas/m	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Valoración	40	34	31	29	28	27	26	25	23	22	21	20	19	18	17	16	
Juntas/m	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33
Valoración	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	
Juntas/m	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50
Valoración	8	7	6	5	4	3	2	1									

CONDICIONES DE LAS DISCONTINUIDADES

Continuidad	< 1 m	1-3 m	3-10 m	10-20 m	> 20 m
	6	4	2	1	0
Apertura	0	<0.1 mm	0.1-1 mm	1-5 mm	>5 mm
	6	5	3	1	0
Rugosidad	M. rugosa	Rugosa	L. rugosa	Lisa	E. de falla
	6	5	3	1	0
Relleno	Ninguno	Relleno duro		Relleno blando	
		< 5 mm	> 5 mm	< 5 mm	> 5 mm
Grado de meteorización	6	4	2	2	0
	N. afectado	Ligero	Moderado	Alto	Descom.
Valoración	6	5	3	1	0

CONDICIONES HIDROGEOLOGICAS

Estado	Seco	Lig. Húmedo	Húmedo	Goteando	Flujo
Flujo (l/min)	0	< 1	1 - 2.5	2.5 - 12.5	> 12.5
Valoración	15	10	7	4	0

M. rugosa = Muy rugosa E. de falla = Espejo de falla So = Estratificación J1 = Junta o fractura Ar = Arcilla Ox = Oxidos
 L. rugosa = Ligeramente rugosa N. afectado = No afectado S1 = Foliación Zfault = Falla C = Calcita

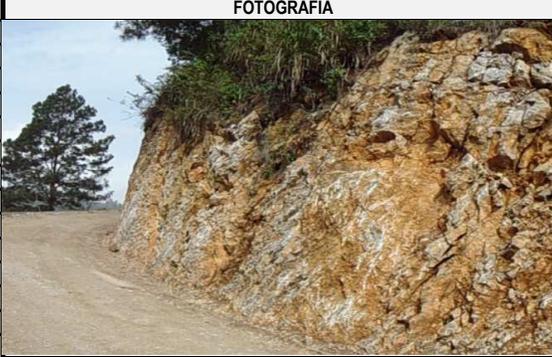
PROYECTO: Evaluación geotécnica de taludes carretera RN-5 hacia Chiacam, Municipio de Carcha, Alta Verapaz
 REALIZADO POR: Rocio del Carmen Sanchez Narciso
 FOTO: DSC02307 FECHA: 12/02/2016 LOCALIZACIÓN: X: 810298 Y: 1720947
 OBSERVACIÓN: Estación No.3; Roca caliza beige con presencia de arcilla y rellenos de calcita, meteorización grado III



Estación	DATOS A MEDIR EN CADA PLANO														Agua						
	Tipo de plano	Orient.		Espaciado (mm)						Continuidad (m)				Relleno		Superficie					
		Azimut	Buzamiento	< 20	20 - 60	60 - 200	200 - 600	600 - 2000	2000 - 6000	> 6000	Rumbo/Buz.					Espesor mm	Tipo	Ondula. (°)	Rug. JRC		
											< 1	1 - 3	3 - 10	10 - 20						> 20	
P5	Zfault	276	78				X										60	Ar.		4	L.H.
	J1	272	60	X								X	X	X	X		4	C		8	L.H.
		278	56	X													5	C		8	L.H.
	J1	170	66	X							X	X					6	Ar.		8	L.H.
		220	71	X							X	X					6	Ar.		8	L.H.
	J2	178	60		X							X	X	X			4	Ar.		8	L.H.
		160	41	X								X	X				3	C		8	L.H.
		174	47	X								X	X				2	-		8	L.H.
		180	60	X								X	X				2	-		8	L.H.
		176	56	X								X	X				2	-		8	L.H.
		164	52	X								X	X				2	-		8	L.H.

DATOS A MEDIR EN EL MACIZO

CROQUIS



RESISTENCIA

R1 Muy debil	
R2 Debil	
R3 Median. Debil	X
R4 Resistente	
R5 Muy resistente	
R6 Extrem. Resit.	

ESTRUCTURA

Masiva	
En bloques	X
Columnar	
Tabular	
Irregular	X
Desmenuzada	

METEORIZACION

Grado I	
Grado II	
Grado III	X
Grado IV	
Grado V	

TALUD

P.M.	DIP	DIR
1	74°	N220
2	71°	N200
3	60°	N194
4	78°	N223

CLASIFICACION R.M.R.

Factores		Valoración	Ponderación
Resistencia a C.S.		100 - 50	8
Juntas/metro		13	19
Condición de las discontinuidades	Continuidad	10 - 20 m	1
	Apertura	1 - 5 m	1
	Rugosidad	Lig. Rugoso	3
	Relleno	Duro/Blando <5 mm	3
	Meteorización	Moderado	3
Cond. Hidrogeológicas		Lig. Húmedo	10
TOTAL			48

RESISTENCIA A COMPRESION SIMPLE DE LA ROCA INTACTA

Valor (MPa)	> 240	240-175	175-125	125-100	100-75	75-50	50-30	30-10	< 10
Valoración	15	14	12	10	8	6	4	2	1

JUNTAS POR METRO (RQD Y ESPACIADO ENTRE DISCONTINUIDADES)

Juntas/m	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Valoración	40	34	31	29	28	27	26	25	23	22	21	20	19	18	17	16	
Juntas/m	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33
Valoración	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	
Juntas/m	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50
Valoración	8	7	6	5	4	3	2	1									

CONDICIONES DE LAS DISCONTINUIDADES

Continuidad	< 1 m	1-3 m	3-10 m	10-20 m	> 20 m
	6	4	2	1	0
Apertura	0	<0.1 mm	0.1-1 mm	1-5 mm	>5 mm
	6	5	3	1	0
Rugosidad	M. rugosa	Rugosa	L. rugosa	Lisa	E. de falla
	6	5	3	1	0
Relleno	Ninguno	Relleno duro		Relleno blando	
		< 5 mm	> 5 mm	< 5 mm	> 5 mm
Grado de meteorización	6	4	2	2	0
	N. afectado	Ligero	Moderado	Alto	Descom.
Valoración	6	5	3	1	0

CONDICIONES HIDROGEOLOGICAS

Estado	Seco	Lig. Húmedo	Húmedo	Goteando	Flujo
Flujo (l/min)	0	< 1	1 - 2.5	2.5 - 12.5	> 12.5
Valoración	15	10	7	4	0

M. rugosa = Muy rugosa E. de falla = Espejo de falla So = Estratificación J1 = Junta o fractura Ar = Arcilla Ox = Oxidos
 L. rugosa = Ligeramente rugosa N. afectado = No afectado S1 = Foliación Zfault = Falla C = Calcita

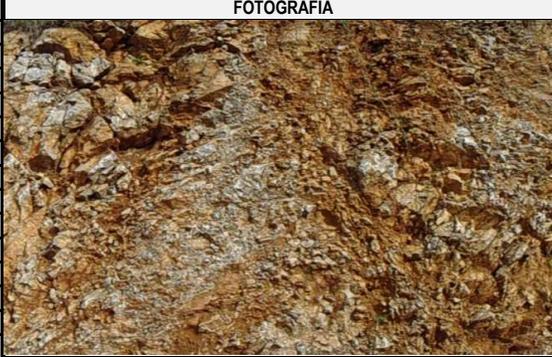
PROYECTO: Evaluación geotécnica de taludes carretera RN-5 hacia Chiacam, Municipio de Carcha, Alta Verapaz
 REALIZADO POR: Rocio del Carmen Sanchez Narciso
 FOTO: DSC02308 FECHA: 12/02/2016 LOCALIZACIÓN: X: 810279 Y: 1720968
 OBSERVACIÓN: Estación No.3; Roca caliza beige con presencia de arcilla y rellenos de calcita, meteorización grado III



Estación	DATOS A MEDIR EN CADA PLANO														Agua				
	Tipo de plano	Orient.		Espaciado (mm)							Continuidad (m)					Relleno		Superficie	
		Azimut	Buzamiento	< 20	20 - 60	60 - 200	200 - 600	600 - 2000	2000 - 6000	> 6000	Rumbo/Buz.					Espesor mm	Tipo	Ondula. (°)	Rug. JRC
											< 1	1 - 3	3 - 10	10 - 20					
P6	J1	200	52			X							X	X		3	-	8	L.H.
		184	50				X						X	X		3	-	8	L.H.
		220	60				X						X	X		3	-	8	L.H.
		186	55				X						X	X		4	-	8	L.H.
		172	53			X							X	X		5	-	10	L.H.
		184	60			X							X	X		4	C	10	L.H.
J2	180	52				X						X	X		2	C	10	L.H.	
	272	80				X						X	X		1	C	12	H.	
	276	78			X							X	X		1	C	12	H.	
	280	62			X							X	X		1	C	12	H.	
	271	78			X							X	X		1	Ar.	8	H.	
	272	65				X						X	X		1	Ar.	8	H.	
J3	292	62				X						X	X		4	Ar.	8	L.H.	
	290	60				X						X	X		3	Ar.	10	L.H.	
	284	57				X						X	X		4	Ar.	10	L.H.	
	290	60			X							X	X		3	-	8	L.H.	
	281	55			X							X	X		2	-	8	L.H.	
	290	42			X							X	X		2	Ar.	8	L.H.	

DATOS A MEDIR EN EL MACIZO

CROQUIS



RESISTENCIA

R1 Muy debil	
R2 Debil	
R3 Median. Debil	X
R4 Resistente	
R5 Muy resistente	
R6 Extrem. Resit.	

ESTRUCTURA

Masiva	
En bloques	X
Columnar	
Tabular	
Irregular	X
Desmenuzada	

METEORIZACION

Grado I	
Grado II	
Grado III	X
Grado IV	
Grado V	

TALUD

P.M.	DIP	DIR
1	72°	N184
2	70°	N185

CLASIFICACION R.M.R.

Factores		Valoración	Ponderación
Resistencia a C.S.		100 - 50	8
Juntas/metro		13	19
Condición de las discontinuidades	Continuidad	3 - 10 m	2
	Apertura	1 - 5 m	1
	Rugosidad	Lig. Rugoso	3
	Relleno	Duro/Blando <5 mm	3
	Meteorización	Moderado	3
Cond. Hidrogeológicas	Lig. Húmedo	10	
TOTAL			49

RESISTENCIA A COMPRESION SIMPLE DE LA ROCA INTACTA

Valor (MPa)	> 240	240-175	175-125	125-100	100-75	75-50	50-30	30-10	< 10
Valoración	15	14	12	10	8	6	4	2	1

JUNTAS POR METRO (RQD Y ESPACIADO ENTRE DISCONTINUIDADES)

Juntas/m	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Valoración	40	34	31	29	28	27	26	25	23	22	21	20	20	19	18	17	16
Juntas/m	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33
Valoración	16	15	14	14	12	11	10	10	9	9	8	8	8	8	8	8	8
Juntas/m	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50
Valoración	8	8	8	8	7	7	7	7	7	5	5	5	4	4	4	3	

CONDICIONES DE LAS DISCONTINUIDADES

Continuidad	< 1 m	1-3 m	3-10 m	10-20 m	> 20 m
	6	4	2	1	0
Apertura	0	<0.1 mm	0.1-1 mm	1-5 mm	>5 mm
	6	5	3	1	0
Rugosidad	M. rugosa	Rugosa	L. rugosa	Lisa	E. de falla
	6	5	3	1	0
Relleno	Ninguno	Relleno duro		Relleno blando	
		< 5 mm	> 5 mm	< 5 mm	> 5 mm
Grado de meteorización	6	4	2	2	0
	N. afectado	Ligero	Moderado	Alto	Descom.
Valoración	6	5	3	1	0

CONDICIONES HIDROGEOLOGICAS

Estado	Seco	Lig. Húmedo	Húmedo	Goteando	Flujo
Flujo (l/min)	0	< 1	1 - 2.5	2.5 - 12.5	> 12.5
Valoración	15	10	7	4	0

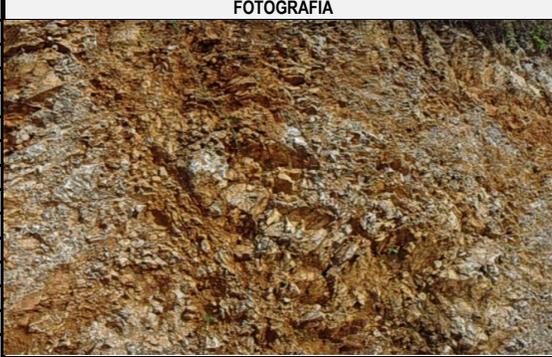
M. rugosa = Muy rugosa E. de falla = Espejo de falla So = Estratificación J1 = Junta o fractura Ar = Arcilla Ox = Oxidos
 L. rugosa = Ligeramente rugosa N. afectado = No afectado S1 = Foliación Zfault = Falla C = Calcita

PROYECTO: Evaluación geotécnica de taludes carretera RN-5 hacia Chiacam, Municipio de Carcha, Alta Verapaz
 REALIZADO POR: Rocio del Carmen Sanchez Narciso
 FOTO: DSC02309 FECHA: 12/02/2016 LOCALIZACIÓN: X: 810271 Y: 1720977
 OBSERVACIÓN: Estación No.3; Roca caliza beige con presencia de arcilla y rellenos de calcita, meteorización grado III



Estación	DATOS A MEDIR EN CADA PLANO														Relleno		Superficie		Agua	
	Tipo de plano	Orient.		Espaciado (mm)						Continuidad (m)					Espesor mm	Tipo	Ondula. (°)	Rug. JRC		
		Azimut	Buzamiento	< 20	20 - 60	60 - 200	200 - 600	600 - 2000	2000 - 6000	> 6000	Rumbo/Buz.									
											< 1	1 - 3	3 - 10	10 - 20						> 20
P7	J1	82	50				X				X	X				3	C	8	L.H.	
		92	52				X				X	X				5	C	8	L.H.	
		85	48				X				X	X				5	C	8	L.H.	
		88	50			X					X	X				3	C	8	L.H.	
		90	43			X					X	X				4	C	8	L.H.	
		83	50				X			X	X				4	C	10	L.H.		
		89	50				X			X	X				4	C	10	L.H.		
		J2	282	60				X				X	X			2	Ar.	10	H.	
		308	52				X					X	X			2	Ar.	10	H.	
		300	62				X					X	X			2	Ar.	10	H.	
		241	54				X				X	X			2	Ar.	10	H.		
		260	50				X				X	X			3	Ar.	10	H.		
		242	52			X						X	X			4	Ar.	8	L.H.	
		301	44			X						X	X			3	Ar.	8	L.H.	
		J3	200	50				X				X	X			3	Ar.	8	L.H.	
		156	42				X				X	X			4	Ar.	8	L.H.		
		168	44				X				X	X			5	Ar.	8	L.H.		

DATOS A MEDIR EN EL MACIZO	
CROQUIS	



RESISTENCIA	
R1 Muy debil	
R2 Debil	
R3 Median. Debil	X
R4 Resistente	
R5 Muy resistente	
R6 Extrem. Resit.	

ESTRUCTURA	
Masiva	
En bloques	X
Columnar	
Tabular	
Irregular	X
Desmenuzada	

METEORIZACION	
Grado I	
Grado II	
Grado III	X
Grado IV	
Grado V	

TALUD		
P.M.	DIP	DIR
1	72°	N184
2	70°	N185

CLASIFICACION R.M.R.			
Factores	Valoración	Ponderación	
Resistencia a C.S.	100 - 50	8	
Juntas/metro	11	21	
Condición de las discontinuidades	Continuidad	3 - 10 m	2
	Apertura	1 - 5 m	1
	Rugosidad	Lig. Rugoso	3
	Relleno	Duro/Blando <5 mm	3
	Meteorización	Moderado	3
Cond. Hidrogeológicas	Lig. Húmedo	10	
TOTAL		51	

RESISTENCIA A COMPRESION SIMPLE DE LA ROCA INTACTA									
Valor (MPa)	> 240	240-175	175-125	125-100	100-75	75-50	50-30	30-10	< 10
Valoración	15	14	12	10	8	6	4	2	1

JUNTAS POR METRO (RQD Y ESPACIADO ENTRE DISCONTINUIDADES)																	
Juntas/m	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Valoración	40	34	31	29	28	27	26	25	23	22	21	20	19	18	17	16	15
Juntas/m	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33
Valoración	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
Juntas/m	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50
Valoración	8	7	6	5	4	3	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0

CONDICIONES DE LAS DISCONTINUIDADES					
Continuidad	< 1 m	1-3 m	3-10 m	10-20 m	> 20 m
	6	4	2	1	0
Apertura	0	<0.1 mm	0.1-1 mm	1-5 mm	>5 mm
	6	5	3	1	0
Rugosidad	M. rugosa	Rugosa	L. rugosa	Lisa	E. de falla
	6	5	3	1	0
Relleno	Ninguno	Relleno duro		Relleno blando	
		< 5 mm	> 5 mm	< 5 mm	> 5 mm
Grado de meteorización	6	4	2	2	0
	N. afectado	Ligero	Moderado	Alto	Descom.
	6	5	3	1	0

CONDICIONES HIDROGEOLOGICAS					
Estado	Seco	Lig. Húmedo	Húmedo	Goteando	Flujo
Flujo (l/min)	0	< 1	1 - 2.5	2.5 - 12.5	> 12.5
Valoración	15	10	7	4	0

M. rugosa = Muy rugosa E. de falla = Espejo de falla So = Estratificación J1 = Junta o fractura Ar = Arcilla Ox = Oxidos
 L. rugosa = Ligeramente rugosa N. afectado = No afectado S1 = Foliación Zfault = Falla C = Calcita

PROYECTO: Evaluación geotécnica de taludes carretera RN-5 hacia Chiacam, Municipio de Carcha, Alta Verapaz
 REALIZADO POR: Rocio del Carmen Sanchez Narciso
 FOTO: DSC02309 FECHA: 12/02/2016 LOCALIZACIÓN: X: 810271 Y: 1720977
 OBSERVACIÓN: Estación No.3; Roca caliza beige con presencia de arcilla y rellenos de calcita, meteorización grado III



Estación	DATOS A MEDIR EN CADA PLANO														Agua					
	Tipo de plano	Orient.		Espaciado (mm)							Continuidad (m)					Relleno		Superficie		
		Azimut	Buzamiento	< 20	20 - 60	60 - 200	200 - 600	600 - 2000	2000 - 6000	> 6000	Rumbo/Buz.					Espesor mm	Tipo	Ondula. (°)	Rug. JRC	
											< 1	1 - 3	3 - 10	10 - 20						> 20
P8	J1	290	58			X							X	X		3	Ar.		8	L.H.
		184	64			X							X	X		3	Ar.		8	L.H.
	278	70			X								X	X	5	C		8	L.H.	
	280	60			X								X	X	4	C		8	L.H.	
	290	60			X								X	X	5	C		8	L.H.	
J2	162	45				X							X	X	4	C		8	H.	
		176	40			X							X	X	4	C		8	H.	
	170	41			X							X	X	4	-		8	H.		
	172	50					X					X	X	4	-		8	H.		
	168	45					X					X	X	1	Ar.		8	H.		
J3	167	51			X							X	X	1	Ar.		8	H.		
		186	60			X						X	X	1	Ar.		8	H.		
	194	70			X							X	X	1	Ar.		8	H.		
	190	63			X							X	X	2	Ar.		8	H.		
	188	49					X					X	X	2	C		8	H.		
197	61						X				X	X	3	C		8	H.			

DATOS A MEDIR EN EL MACIZO	
CROQUIS	

FOTOGRAFIA	

RESISTENCIA	
R1 Muy debil	
R2 Debil	
R3 Median. Debil	X
R4 Resistente	
R5 Muy resistente	
R6 Extrem. Resit.	

ESTRUCTURA	
Masiva	
En bloques	X
Columnar	
Tabular	
Irregular	X
Desmenuzada	

METEORIZACION	
Grado I	
Grado II	
Grado III	X
Grado IV	
Grado V	

TALUD		
P.M.	DIP	DIR
1	72°	N184
2	70°	N185
3	86°	N212
4	90°	N200

CLASIFICACION R.M.R.		
Factores	Valoración	Ponderación
Resistencia a C.S.	100 - 50	8
Juntas/metro	11	21
Condición de las discontinuidades	Continuidad	10 - 20 m
	Apertura	1 - 5 m
	Rugosidad	Lig. Rugoso
	Relleno	Duro/Blando <5 mm
	Meteorización	Moderado
Cond. Hidrogeológicas	Lig. Húmedo	10
TOTAL		50

RESISTENCIA A COMPRESION SIMPLE DE LA ROCA INTACTA									
Valor (MPa)	> 240	240-175	175-125	125-100	100-75	75-50	50-30	30-10	< 10
Valoración	15	14	12	10	8	6	4	2	1

JUNTAS POR METRO (RQD Y ESPACIADO ENTRE DISCONTINUIDADES)																	
Juntas/m	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Valoración	40	34	31	29	28	27	26	25	23	22	21	20	19	18	17	16	15
Juntas/m	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33
Valoración	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
Juntas/m	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50
Valoración	8	7	6	5	4	3	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0

CONDICIONES DE LAS DISCONTINUIDADES					
Continuidad	< 1 m	1-3 m	3-10 m	10-20 m	> 20 m
	6	4	2	1	0
Apertura	0	<0.1 mm	0.1-1 mm	1-5 mm	>5 mm
	6	5	3	1	0
Rugosidad	M. rugosa	Rugosa	L. rugosa	Lisa	E. de falla
	6	5	3	1	0
Relleno	Ninguno	Relleno duro		Relleno blando	
		< 5 mm	> 5 mm	< 5 mm	> 5 mm
Grado de meteorización	6	4	2	2	0
	N. afectado	Ligero	Moderado	Alto	Descom.
Valoración	6	5	3	1	0

CONDICIONES HIDROGEOLOGICAS					
Estado	Seco	Lig. Húmedo	Húmedo	Goteando	Flujo
Flujo (l/min)	0	< 1	1 - 2.5	2.5 - 12.5	> 12.5
Valoración	15	10	7	4	0

M. rugosa = Muy rugosa E. de falla = Espejo de falla So = Estratificación J1 = Junta o fractura Ar = Arcilla Ox = Oxidos
 L. rugosa = Ligeramente rugosa N. afectado = No afectado S1 = Foliación Zfault = Falla C = Calcita

PROYECTO: Evaluación geotécnica de taludes carretera RN-5 hacia Chiacam, Municipio de Carcha, Alta Verapaz
 REALIZADO POR: Rocio del Carmen Sanchez Narciso
 FOTO: FECHA: 12/02/2016 LOCALIZACIÓN: X: 810250 Y: 1721006
 OBSERVACIÓN: Estación No.3; Roca caliza beige con presencia de arcilla y rellenos de calcita, meteorización grado III



Estación	DATOS A MEDIR EN CADA PLANO														Agua					
	Tipo de plano	Orient.		Espaciado (mm)						Continuidad (m)						Relleno		Superficie		
		Azimut	Buzamiento	< 20	20 - 60	60 - 200	200 - 600	600 - 2000	2000 - 6000	> 6000	Rumbo/Buz.					Espesor mm	Tipo	Ondula. (°)	Rug. JRC	
											< 1	1 - 3	3 - 10	10 - 20						> 20
P9	J1	296	42					X					X	X		0.8	C	8	L.H.	
		270	40					X					X	X		0.6	C	8	L.H.	
		285	43					X					X	X		0.7	C	8	L.H.	
		290	40					X					X	X		1	C	8	L.H.	
J2	84	60					X					X	X		4	Ar.	10	L.H.		
	93	80					X					X	X		5	Ar.	10	L.H.		
	87	64					X					X	X		3	Ar.	10	L.H.		
	89	71					X					X	X		2	Ar.	10	L.H.		
	84	52										X	X		3	Ar.	10	L.H.		
	89	71										X	X		3	Ar.	10	L.H.		

DATOS A MEDIR EN EL MACIZO

CROQUIS

FOTOGRAFIA

RESISTENCIA

R1 Muy debil	
R2 Debil	
R3 Median. Debil	X
R4 Resistente	
R5 Muy resistente	
R6 Extrem. Resit.	

ESTRUCTURA

Masiva	
En bloques	X
Columnar	
Tabular	
Irregular	X
Desmenuzada	

METEORIZACION

Grado I	
Grado II	
Grado III	X
Grado IV	
Grado V	

TALUD

P.M.	DIP	DIR
1	72°	N184
2	70°	N185
3	86°	N212
4	90°	N200

CLASIFICACION R.M.R.

Factores		Valoración	Ponderación
Resistencia a C.S.		100 - 50	8
Juntas/metro		8	23
Condición de las discontinuidades	Continuidad	3 - 10 m	2
	Apertura	1 - 5 m	1
	Rugosidad	Lig. Rugoso	3
	Relleno	Duro/Blando <5 mm	3
	Meteorización	Moderado	3
Cond. Hidrogeológicas		Lig. Húmedo	10
TOTAL			53

RESISTENCIA A COMPRESION SIMPLE DE LA ROCA INTACTA

Valor (MPa)	> 240	240-175	175-125	125-100	100-75	75-50	50-30	30-10	< 10
Valoración	15	14	12	10	8	6	4	2	1

JUNTAS POR METRO (RQD Y ESPACIADO ENTRE DISCONTINUIDADES)

Juntas/m	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Valoración	40	34	31	29	28	27	26	25	23	22	21	20	19	18	17	16	
Juntas/m	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33
Valoración	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	
Juntas/m	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50
Valoración	8	7	6	5	4	3	2	1									

CONDICIONES DE LAS DISCONTINUIDADES

Continuidad	< 1 m	1-3 m	3-10 m	10-20 m	> 20 m
	6	4	2	1	0
Apertura	0	<0.1 mm	0.1-1 mm	1-5 mm	>5 mm
	6	5	3	1	0
Rugosidad	M. rugosa	Rugosa	L. rugosa	Lisa	E. de falla
	6	5	3	1	0
Relleno	Ninguno	Relleno duro		Relleno blando	
		< 5 mm	> 5 mm	< 5 mm	> 5 mm
Grado de meteorización	6	4	2	2	0
	N. afectado	Ligero	Moderado	Alto	Descom.
Valoración	6	5	3	1	0

CONDICIONES HIDROGEOLOGICAS

Estado	Seco	Lig. Húmedo	Húmedo	Goteando	Flujo
Flujo (l/min)	0	< 1	1 - 2.5	2.5 - 12.5	> 12.5
Valoración	15	10	7	4	0

M. rugosa = Muy rugosa E. de falla = Espejo de falla So = Estratificación J1 = Junta o fractura Ar = Arcilla Ox = Oxidos
 L. rugosa = Ligeramente rugosa N. afectado = No afectado S1 = Foliación Zfault = Falla C = Calcita

PROYECTO: Evaluación geotécnica de taludes carretera RN-5 hacia Chiacam, Municipio de Carcha, Alta Verapaz
 REALIZADO POR: Rocio del Carmen Sanchez Narciso
 FOTO: DSC02330 FECHA: 12/02/2016 LOCALIZACIÓN: X: 810234 Y: 1721033
 OBSERVACIÓN: Estación No.4; Roca caliza beige con presencia de arcilla y rellenos de calcita, meteorización grado III



Estación	DATOS A MEDIR EN CADA PLANO														Relleno	Superficie		Agua			
	Tipo de plano	Orient.		Espaciado (mm)						Continuidad (m)						Espesor mm	Tipo		Ondula. (°)	Rug. JRC	
		Azimut	Buzamiento	< 20	20 - 60	60 - 200	200 - 600	600 - 2000	2000 - 6000	> 6000	Rumbo/Buz.										
											< 1	1 - 3	3 - 10	10 - 20							> 20
J1	270	45	X							X	X				0.1	C.	8	L.H.			
	264	40	X							X	X				0.2	C.	8	L.H.			
	271	42	X							X	X				0.4	C.	8	L.H.			
	265	38	X							X	X				0.1	C.	8	L.H.			
	274	39	X							X	X				0.5	C.	8	L.H.			
Zfault	120	90					X			X	X				17	Ar.	4	H.			
Zfault	124	58			X					X	X				80	Ar.	4	H.			
J2	238	56			X							X		X	1	Ar.	10	L.H.			
	252	53			X							X		X	2	Ar.	10	L.H.			
	241	60			X							X		X	3	Ar.	10	L.H.			
	254	53			X							X		X	3	Ar.	8	L.H.			
J3	124	68	X										X	X	3	Ar.	8	L.H.			
	130	70	X									X	X	4	-	8	L.H.				
	126	65		X								X	X	5	-	8	L.H.				
	129	40		X								X	X	3	-	8	L.H.				
	132	51		X								X	X	4	Ar.	8	L.H.				
	126	60			X							X	X	3	Ar.	8	L.H.				
	140	52			X							X	X	3	C.	8	L.H.				

DATOS A MEDIR EN EL MACIZO
 CROQUIS



RESISTENCIA	
R1 Muy debil	
R2 Debil	
R3 Median. Debil	X
R4 Resistente	
R5 Muy resistente	
R6 Extrem. Resit.	

ESTRUCTURA	
Masiva	
En bloques	X
Columnar	
Tabular	
Irregular	X
Desmenuzada	

METEORIZACION	
Grado I	
Grado II	
Grado III	X
Grado IV	
Grado V	

TALUD		
P.M.	DIP	DIR
1	72°	N184
2	70°	N185
3	86°	N212
4	90°	N200

CLASIFICACION R.M.R.		
Factores	Valoración	Ponderación
Resistencia a C.S.	100 - 50	8
Juntas/metro	8	23
Condición de las discontinuidades	Continuidad	10 - 20 m
	Apertura	1 - 5 m
	Rugosidad	Lig. Rugoso
	Relleno	Duro/Blando <5 mm
	Meteorización	Moderado
Cond. Hidrogeológicas	Lig. Húmedo	10
TOTAL		52

RESISTENCIA A COMPRESION SIMPLE DE LA ROCA INTACTA									
Valor (MPa)	> 240	240-175	175-125	125-100	100-75	75-50	50-30	30-10	< 10
Valoración	15	14	12	10	8	6	4	2	1

JUNTAS POR METRO (RQD Y ESPACIADO ENTRE DISCONTINUIDADES)																	
Juntas/m	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Valoración	40	34	31	29	28	27	26	25	23	22	21	20	19	18	17	16	
Juntas/m	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33
Valoración	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
Juntas/m	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50
Valoración	8	7	6	5	4	3	2	1	0								

CONDICIONES DE LAS DISCONTINUIDADES					
Continuidad	< 1 m	1-3 m	3-10 m	10-20 m	> 20 m
	6	4	2	1	0
Apertura	0	<0.1 mm	0.1-1 mm	1-5 mm	>5 mm
	6	5	3	1	0
Rugosidad	M. rugosa	Rugosa	L. rugosa	Lisa	E. de falla
	6	5	3	1	0
Relleno	Ninguno	Relleno duro		Relleno blando	
		< 5 mm	> 5 mm	< 5 mm	> 5 mm
Grado de meteorización	6	4	2	2	0
	N. afectado	Ligero	Moderado	Alto	Descom.
Valoración	6	5	3	1	0

CONDICIONES HIDROGEOLOGICAS					
Estado	Seco	Lig. Húmedo	Húmedo	Goteando	Flujo
Flujo (l/min)	0	< 1	1 - 2.5	2.5 - 12.5	> 12.5
Valoración	15	10	7	4	0

M. rugosa = Muy rugosa E. de falla = Espejo de falla So = Estratificación J1 = Junta o fractura Ar = Arcilla Ox = Oxidos
 L. rugosa = Ligeramente rugosa N. afectado = No afectado S1 = Foliación Zfault = Falla C = Calcita

PROYECTO: Evaluación geotécnica de taludes carretera RN-5 hacia Chiacam, Municipio de Carcha, Alta Verapaz
 REALIZADO POR: Rocio del Carmen Sanchez Narciso
 FOTO: DSC02338 FECHA: 13/02/2016 LOCALIZACIÓN: X: 810216 Y: 1721069
 OBSERVACIÓN: Estación No.5; Roca caliza beige con presencia de arcilla y rellenos de calcita, meteorización grado III



Estación	DATOS A MEDIR EN CADA PLANO														Agua				
	Tipo de plano	Orient.		Espaciado (mm)						Continuidad (m)				Relleno		Superficie			
		Azimut	Buzamiento	< 20	20 - 60	60 - 200	200 - 600	600 - 2000	2000 - 6000	> 6000	Rumbo/Buz.					Espesor mm	Tipo	Ondula. (°)	Rug. JIRC
											< 1	1 - 3	3 - 10	10 - 20					
P1	J1	98	48			X							X	X		4	C.	8	LH
		97	51			X							X	X		3	-	8	LH
		97	53				X						X	X		3	C.	8	LH
		85	44				X							X	X		2	C.	8
		210	44			X							X	X		2	C.	8	LH
		175	44			X							X	X		2	-	8	LH
	J2	210	44			X							X	X		2	-	8	LH
		120	45		X								X	X		3	-	8	LH
		185	39			X							X	X		3	-	8	LH
		193	43		X								X	X		2	C.	8	LH
		198	51		X								X	X		3	C.	8	LH
		201	52			X							X	X		2	-	8	LH
	J3	222	25			X				X	X					2	C.	8	LH
		210	40			X				X	X					2	-	8	LH
		203	39		X					X	X					3	C.	8	LH
		211	43		X					X	X					3	C.	8	LH
		204	52		X					X	X					3	C.	8	LH
		200	44			X				X	X					3	C.	8	LH

DATOS A MEDIR EN EL MACIZO	
CROQUIS	



RESISTENCIA	
R1 Muy debil	
R2 Debil	
R3 Median. Debil	X
R4 Resistente	
R5 Muy resistente	
R6 Extrem. Resit.	

ESTRUCTURA	
Masiva	
En bloques	X
Columnar	
Tabular	
Irregular	X
Desmenuzada	

METEORIZACION	
Grado I	
Grado II	
Grado III	X
Grado IV	
Grado V	

TALUD		
P.M.	DIP	DIR
1	70°	N240
2	45°	N260
3	66°	N242
4	64°	N250

CLASIFICACION R.M.R.		
Factores	Valoración	Ponderación
Resistencia a C.S.	100 - 50	8
Juntas/metro	13	19
Condición de las discontinuidades	Continuidad	10 - 20 m
	Apertura	1 - 5 m
	Rugosidad	Lig. Rugoso
	Relleno	Duro <5 mm
	Meteorización	Ligero
Cond. Hidrogeológicas	Lig. Húmedo	10
TOTAL		51

RESISTENCIA A COMPRESION SIMPLE DE LA ROCA INTACTA									
Valor (MPa)	> 240	240-175	175-125	125-100	100-75	75-50	50-30	30-10	< 10
Valoración	15	14	12	10	8	6	4	2	1

JUNTAS POR METRO (RQD Y ESPACIADO ENTRE DISCONTINUIDADES)																	
Juntas/m	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Valoración	40	34	31	29	28	27	26	25	23	22	21	20	19	18	17	16	
Juntas/m	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33
Valoración	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
Juntas/m	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50
Valoración	8	7	6	5	4	3	2	1	0								

CONDICIONES DE LAS DISCONTINUIDADES					
Continuidad	< 1 m	1-3 m	3-10 m	10-20 m	> 20 m
	6	4	2	1	0
Apertura	0	<0.1 mm	0.1-1 mm	1-5 mm	>5 mm
	6	5	3	1	0
Rugosidad	M. rugosa	Rugosa	L. rugosa	Lisa	E. de falla
	6	5	3	1	0
Relleno	Ninguno	Relleno duro		Relleno blando	
		< 5 mm	> 5 mm	< 5 mm	> 5 mm
Grado de meteorización	6	4	2	2	0
	N. afectado	Ligero	Moderado	Alto	Descom.
	6	5	3	1	0

CONDICIONES HIDROGEOLOGICAS					
Estado	Seco	Lig. Húmedo	Húmedo	Goteando	Flujo
Flujo (l/min)	0	< 1	1 - 2.5	2.5 - 12.5	> 12.5
Valoración	15	10	7	4	0

M. rugosa = Muy rugosa E. de falla = Espejo de falla So = Estratificación J1 = Junta o fractura Ar = Arcilla Ox = Oxidos
 L. rugosa = Ligeramente rugosa N. afectado = No afectado S1 = Foliación Zfault = Falla C = Calcita

PROYECTO: Evaluación geotécnica de taludes carretera RN-5 hacia Chiacam, Municipio de Carcha, Alta Verapaz
 REALIZADO POR: Rocio del Carmen Sanchez Narciso
 FOTO: DSC02340 FECHA: 13/02/2016 LOCALIZACIÓN: X: 810191 Y: 1721128
 OBSERVACIÓN: Estación No.5; Roca caliza beige con presencia de arcilla y rellenos de calcita, meteorización grado III



Estación	DATOS A MEDIR EN CADA PLANO														Agua					
	Tipo de plano	Orient.		Espaciado (mm)						Continuidad (m)						Relleno		Superficie		
		Azimut	Buzamiento	< 20	20 - 60	60 - 200	200 - 600	600 - 2000	2000 - 6000	> 6000	Rumbo/Buz.					Espesor mm	Tipo	Ondula. (°)	Rug. JRC	
											< 1	1 - 3	3 - 10	10 - 20						> 20
P3	J1	286	48			X						X					5	-	10	L.H.
		276	38			X						X					5	-	10	L.H.
	270	40				X					X		X			5	-	10	L.H.	
	259	36				X					X		X			5	C.	10	L.H.	
	263	31					X				X		X			3	C.	10	L.H.	
J2	298	40					X				X		X			4	C.	8	L.H.	
		312	45				X				X		X			3	Ar.	8	L.H.	
	292	65				X					X		X		4	Ar.	8	L.H.		
	288	67				X					X		X		5	Ar.	8	L.H.		
	281	61		X							X	X			3	Ar.	10	L.H.		
J3	297	58		X							X	X				3	Ar.	10	L.H.	
		287	51			X					X	X	X			4	Ar.	10	L.H.	
	276	47			X						X	X			5	Ar.	10	L.H.		
	256	45				X					X	X			3	Ar.	10	L.H.		
	287	45				X					X	X	X		2	Ar.	10	L.H.		
298	49		X							X	X			3	Ar.	10	L.H.			

DATOS A MEDIR EN EL MACIZO
 CROQUIS



RESISTENCIA	
R1 Muy debil	
R2 Debil	
R3 Median. Debil	X
R4 Resistente	
R5 Muy resistente	
R6 Extrem. Resit.	

ESTRUCTURA	
Masiva	
En bloques	X
Columnar	
Tabular	
Irregular	X
Desmenuzada	

METEORIZACION	
Grado I	
Grado II	
Grado III	X
Grado IV	
Grado V	

TALUD		
P.M.	DIP	DIR
1	70°	N240
2	45°	N260
3	66°	N242
4	64°	N250

CLASIFICACION R.M.R.		
Factores	Valoración	Ponderación
Resistencia a C.S.	100 - 50	8
Juntas/metro	12	20
Condición de las discontinuidades	Continuidad	10 - 20 m
	Apertura	1 - 5 m
	Rugosidad	Lig. Rugoso
	Relleno	Duro/Blando <5 mm
	Meteorización	Moderado
Cond. Hidrogeológicas	Lig. Húmedo	11
TOTAL		50

RESISTENCIA A COMPRESION SIMPLE DE LA ROCA INTACTA									
Valor (MPa)	> 240	240-175	175-125	125-100	100-75	75-50	50-30	30-10	< 10
Valoración	15	14	12	10	8	6	4	2	1

JUNTAS POR METRO (RQD Y ESPACIADO ENTRE DISCONTINUIDADES)																	
Juntas/m	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Valoración	40	34	31	29	28	27	26	25	23	22	21	20	19	18	17	16	
Juntas/m	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33
Valoración	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
Juntas/m	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50
Valoración	8	7	6	5	4	3	2	1	0								

CONDICIONES DE LAS DISCONTINUIDADES					
Continuidad	< 1 m	1-3 m	3-10 m	10-20 m	> 20 m
	6	4	2	1	0
Apertura	0	<0.1 mm	0.1-1 mm	1-5 mm	>5 mm
	6	5	3	1	0
Rugosidad	M. rugosa	Rugosa	L. rugosa	Lisa	E. de falla
	6	5	3	1	0
Relleno	Relleno duro		Relleno blando		
	Ninguno	< 5 mm	> 5 mm	< 5 mm	> 5 mm
Grado de meteorización	6	4	2	2	0
	N. afectado	Ligero	Moderado	Alto	Descom.
Valoración	6	5	3	1	0

CONDICIONES HIDROGEOLOGICAS					
Estado	Seco	Lig. Húmedo	Húmedo	Goteando	Flujo
Flujo (l/min)	0	< 1	1 - 2.5	2.5 - 12.5	> 12.5
Valoración	15	10	7	4	0

M. rugosa = Muy rugosa E. de falla = Espejo de falla So = Estratificación J1 = Junta o fractura Ar = Arcilla Ox = Oxidos
 L. rugosa = Ligeramente rugosa N. afectado = No afectado S1 = Foliación Zfault = Falla C = Calcita

PROYECTO: Evaluación geotécnica de taludes carretera RN-5 hacia Chiacam, Municipio de Carcha, Alta Verapaz
 REALIZADO POR: Rocio del Carmen Sanchez Narciso
 FOTO: DSC02344 FECHA: 13/02/2016 LOCALIZACIÓN: X: 810185 Y: 1721145
 OBSERVACIÓN: Estación No.5; Roca caliza beige con presencia de arcilla y rellenos de calcita, meteorización grado III



Estación	DATOS A MEDIR EN CADA PLANO														Agua				
	Tipo de plano	Orient.		Espaciado (mm)						Continuidad (m)				Relleno		Superficie			
		Azimut	Buzamiento	< 20	20 - 60	60 - 200	200 - 600	600 - 2000	2000 - 6000	> 6000	Rumbo/Buz.					Espesor mm	Tipo	Ondula. (°)	Rug. JRC
											< 1	1 - 3	3 - 10	10 - 20					
P4	J1	267	41				X				X	X			5	-		8	L.H.
		251	38				X				X	X			4	-		8	L.H.
		258	36					X			X	X			3	C.		8	L.H.
		262	37					X			X	X			2	C.		8	L.H.
		273	45					X			X	X			2	Ar.		8	L.H.
J2	J2	267	43				X			X	X			3	Ar.		8	L.H.	
		251	41				X			X	X			4	Ar.		8	L.H.	
		283	44				X				X	X			5	Ar.		8	L.H.
		276	49				X				X	X			4	-		8	L.H.
		267	51					X			X	X			3	-		8	L.H.
J3	J3	288	43							X	X			4	-		8	L.H.	
		281	45							X	X			3	Ar.		88	L.H.	
		284	51								X	X			3	Ar.		8	L.H.
		293	54								X	X			2	C.		8	L.H.
		251	58								X	X			2	C.		8	L.H.

DATOS A MEDIR EN EL MACIZO

CROQUIS



FOTOGRAFIA

RESISTENCIA		ESTRUCTURA	
R1 Muy debil		Masiva	
R2 Debil		En bloques	X
R3 Median. Debil	X	Columnar	
R4 Resistente		Tabular	
R5 Muy resistente		Irregular	X
R6 Extrem. Resit.		Desmenuzada	

METEORIZACION		TALUD		
Grado I		P.M.	DIP	DIR
Grado II		1	70°	N240
Grado III	X	2	45°	N260
Grado IV		3	66°	N242
Grado V		4	64°	N250

CLASIFICACION R.M.R.

Factores		Valoración	Ponderación
Resistencia a C.S.		100 - 50	8
Juntas/metro		8	23
Condición de las discontinuidades	Continuidad	3 - 10 m	2
	Apertura	1 - 5 m	1
	Rugosidad	Lig. Rugoso	3
	Relleno	Duro/Blando <5 mm	3
	Meteorización	Moderado	3
Cond. Hidrogeológicas		Lig. Húmedo	10
TOTAL			53

RESISTENCIA A COMPRESION SIMPLE DE LA ROCA INTACTA

Valor (MPa)	> 240	240-175	175-125	125-100	100-75	75-50	50-30	30-10	< 10
Valoración	15	14	12	10	8	6	4	2	1

JUNTAS POR METRO (RQD Y ESPACIADO ENTRE DISCONTINUIDADES)

Juntas/m	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Valoración	40	34	31	29	28	27	26	25	23	22	21	20	19	18	17	16	
Juntas/m	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33
Valoración	16	15	14	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0	
Juntas/m	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50
Valoración	8	7	6	5	4	3	2	1	0								

CONDICIONES DE LAS DISCONTINUIDADES

Continuidad	< 1 m	1-3 m	3-10 m	10-20 m	> 20 m
	6	4	2	1	0
Apertura	0	<0.1 mm	0.1-1 mm	1-5 mm	>5 mm
	6	5	3	1	0
Rugosidad	M. rugosa	Rugosa	L. rugosa	Lisa	E. de falla
	6	5	3	1	0
Relleno	Relleno duro		Relleno blando		
	Ninguno	< 5 mm	> 5 mm	< 5 mm	> 5 mm
6	4	2	2	0	
Grado de meteorización	N. afectado	Ligero	Moderado	Alto	Descom.
	6	5	3	1	0

CONDICIONES HIDROGEOLOGICAS

Estado	Seco	Lig. Húmedo	Húmedo	Goteando	Flujo
Flujo (l/min)	0	< 1	1 - 2.5	2.5 - 12.5	> 12.5
Valoración	15	10	7	4	0

M. rugosa = Muy rugosa E. de falla = Espejo de falla So = Estratificación J1 = Junta o fractura Ar = Arcilla Ox = Oxidos
 L. rugosa = Ligeramente rugosa N. afectado = No afectado S1 = Foliación Zfault = Falla C = Calcita

PROYECTO: Evaluación geotécnica de taludes carretera RN-5 hacia Chiacam, Municipio de Carcha, Alta Verapaz
 REALIZADO POR: Rocio del Carmen Sanchez Narciso
 FOTO: DSC02348 FECHA: 13/02/2016 LOCALIZACIÓN: X: 810180 Y: 1721163
 OBSERVACIÓN: Estación No.5; Roca caliza beige con presencia de arcilla y rellenos de calcita, meteorización grado III



Estación	DATOS A MEDIR EN CADA PLANO														Agua					
	Tipo de plano	Orient.		Espaciado (mm)						Continuidad (m)				Relleno		Superficie				
		Azimut	Buzamiento	< 20	20 - 60	60 - 200	200 - 600	600 - 2000	2000 - 6000	> 6000	Rumbo/Buz.					Espesor mm	Tipo	Ondula. (°)	Rug. JRC	
											< 1	1 - 3	3 - 10	10 - 20						> 20
P5	J1	298	61			X							X	X		1	Ar.		8	L.H.
		281	53			X							X	X		1	Ar.		8	L.H.
		287	55			X							X	X		1	Ar.		8	L.H.
		295	56				X						X	X		1	Ar.		8	L.H.
		295	59				X						X	X		0.8	Ar.		8	L.H.
J2	291	61					X					X	X		2	-		8	L.H.	
	288	47					X					X	X		3	-		8	L.H.	
	267	44					X					X	X		4	C.		8	L.H.	
	275	43						X				X	X		2	C.		8	L.H.	
	277	48						X				X	X		3	C.		8	L.H.	
J3	280	51					X					X	X		1	C.		8	L.H.	
	279	63					X					X	X		1	-		8	L.H.	
	288	68						X				X	X		1	-		8	L.H.	
	293	51						X				X	X		1	-		8	L.H.	

DATOS A MEDIR EN EL MACIZO

CROQUIS



RESISTENCIA

R1 Muy debil	
R2 Debil	
R3 Median. Debil	X
R4 Resistente	
R5 Muy resistente	
R6 Extrem. Resit.	

ESTRUCTURA

Masiva	
En bloques	X
Columnar	
Tabular	
Irregular	X
Desmenuzada	

METEORIZACION

Grado I	
Grado II	
Grado III	X
Grado IV	
Grado V	

TALUD

P.M.	DIP	DIR
1	70°	N240
2	45°	N260
3	66°	N242
4	64°	N250

CLASIFICACION R.M.R.

Factores		Valoración	Ponderación
Resistencia a C.S.		100 - 50	8
Juntas/metro		7	25
Condición de las discontinuidades	Continuidad	3 - 10 m	2
	Apertura	1 - 5 m	1
	Rugosidad	Lig. Rugoso	3
	Relleno	Duro/Blando <5 mm	3
	Meteorización	Moderad	3
Cond. Hidrogeológicas	Lig. Húmedo	10	
TOTAL			55

RESISTENCIA A COMPRESION SIMPLE DE LA ROCA INTACTA

Valor (MPa)	> 240	240-175	175-125	125-100	100-75	75-50	50-30	30-10	< 10
Valoración	15	14	12	10	8	6	4	2	1

JUNTAS POR METRO (RQD Y ESPACIADO ENTRE DISCONTINUIDADES)

Juntas/m	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Valoración	40	34	31	29	28	27	26	25	23	22	21	20	19	18	17	16	
Juntas/m	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33
Valoración	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	
Juntas/m	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50
Valoración	8	7	6	5	4	3	2	1									

CONDICIONES DE LAS DISCONTINUIDADES

Continuidad	< 1 m	1-3 m	3-10 m	10-20 m	> 20 m
	6	4	2	1	0
Apertura	0	<0.1 mm	0.1-1 mm	1-5 mm	>5 mm
	6	5	3	1	0
Rugosidad	M. rugosa	Rugosa	L. rugosa	Lisa	E. de falla
	6	5	3	1	0
Relleno	Ninguno	Relleno duro		Relleno blando	
		< 5 mm	> 5 mm	< 5 mm	> 5 mm
Grado de meteorización	6	4	2	2	0
	N. afectado	Ligero	Moderado	Alto	Descom.
Valoración	6	5	3	1	0

CONDICIONES HIDROGEOLOGICAS

Estado	Seco	Lig. Húmedo	Húmedo	Goteando	Flujo
Flujo (l/min)	0	< 1	1 - 2.5	2.5 - 12.5	> 12.5
Valoración	15	10	7	4	0

M. rugosa = Muy rugosa E. de falla = Espejo de falla So = Estratificación J1 = Junta o fractura Ar = Arcilla Ox = Oxidos
 L. rugosa = Ligeramente rugosa N. afectado = No afectado S1 = Foliación Zfault = Falla C = Calcita

PROYECTO: Evaluación geotécnica de taludes carretera RN-5 hacia Chiacam, Municipio de Carcha, Alta Verapaz
 REALIZADO POR: Rocio del Carmen Sanchez Narciso
 FOTO: DSC02353 FECHA: 13/02/2016 LOCALIZACIÓN: X: 810158 Y: 1721226
 OBSERVACIÓN: Estación No.6; Roca caliza beige con presencia de arcilla y rellenos de calcita, meteorización grado III



Estación	DATOS A MEDIR EN CADA PLANO														Agua					
	Tipo de plano	Orient.		Espaciado (mm)						Continuidad (m)				Relleno		Superficie				
		Azimut	Buzamiento	< 20	20 - 60	60 - 200	200 - 600	600 - 2000	2000 - 6000	> 6000	Rumbo/Buz.					Espesor mm	Tipo	Ondula. (°)	Rug. JRC	
											< 1	1 - 3	3 - 10	10 - 20						> 20
P1	J1	114	62			X							X	X			1	Ar.	8	L.H.
		108	62			X							X	X			1	Ar.	8	L.H.
		110	70			X							X	X			1	Ar.	8	L.H.
	J2	2	82				X							X	X		2	C.	8	L.H.
		10	84				X							X	X		3	C.	8	L.H.
		25	78				X							X	X		4	C.	8	L.H.
	J3	242	50			X							X	X			2	Ar.	8	L.H.
		252	40			X							X	X			1	Ar.	8	L.H.
		243	46			X							X	X			1	Ar.	8	L.H.
		266	50			X							X	X			1	Ar.	8	L.H.

DATOS A MEDIR EN EL MACIZO	
CROQUIS	



RESISTENCIA	
R1 Muy debil	
R2 Debil	
R3 Median. Debil	X
R4 Resistente	
R5 Muy resistente	
R6 Extrem. Resit.	

ESTRUCTURA	
Masiva	
En bloques	X
Columnar	
Tabular	
Irregular	X
Desmenuzada	

METEORIZACION	
Grado I	
Grado II	
Grado III	X
Grado IV	
Grado V	

TALUD		
P.M.	DIP	DIR
1	70°	N240
2	45°	N260
3	66°	N242
4	64°	N250

CLASIFICACION R.M.R.			
Factores	Valoración	Ponderación	
Resistencia a C.S.	100 - 50	8	
Juntas/metro	13	19	
Condición de las discontinuidades	Continuidad	3 - 10 m	2
	Apertura	1 - 5 m	1
	Rugosidad	Lig. Rugoso	3
	Relleno	Duro/Blando <5 mm	3
	Meteorización	Moderado	3
Cond. Hidrogeológicas	Lig. Húmedo	10	
TOTAL		49	

RESISTENCIA A COMPRESION SIMPLE DE LA ROCA INTACTA									
Valor (MPa)	> 240	240-175	175-125	125-100	100-75	75-50	50-30	30-10	< 10
Valoración	15	14	12	10	8	6	4	2	1

JUNTAS POR METRO (RQD Y ESPACIADO ENTRE DISCONTINUIDADES)																	
Juntas/m	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Valoración	40	34	31	29	28	27	26	25	23	22	21	20	19	18	17	16	
Juntas/m	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33
Valoración	16	15	14	14	12	11	10	10	9	8	8	8	8	8	8	8	8
Juntas/m	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50
Valoración	8	8	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7

CONDICIONES DE LAS DISCONTINUIDADES					
Continuidad	< 1 m	1-3 m	3-10 m	10-20 m	> 20 m
	6	4	2	1	0
Apertura	0	<0.1 mm	0.1-1 mm	1-5 mm	>5 mm
	6	5	3	1	0
Rugosidad	M. rugosa	Rugosa	L. rugosa	Lisa	E. de falla
	6	5	3	1	0
Relleno	Ninguno	Relleno duro		Relleno blando	
		< 5 mm	> 5 mm	< 5 mm	> 5 mm
Grado de meteorización	6	4	2	2	0
	N. afectado	Ligero	Moderado	Alto	Descom.
	6	5	3	1	0

CONDICIONES HIDROGEOLOGICAS					
Estado	Seco	Lig. Húmedo	Húmedo	Goteando	Flujo
Flujo (l/min)	0	< 1	1 - 2.5	2.5 - 12.5	> 12.5
Valoración	15	10	7	4	0

M. rugosa = Muy rugosa E. de falla = Espejo de falla So = Estratificación J1 = Junta o fractura Ar = Arcilla Ox = Oxidos
 L. rugosa = Ligeramente rugosa N. afectado = No afectado S1 = Foliación Zfault = Falla C = Calcita

PROYECTO: Evaluación geotécnica de taludes carretera RN-5 hacia Chiacam, Municipio de Carcha, Alta Verapaz
 REALIZADO POR: Rocio del Carmen Sanchez Narciso
 FOTO: DSC02357 FECHA: 13/02/2016 LOCALIZACIÓN: X: 810151 Y: 1721246
 OBSERVACIÓN: Estación No.6; Roca caliza beige con presencia de arcilla y rellenos de calcita, meteorización grado III



Estación	DATOS A MEDIR EN CADA PLANO														Agua							
	Tipo de plano	Orient.		Espaciado (mm)						Continuidad (m)				Relleno		Superficie						
		Azimut	Buzamiento	< 20	20 - 60	60 - 200	200 - 600	600 - 2000	2000 - 6000	> 6000	Rumbo/Buz.					Espesor mm	Tipo	Ondula. (°)	Rug. JRC			
											< 1	1 - 3	3 - 10	10 - 20						> 20		
P2	J1	82	78			X							X	X				2	C.		8	L.H.
		98	70			X								X	X				3	C.		8
	J2	98	28			X							X	X				1	Ar.		8	L.H.
		20	30				X						X	X				1	Ar.		8	L.H.
		4	40				X					X	X					1	Ar.		8	L.H.
	Zfault	120	70					X					X	X				10	Ar.		4	L.H.
	Zfault	340	70						X				X	X				25	Ar.		4	L.H.

DATOS A MEDIR EN EL MACIZO	
CROQUIS	



RESISTENCIA		ESTRUCTURA	
R1 Muy debil		Masiva	
R2 Debil		En bloques	X
R3 Median. Debil	X	Columnar	
R4 Resistente		Tabular	
R5 Muy resistente		Irregular	X
R6 Extrem. Resit.		Desmenuzada	

METEORIZACION			TALUD		
Grado I			P.M.	DIP	DIR
Grado II			1	70°	N240
Grado III	X		2	45°	N260
Grado IV			3	66°	N242
Grado V			4	64°	N250

CLASIFICACION R.M.R.			
Factores	Valoración	Ponderación	
Resistencia a C.S.	100 - 50	8	
Juntas/metro	12	20	
Condición de las discontinuidades	Continuidad	3 - 10 m	2
	Apertura	1 - 5 m	1
	Rugosidad	Lig. Rugoso	3
	Relleno	Duro/Blando <5 mm	3
	Meteorización	Moderad	3
Cond. Hidrogeológicas	Lig. Húmedo	10	
TOTAL		50	

RESISTENCIA A COMPRESION SIMPLE DE LA ROCA INTACTA									
Valor (MPa)	> 240	240-175	175-125	125-100	100-75	75-50	50-30	30-10	< 10
Valoración	15	14	12	10	8	6	4	2	1

JUNTAS POR METRO (RQD Y ESPACIADO ENTRE DISCONTINUIDADES)																	
Juntas/m	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Valoración	40	34	31	29	28	27	26	25	23	22	21	20	19	18	17	16	15
Juntas/m	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33
Valoración	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
Juntas/m	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50
Valoración	8	7	6	5	4	3	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0

CONDICIONES DE LAS DISCONTINUIDADES					
Continuidad	< 1 m	1-3 m	3-10 m	10-20 m	> 20 m
	6	4	2	1	0
Apertura	0	<0.1 mm	0.1-1 mm	1-5 mm	>5 mm
	6	5	3	1	0
Rugosidad	M. rugosa	Rugosa	L. rugosa	Lisa	E. de falla
	6	5	3	1	0
Relleno	Ninguno	Relleno duro		Relleno blando	
		< 5 mm	> 5 mm	< 5 mm	> 5 mm
Grado de meteorización	6	4	2	2	0
	N. afectado	Ligero	Moderado	Alto	Descom.
Valoración	6	5	3	1	0

CONDICIONES HIDROGEOLOGICAS					
Estado	Seco	Lig. Húmedo	Húmedo	Goteando	Flujo
Flujo (l/min)	0	< 1	1 - 2.5	2.5 - 12.5	> 12.5
Valoración	15	10	7	4	0

M. rugosa = Muy rugosa E. de falla = Espejo de falla So = Estratificación J1 = Junta o fractura Ar = Arcilla Ox = Oxidos
 L. rugosa = Ligeramente rugosa N. afectado = No afectado S1 = Foliación Zfault = Falla C = Calcita

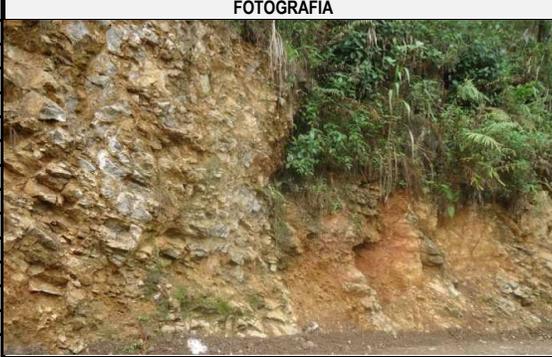
PROYECTO: Evaluación geotécnica de taludes carretera RN-5 hacia Chiacam, Municipio de Carcha, Alta Verapaz
 REALIZADO POR: Rocio del Carmen Sanchez Narciso
 FOTO: DSC02359 FECHA: 13/02/2016 LOCALIZACIÓN: X: 810146 Y: 1721261
 OBSERVACIÓN: Estación No.6; Roca caliza beige con presencia de arcilla y rellenos de calcita, meteorización grado III



Estación	DATOS A MEDIR EN CADA PLANO														Superficie		Agua			
	Tipo de plano	Orient.		Espaciado (mm)							Continuidad (m)				Relleno			Rug. JRC		
		Azimut	Buzamiento	< 20	20 - 60	60 - 200	200 - 600	600 - 2000	2000 - 6000	> 6000	Rumbo/Buz.				Espesor mm	Tipo				
											< 1	1 - 3	3 - 10	10 - 20					> 20	
P3	J1	100	68		X							X	X				1	C.	8	LH
	J2	346	52			X						X	X				1	C.	8	LH
		322	76				X					X	X				1	C.	8	LH
	J3	124	52		X							X	X				1	C.	8	LH
		128	60		X							X	X				1	C.	8	LH

DATOS A MEDIR EN EL MACIZO

CROQUIS



RESISTENCIA

R1 Muy debil	
R2 Debil	
R3 Median. Debil	X
R4 Resistente	
R5 Muy resistente	
R6 Extrem. Resit.	

ESTRUCTURA

Masiva	
En bloques	X
Columnar	
Tabular	
Irregular	X
Desmenuzada	

METEORIZACION

Grado I	
Grado II	
Grado III	X
Grado IV	
Grado V	

TALUD

P.M.	DIP	DIR
1	70°	N240
2	45°	N260
3	66°	N242
4	64°	N250

CLASIFICACION R.M.R.

Factores		Valoración	Ponderación
Resistencia a C.S.		100 - 50	8
Juntas/metro		15	17
Condición de las discontinuidades	Continuidad	3 - 10 m	2
	Apertura	0.1 - 1 mm	3
	Rugosidad	Lig. Rugoso	3
	Relleno	Duro <5 mm	4
	Meteorización	Ligero	5
Cond. Hidrogeológicas		Lig. Húmedo	10
TOTAL			52

RESISTENCIA A COMPRESION SIMPLE DE LA ROCA INTACTA

Valor (MPa)	> 240	240-175	175-125	125-100	100-75	75-50	50-30	30-10	< 10
Valoración	15	14	12	10	8	6	4	2	1

JUNTAS POR METRO (RQD Y ESPACIADO ENTRE DISCONTINUIDADES)

Juntas/m	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Valoración	40	34	31	29	28	27	26	25	23	22	21	20	19	18	17	16	
Juntas/m	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33
Valoración	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	
Juntas/m	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50
Valoración	8	7	6	5	4	3	2	1									

CONDICIONES DE LAS DISCONTINUIDADES

Continuidad	< 1 m	1-3 m	3-10 m	10-20 m	> 20 m
	6	4	2	1	0
Apertura	0	<0.1 mm	0.1-1 mm	1-5 mm	>5 mm
	6	5	3	1	0
Rugosidad	M. rugosa	Rugosa	L. rugosa	Lisa	E. de falla
	6	5	3	1	0
Relleno	Ninguno	Relleno duro		Relleno blando	
		< 5 mm	> 5 mm	< 5 mm	> 5 mm
Grado de meteorización	6	4	2	2	0
	N. afectado	Ligero	Moderado	Alto	Descom.
	6	5	3	1	0

CONDICIONES HIDROGEOLOGICAS

Estado	Seco	Lig. Húmedo	Húmedo	Goteando	Flujo
Flujo (l/min)	0	< 1	1 - 2.5	2.5 - 12.5	> 12.5
Valoración	15	10	7	4	0

M. rugosa = Muy rugosa E. de falla = Espejo de falla So = Estratificación J1 = Junta o fractura Ar = Arcilla Ox = Oxidos
 L. rugosa = Ligeramente rugosa N. afectado = No afectado S1 = Foliación Zfault = Falla C = Calcita

PROYECTO: Evaluación geotécnica de taludes carretera RN-5 hacia Chiacam, Municipio de Carcha, Alta Verapaz
 REALIZADO POR: Rocio del Carmen Sanchez Narciso
 FOTO: DSC02370 FECHA: 13/02/2016 LOCALIZACIÓN: X: 810140 Y: 1721271
 OBSERVACIÓN: Estación No.6; Roca caliza beige con presencia de arcilla y rellenos de calcita, meteorización grado III



Estación	DATOS A MEDIR EN CADA PLANO														Relleno		Superficie		Agua		
	Tipo de plano	Orient.		Espaciado (mm)						Continuidad (m)					Espesor mm	Tipo	Ondula. (°)	Rug. JRC			
		Azimut	Buzamiento	< 20	20 - 60	60 - 200	200 - 600	600 - 2000	2000 - 6000	> 6000	Rumbo/Buz.										
											< 1	1 - 3	3 - 10	10 - 20						> 20	
P4	J1	134	44				X						X	X			1	C.	8	L.H.	
		126	46		X									X	X			1	C.	8	L.H.
		132	41			X								X	X			1	C.	8	L.H.
	J2	320	64		X									X	X			1	C.	8	L.H.
		46	78		X									X	X			1	C.	8	L.H.
		38	70		X									X	X			1	C.	8	L.H.
	J3	50	74		X									X	X			1	C.	8	L.H.
		120	70			X								X	X			1	-	8	L.H.
		124	60			X								X	X			1	-	8	L.H.
	J4	288	20			X								X	X			1	-	8	L.H.
		Zfault	125	82					X						X	X	30	Ar.	4	H.	
	Zfault	124	70					X						X	X	50	Ar.	4	H.		

DATOS A MEDIR EN EL MACIZO	
CROQUIS	



RESISTENCIA		ESTRUCTURA	
R1 Muy debil		Masiva	
R2 Debil		En bloques	X
R3 Median. Debil	X	Columnar	
R4 Resistente		Tabular	
R5 Muy resistente		Irregular	X
R6 Extrem. Resit.		Desmenuzada	

METEORIZACION		TALUD		
Grado I		P.M.	DIP	DIR
Grado II		1	70°	N240
Grado III	X	2	45°	N260
Grado IV		3	66°	N242
Grado V		4	64°	N250

CLASIFICACION R.M.R.			
Factores	Valoración	Ponderación	
Resistencia a C.S.	100 - 50	8	
Juntas/metro	12	20	
Condición de las discontinuidades	Continuidad	10 - 20 m	1
	Apertura	0.1 - 1 mm	3
	Rugosidad	Lig. Rugoso	3
	Relleno	Duro <5 mm	4
	Meteorización	Ligero	5
Cond. Hidrogeológicas	Lig. Húmedo	10	
TOTAL		54	

RESISTENCIA A COMPRESION SIMPLE DE LA ROCA INTACTA									
Valor (MPa)	> 240	240-175	175-125	125-100	100-75	75-50	50-30	30-10	< 10
Valoración	15	14	12	10	8	6	4	2	1

JUNTAS POR METRO (RQD Y ESPACIADO ENTRE DISCONTINUIDADES)																	
Juntas/m	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Valoración	40	34	31	29	28	27	26	25	23	22	21	20	19	18	17	16	15
Juntas/m	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33
Valoración	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
Juntas/m	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50
Valoración	8	7	6	5	4	3	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0

CONDICIONES DE LAS DISCONTINUIDADES					
Continuidad	< 1 m	1-3 m	3-10 m	10-20 m	> 20 m
	6	4	2	1	0
Apertura	0	<0.1 mm	0.1-1 mm	1-5 mm	>5 mm
	6	5	3	1	0
Rugosidad	M. rugosa	Rugosa	L. rugosa	Lisa	E. de falla
	6	5	3	1	0
Relleno	Ninguno	Relleno duro		Relleno blando	
		< 5 mm	> 5 mm	< 5 mm	> 5 mm
Grado de meteorización	6	4	2	2	0
	N. afectado	Ligero	Moderado	Alto	Descom.
	6	5	3	1	0

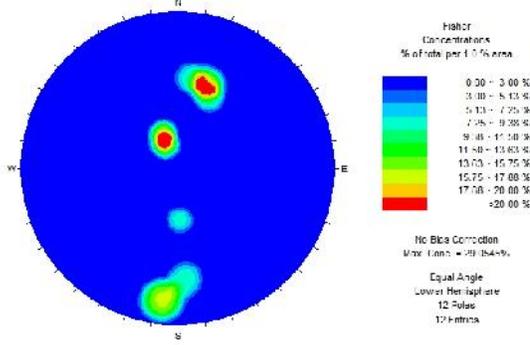
CONDICIONES HIDROGEOLOGICAS					
Estado	Seco	Lig. Húmedo	Húmedo	Goteando	Flujo
Flujo (l/min)	0	< 1	1 - 2.5	2.5 - 12.5	> 12.5
Valoración	15	10	7	4	0

M. rugosa = Muy rugosa E. de falla = Espejo de falla So = Estratificación J1 = Junta o fractura Ar = Arcilla Ox = Oxidos
 L. rugosa = Ligeramente rugosa N. afectado = No afectado S1 = Foliación Zfault = Falla C = Calcita

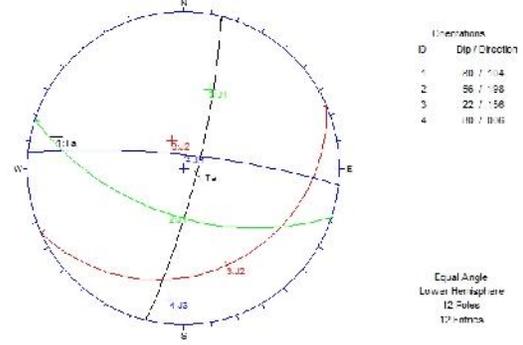
DATOS ESTRUCTURALES Y ROTURAS

SUB-ESTACIÓN 1, ESTACIÓN 1

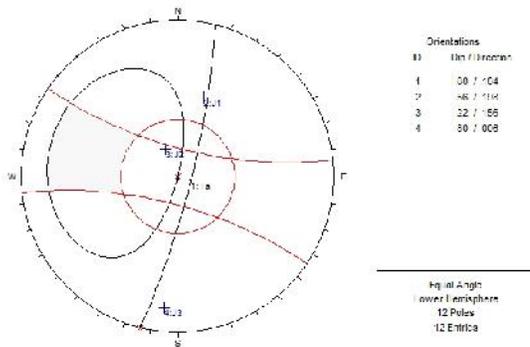
DIAGRAMA DE POLOS



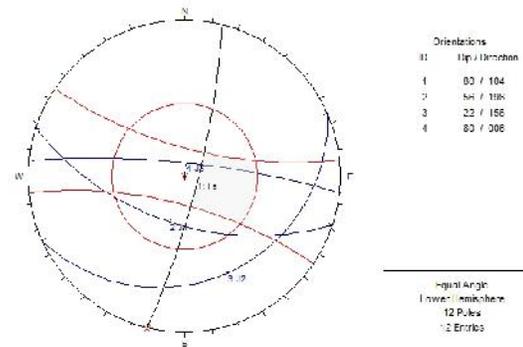
FAMILIAS DE JUNTAS



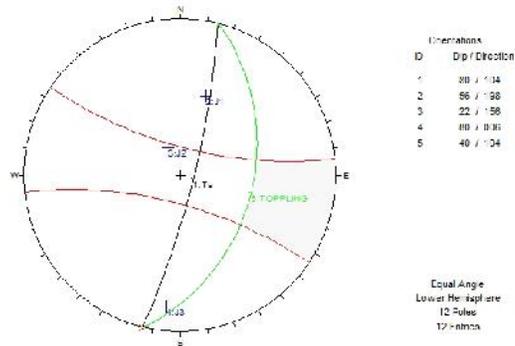
ROTURA PLANA



ROTURA EN CUÑA

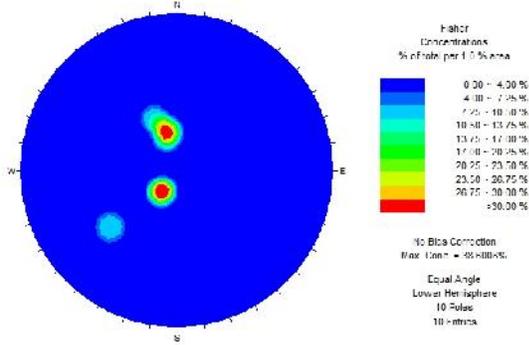


ROTURA EN VUELCO

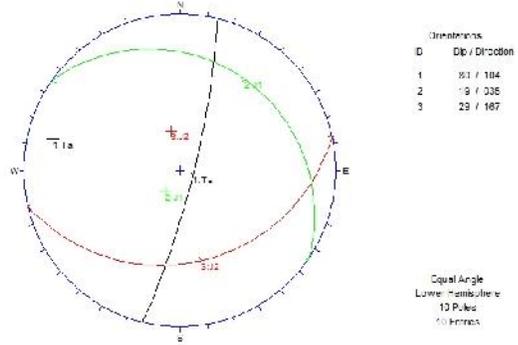


SUB-ESTACIÓN 2, ESTACIÓN 1

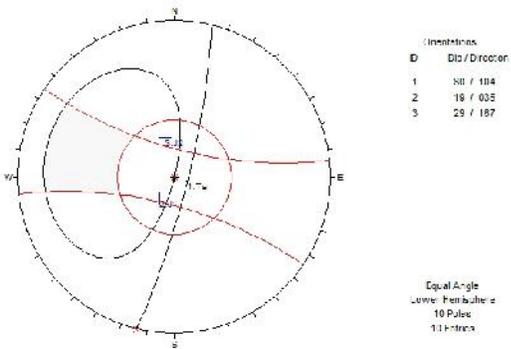
DIAGRAMA DE POLOS



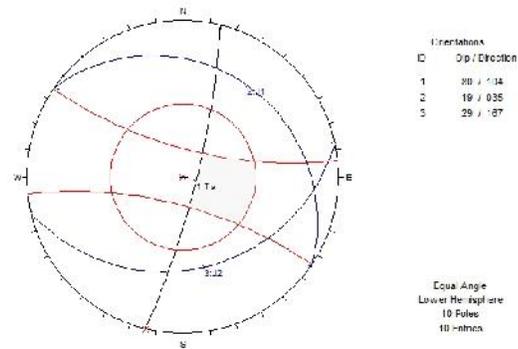
FAMILIAS DE JUNTAS



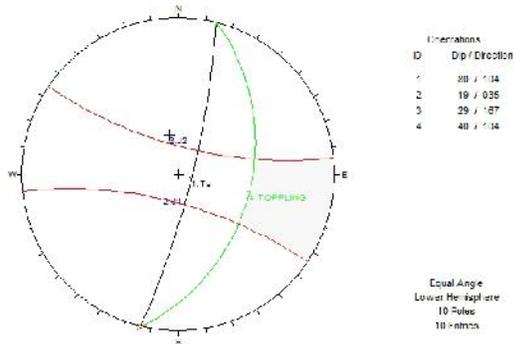
ROTURA PLANA



ROTURA EN CUÑA

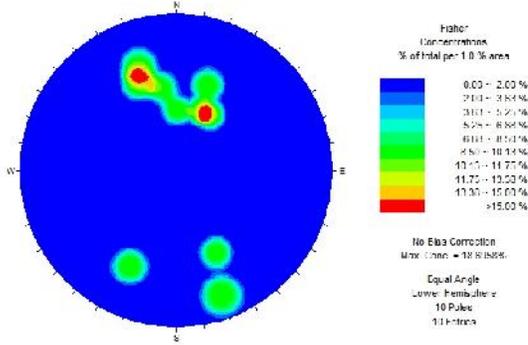


ROTURA EN VUELCO

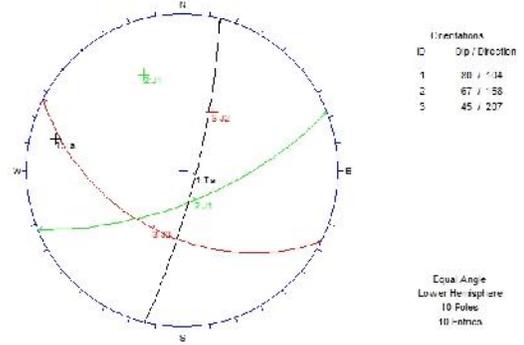


SUB-ESTACIÓN 3, ESTACIÓN 1

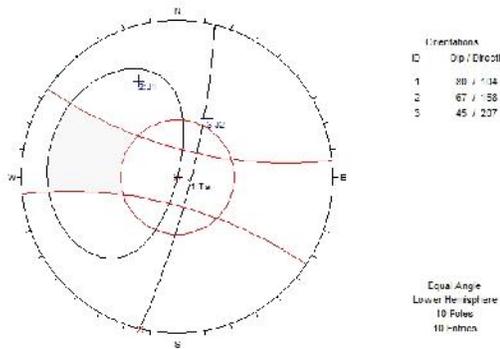
DIAGRAMA DE POLOS



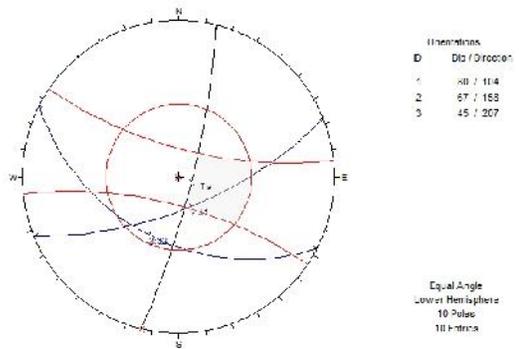
FAMILIAS DE JUNTAS



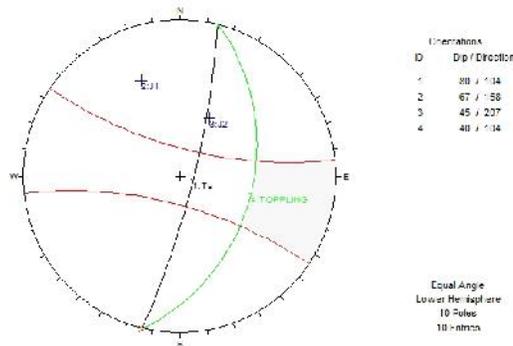
ROTURA PLANA



ROTURA EN CUÑA

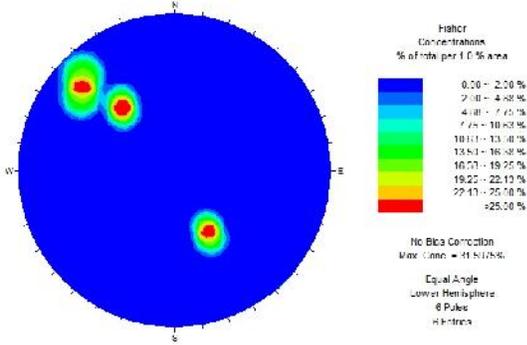


ROTURA EN VUELCO

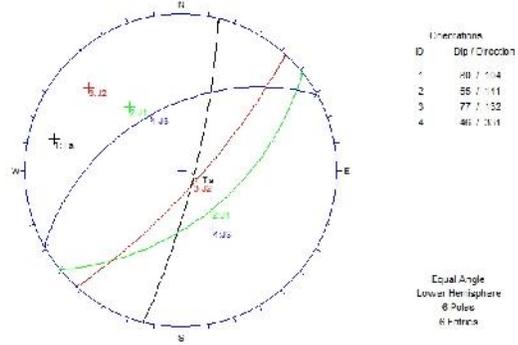


SUB-ESTACIÓN 4, ESTACIÓN 1

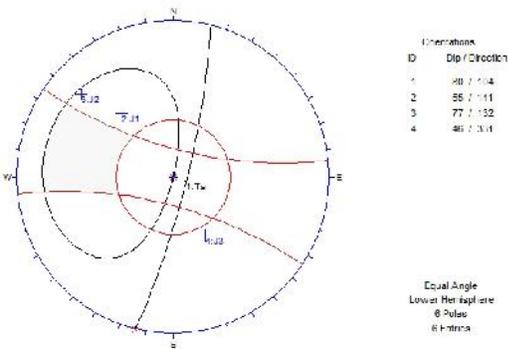
DIAGRAMA DE POLOS



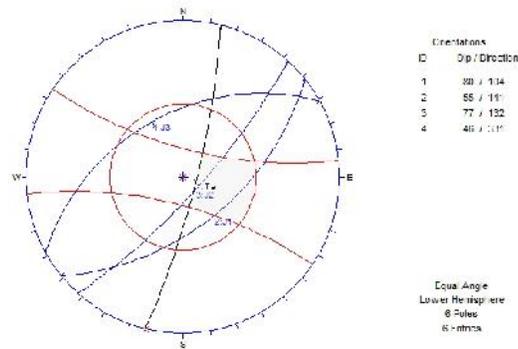
FAMILIAS DE JUNTAS



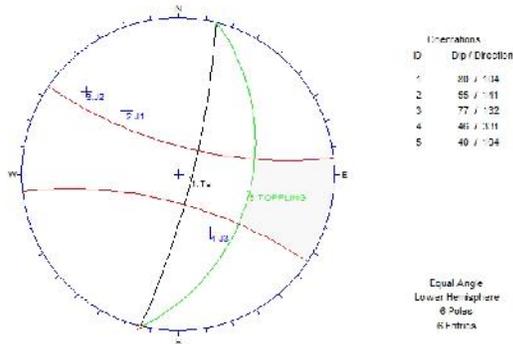
ROTURA PLANA



ROTURA EN CUÑA

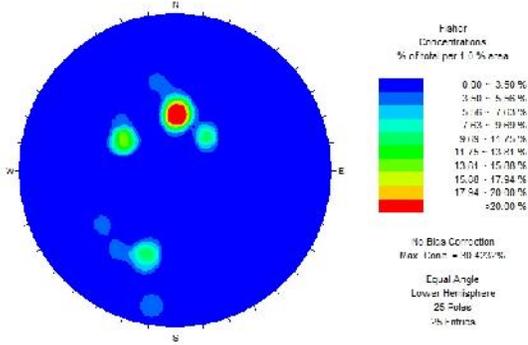


ROTURA EN VUELCO

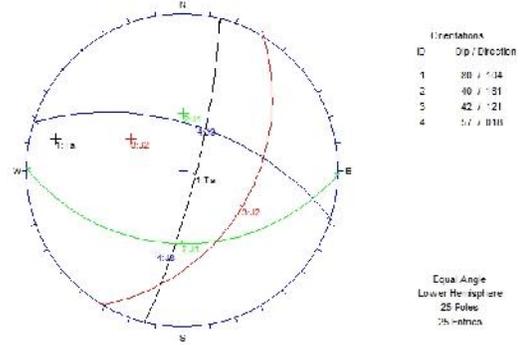


SUB-ESTACIÓN 5, ESTACIÓN 1

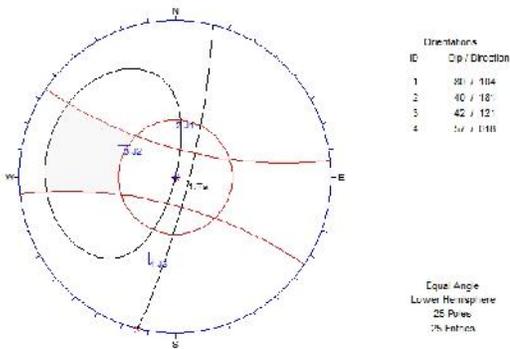
DIAGRAMA DE POLOS



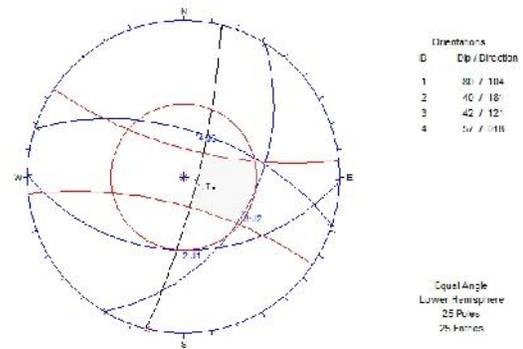
FAMILIAS DE JUNTAS



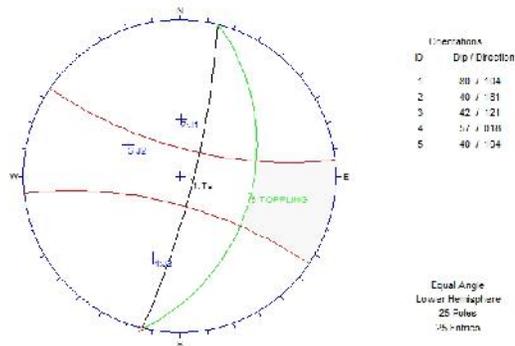
ROTURA PLANA



ROTURA EN CUÑA

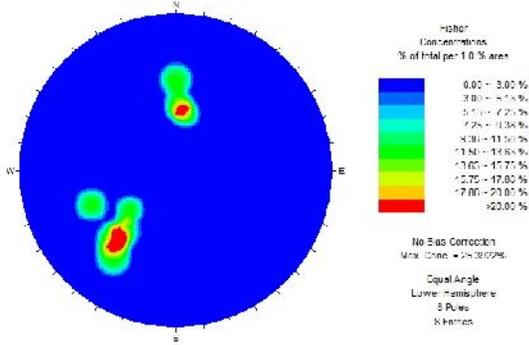


ROTURA EN VUELCO

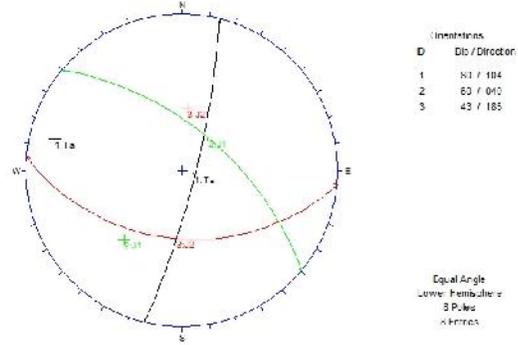


SUB-ESTACIÓN 6, ESTACIÓN 1

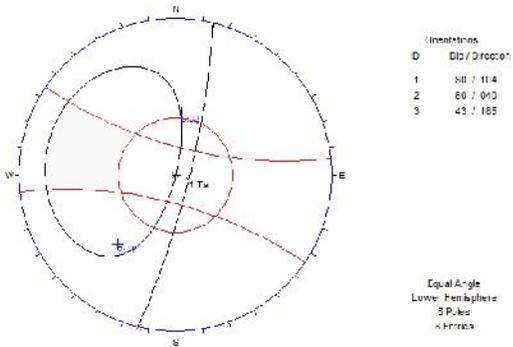
DIAGRAMA DE POLOS



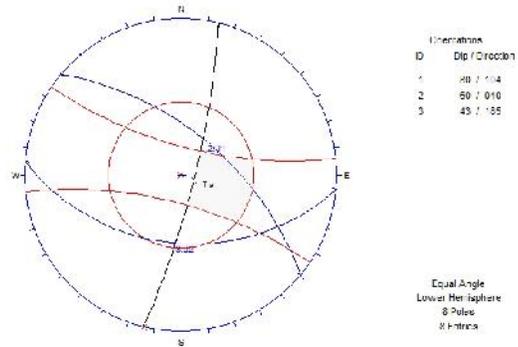
FAMILIAS DE JUNTAS



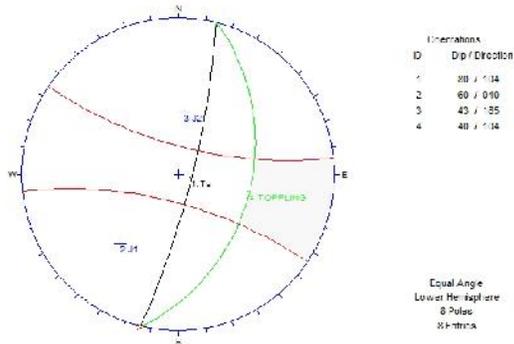
ROTURA PLANA



ROTURA EN CUÑA

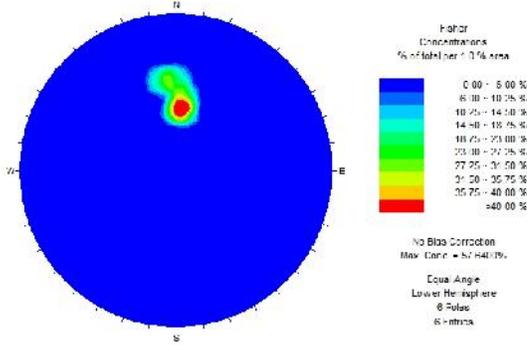


ROTURA EN VUELCO

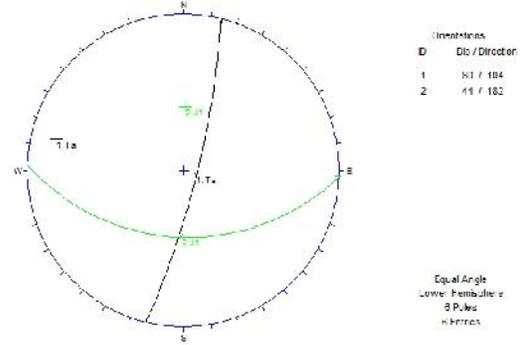


SUB-ESTACIÓN 7, ESTACIÓN 1

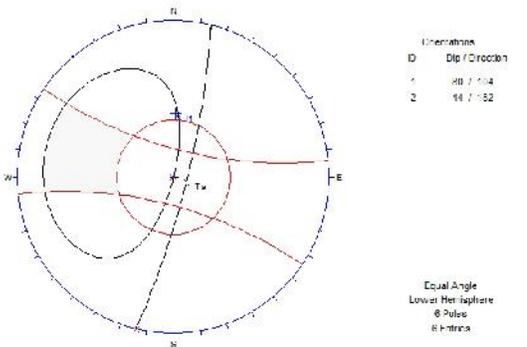
DIAGRAMA DE POLOS



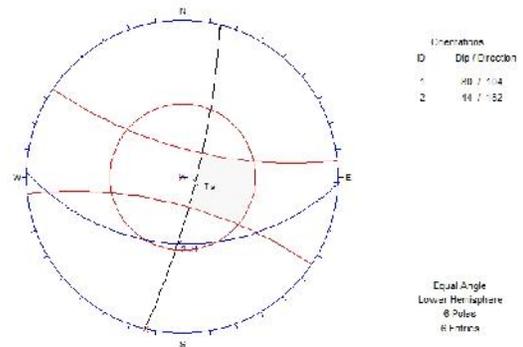
FAMILIAS DE JUNTAS



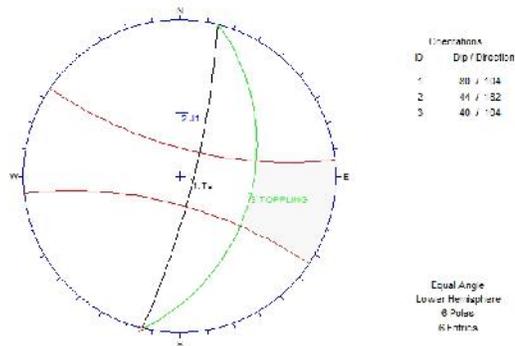
ROTURA PLANA



ROTURA EN CUÑA

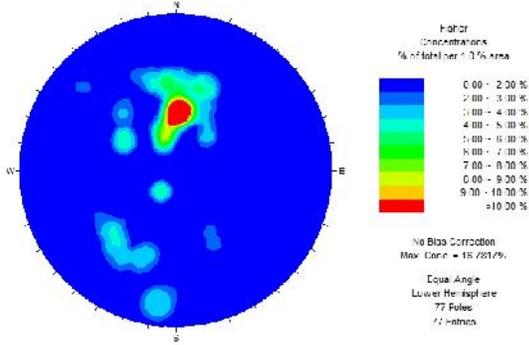


ROTURA EN VUELCO

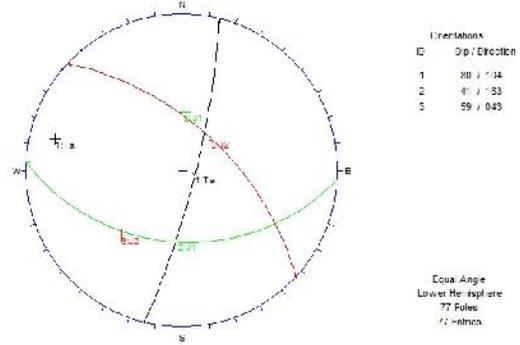


ESTACIÓN 1

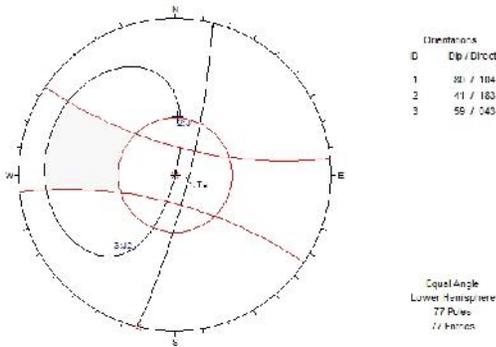
DIAGRAMA DE POLOS



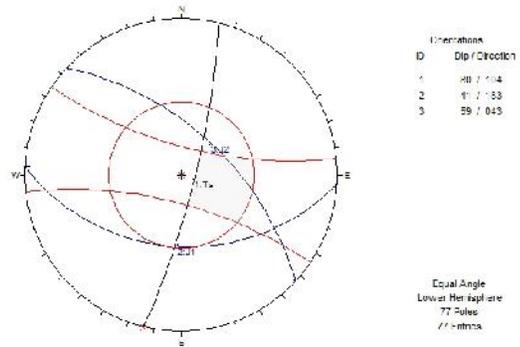
FAMILIAS DE JUNTAS



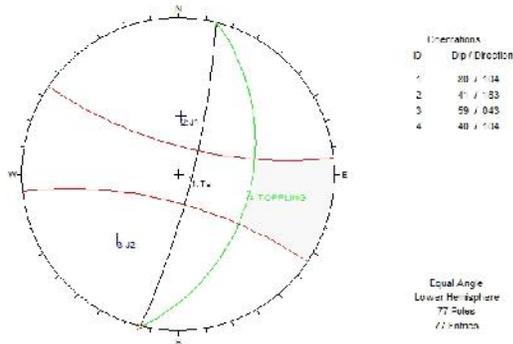
ROTURA PLANA



ROTURA EN CUÑA

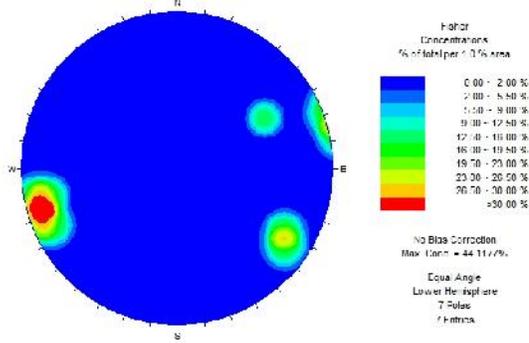


ROTURA EN VUELCO

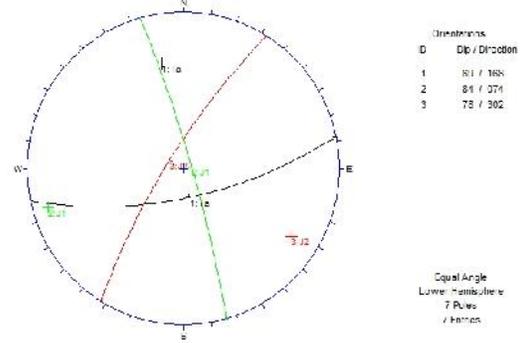


SUB-ESTACIÓN 1, ESTACIÓN 2

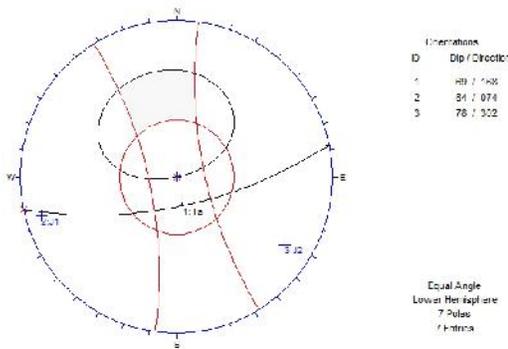
DIAGRAMA DE POLOS



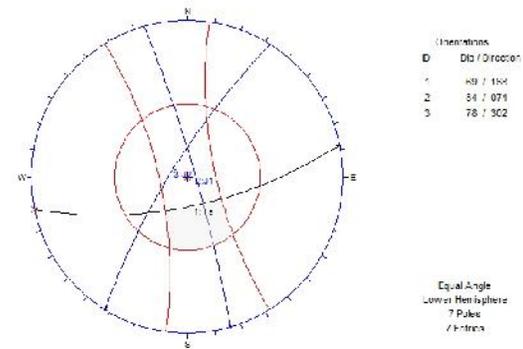
FAMILIAS DE JUNTAS



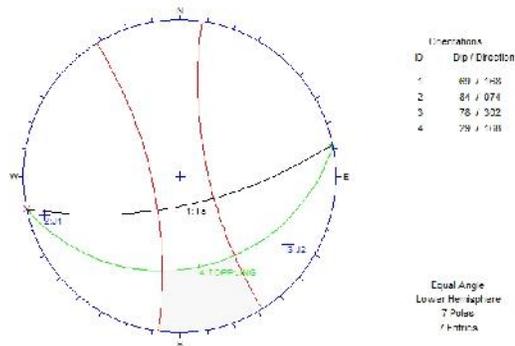
ROTURA PLANA



ROTURA EN CUÑA

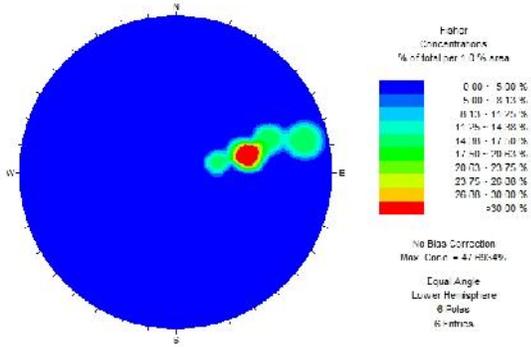


ROTURA EN VUELCO

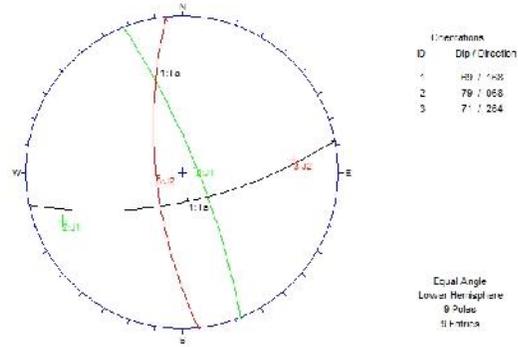


SUB-ESTACIÓN 2, ESTACIÓN 2

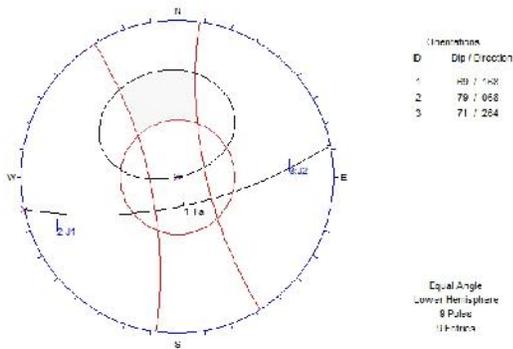
DIAGRAMA DE POLOS



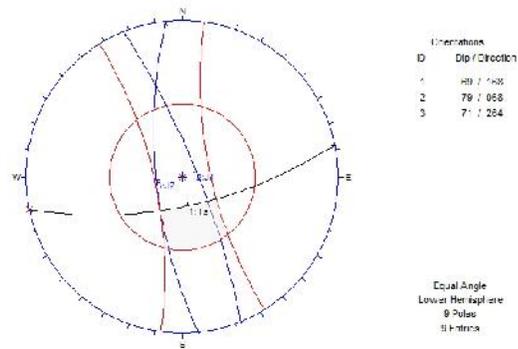
FAMILIAS DE JUNTAS



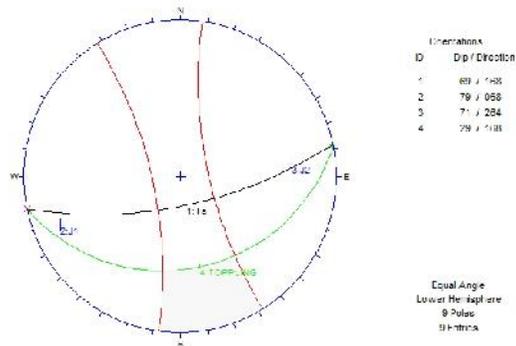
ROTURA PLANA



ROTURA EN CUÑA

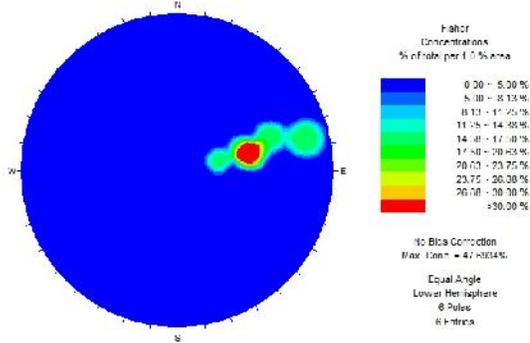


ROTURA EN VUELCO

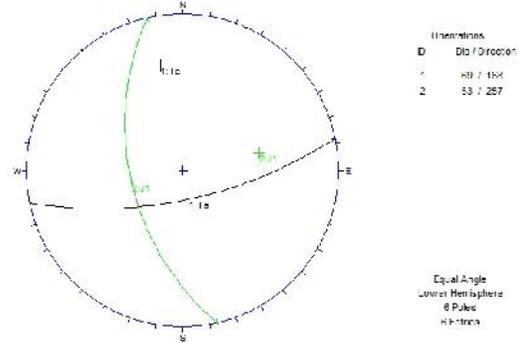


SUB-ESTACIÓN 3, ESTACIÓN 2

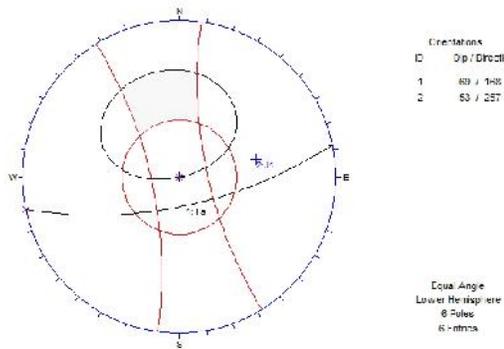
DIAGRAMA DE POLOS



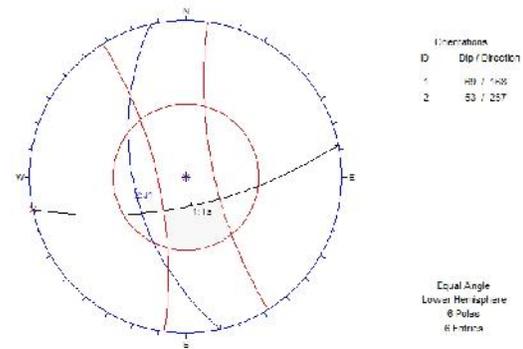
FAMILIAS DE JUNTAS



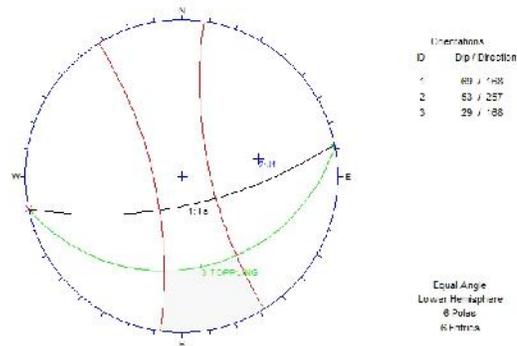
ROTURA PLANA



ROTURA EN CUÑA

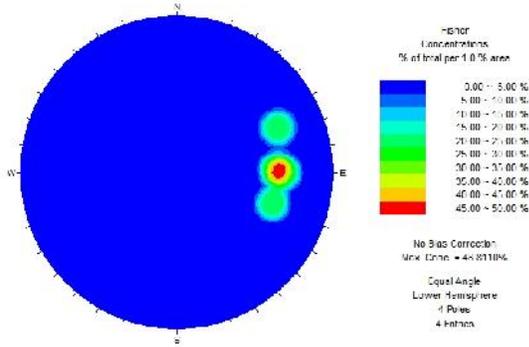


ROTURA EN VUELCO

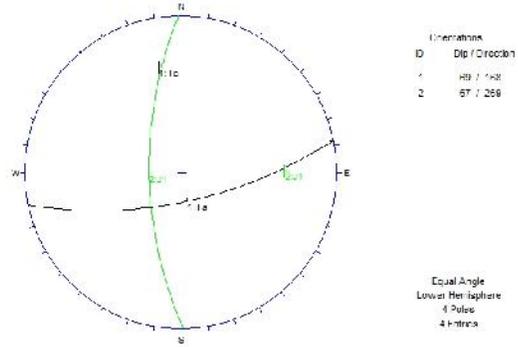


SUB-ESTACIÓN 4, ESTACIÓN 2

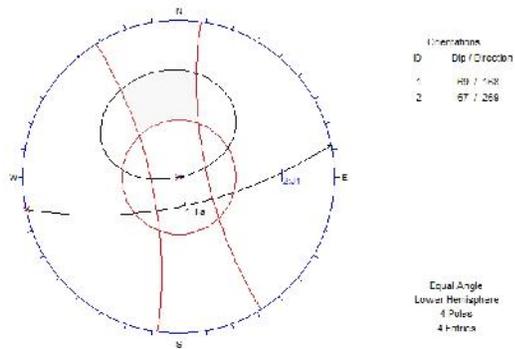
DIAGRAMA DE POLOS



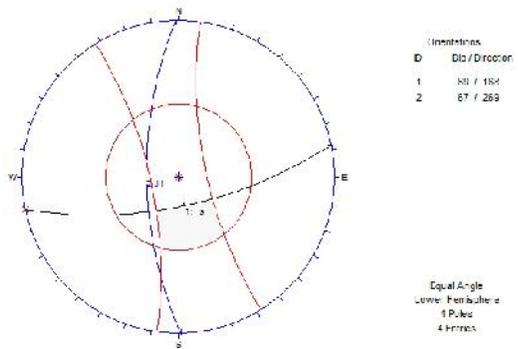
FAMILIAS DE JUNTAS



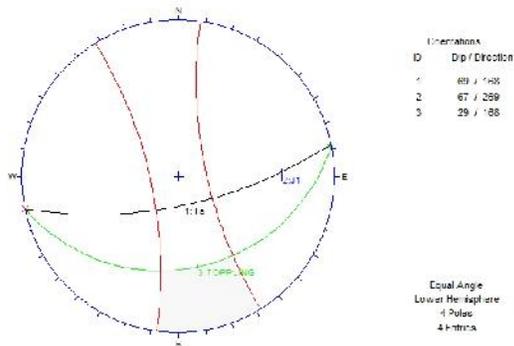
ROTURA PLANA



ROTURA EN CUÑA

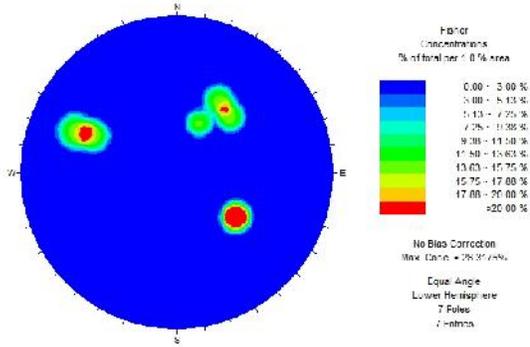


ROTURA EN VUELCO

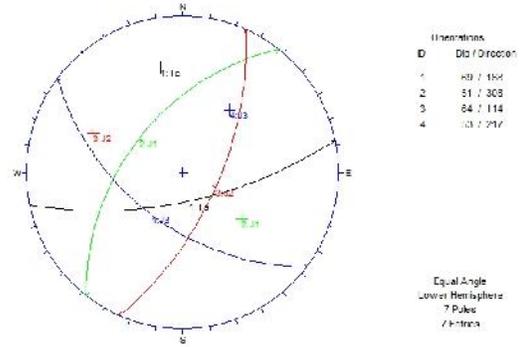


SUB-ESTACIÓN 5, ESTACIÓN 2

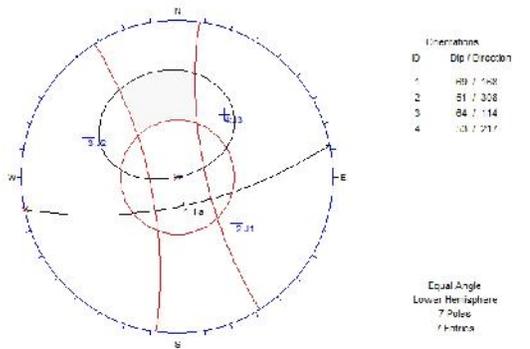
DIAGRAMA DE POLOS



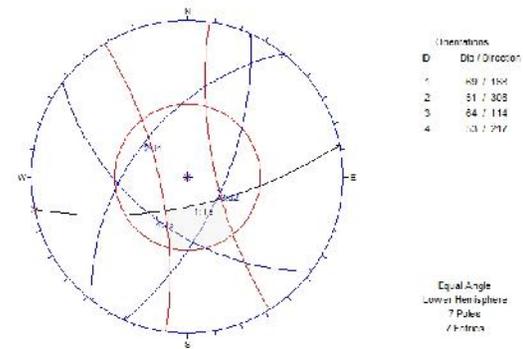
FAMILIAS DE JUNTAS



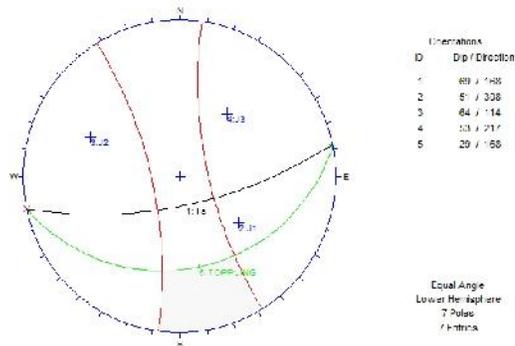
ROTURA PLANA



ROTURA EN CUÑA

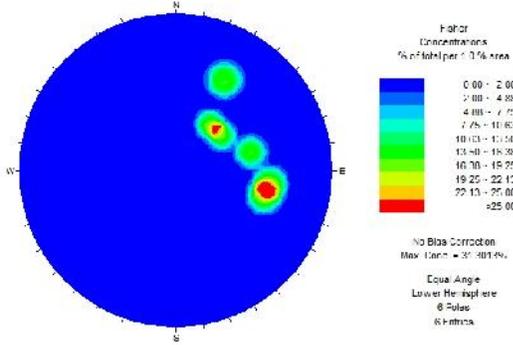


ROTURA EN VUELCO

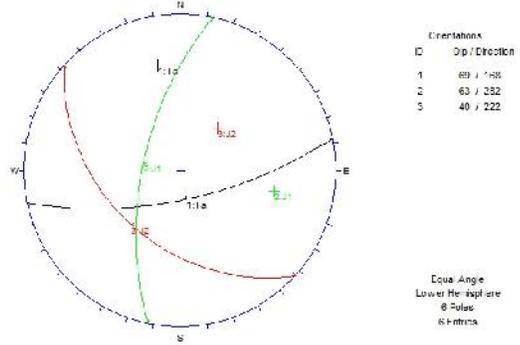


SUB-ESTACIÓN 6, ESTACIÓN 2

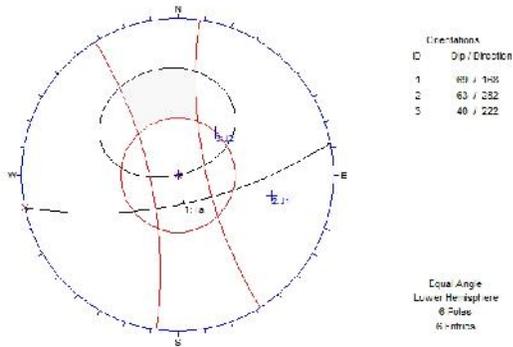
DIAGRAMA DE POLOS



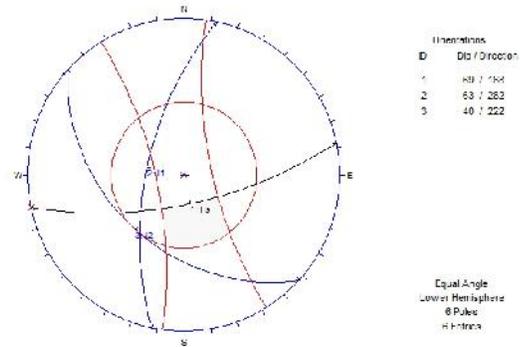
FAMILIAS DE JUNTAS



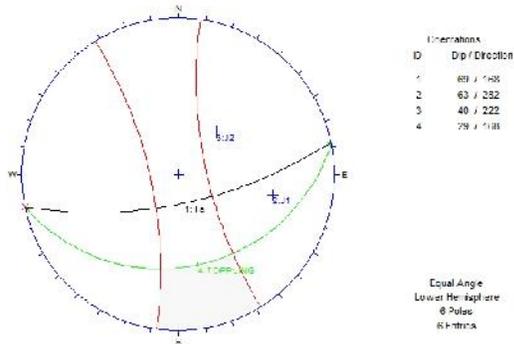
ROTURA PLANA



ROTURA EN CUÑA

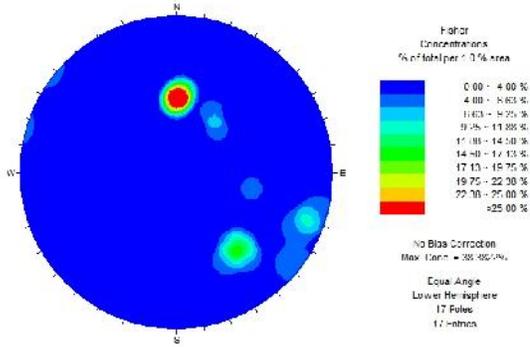


ROTURA EN VUELCO

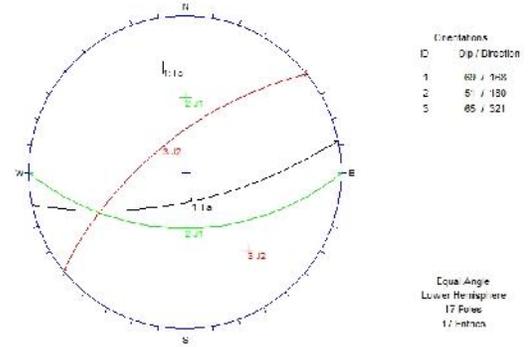


SUB-ESTACIÓN 7, ESTACIÓN 2

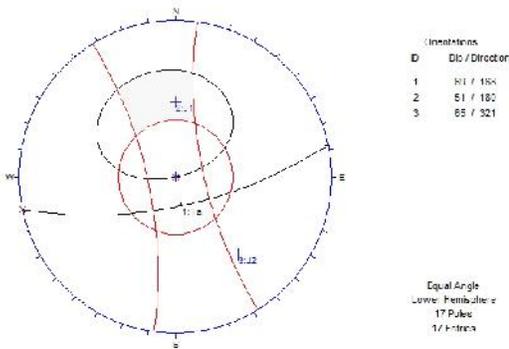
DIAGRAMA DE POLOS



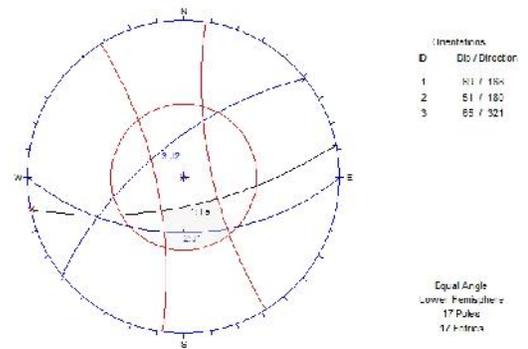
FAMILIAS DE JUNTAS



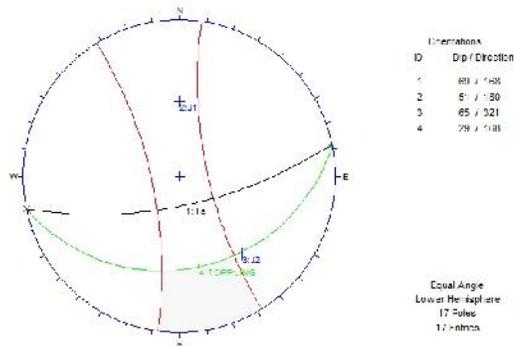
ROTURA PLANA



ROTURA EN CUÑA

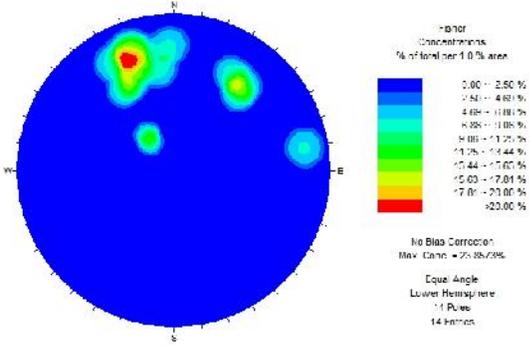


ROTURA EN VUELCO

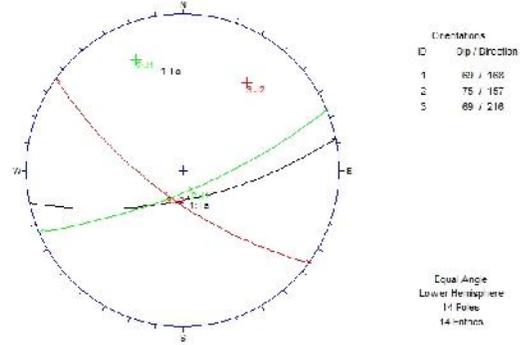


SUB-ESTACIÓN 8, ESTACIÓN 2

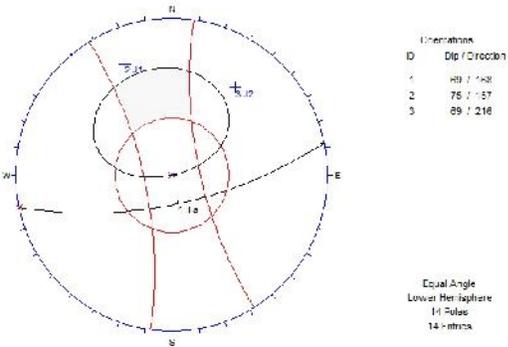
DIAGRAMA DE POLOS



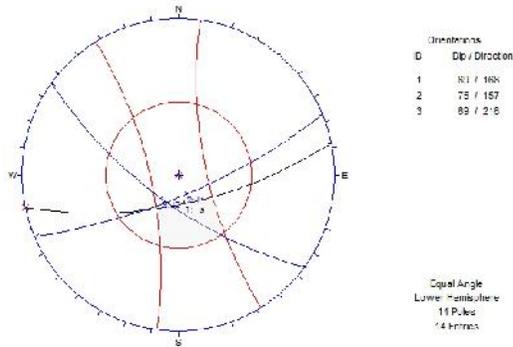
FAMILIAS DE JUNTAS



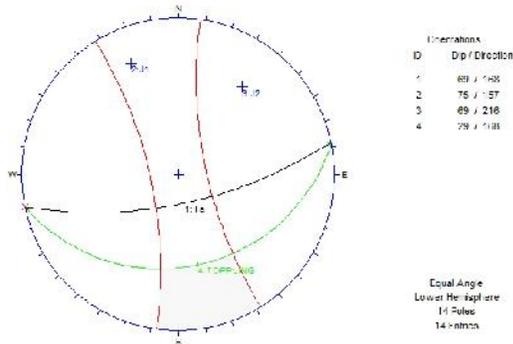
ROTURA PLANA



ROTURA EN CUÑA

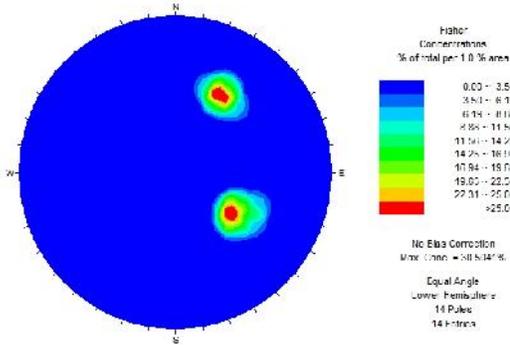


ROTURA EN VUELCO

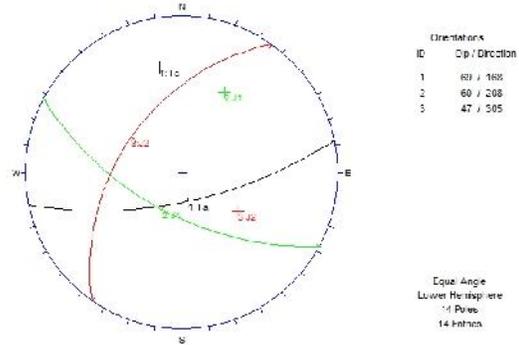


SUB-ESTACIÓN 9, ESTACIÓN 2

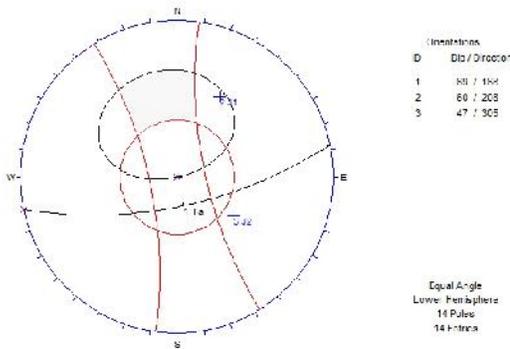
DIAGRAMA DE POLOS



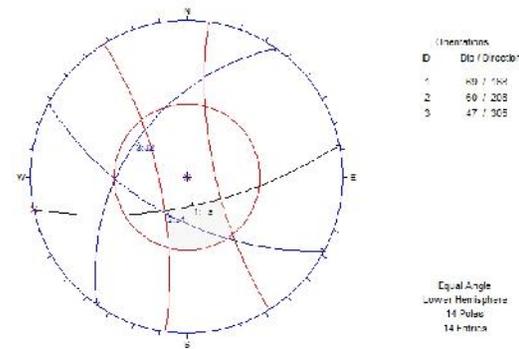
FAMILIAS DE JUNTAS



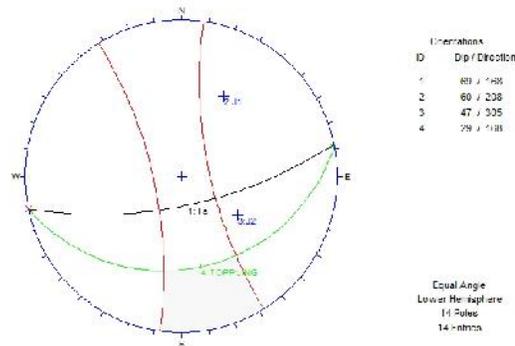
ROTURA PLANA



ROTURA EN CUÑA

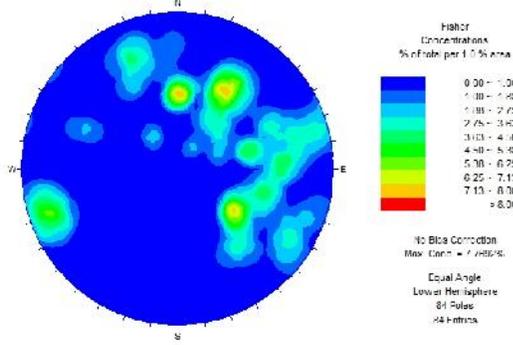


ROTURA EN VUELCO

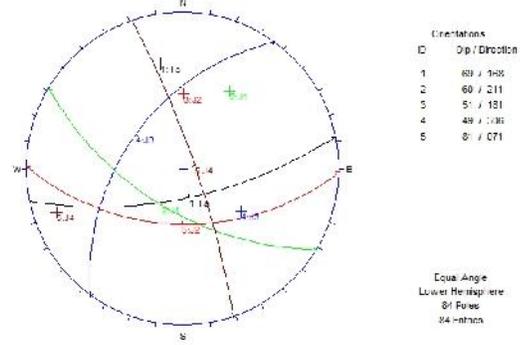


ESTACIÓN 2

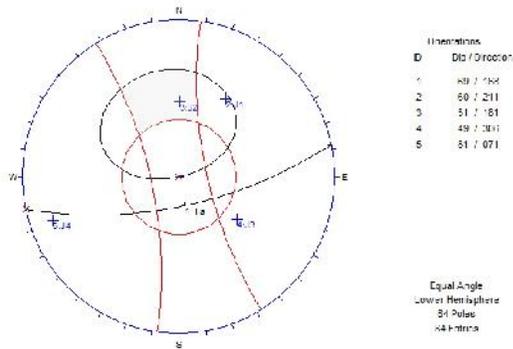
DIAGRAMA DE POLOS



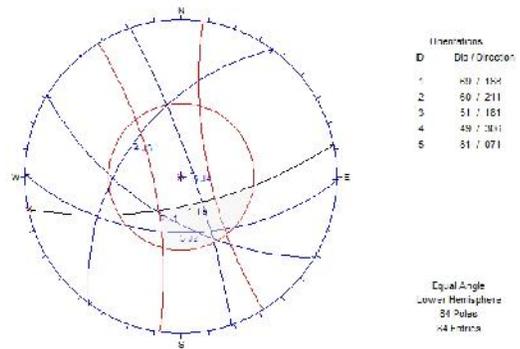
FAMILIAS DE JUNTAS



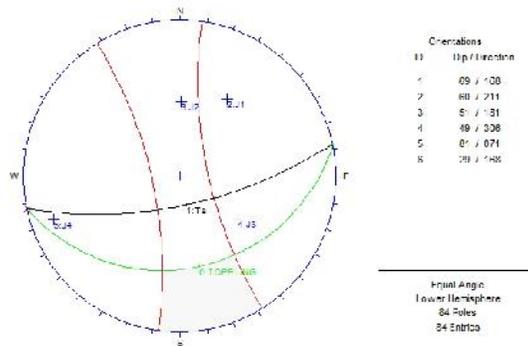
ROTURA PLANA



ROTURA EN CUÑA

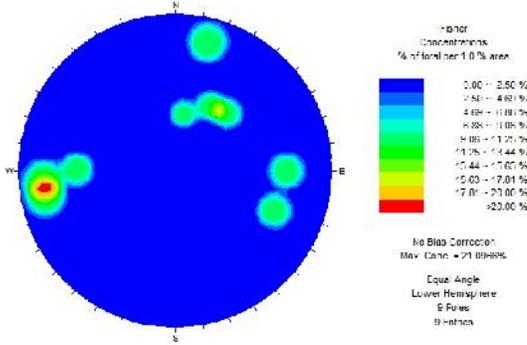


ROTURA EN VUELCO

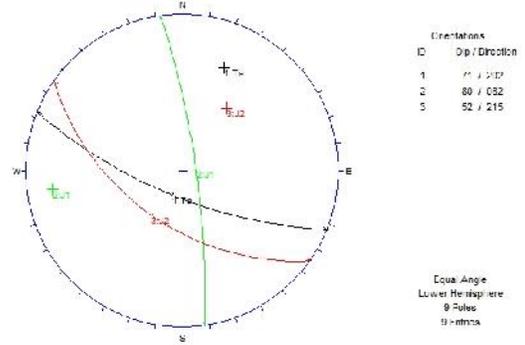


SUB-ESTACIÓN 1, ESTACIÓN 3

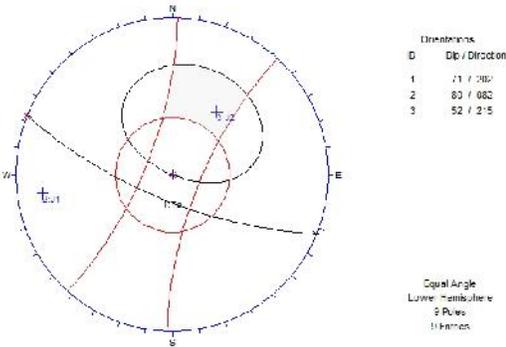
DIAGRAMA DE POLOS



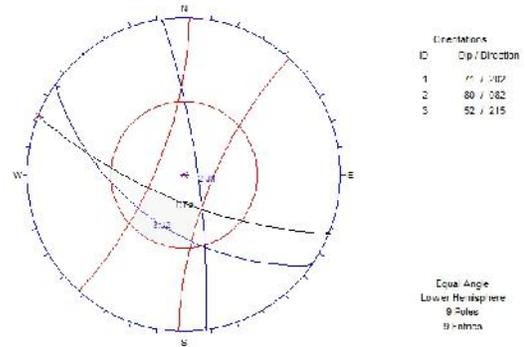
FAMILIAS DE JUNTAS



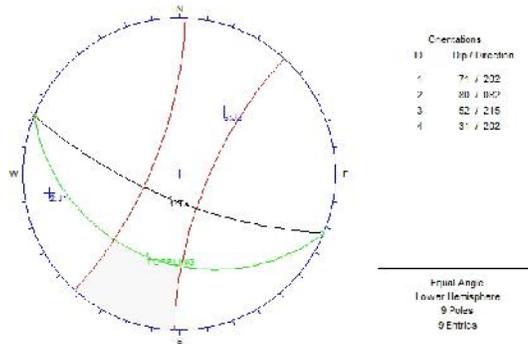
ROTURA PLANA



ROTURA EN CUÑA

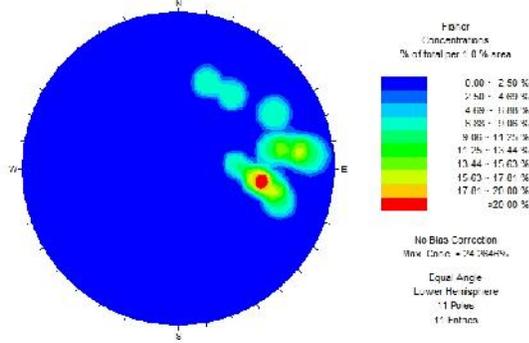


ROTURA EN VUELCO

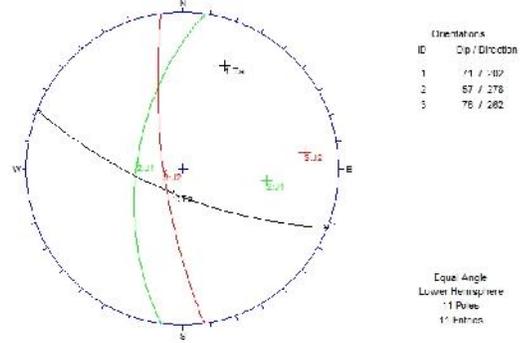


SUB-ESTACIÓN 2, ESTACIÓN 3

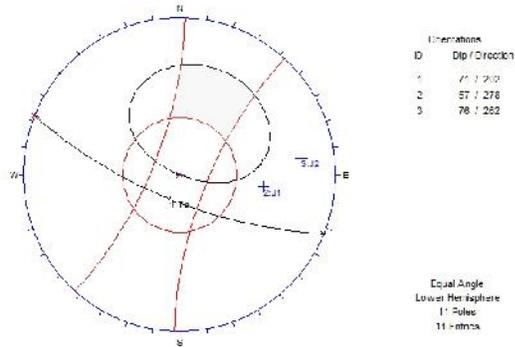
DIAGRAMA DE POLOS



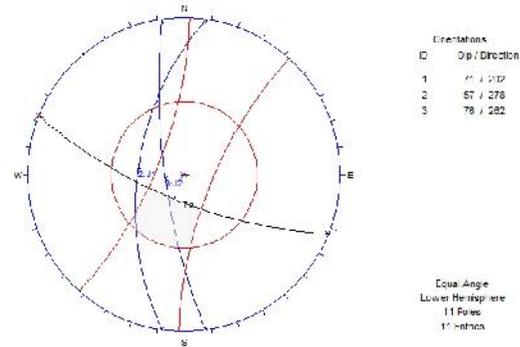
FAMILIAS DE JUNTAS



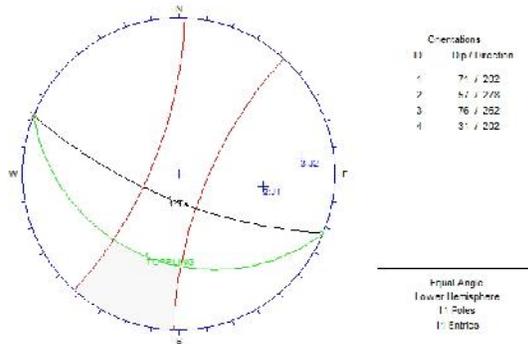
ROTURA PLANA



ROTURA EN CUÑA

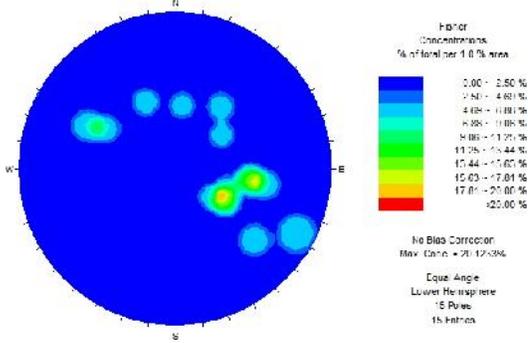


ROTURA EN VUELCO

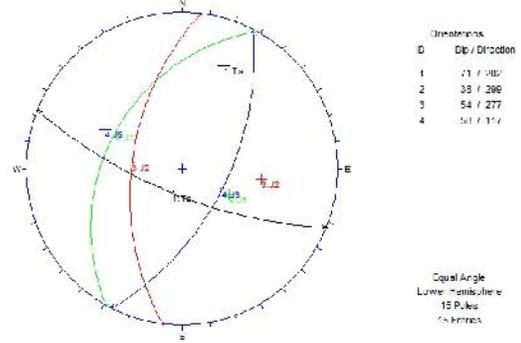


SUB-ESTACIÓN 3, ESTACIÓN 3

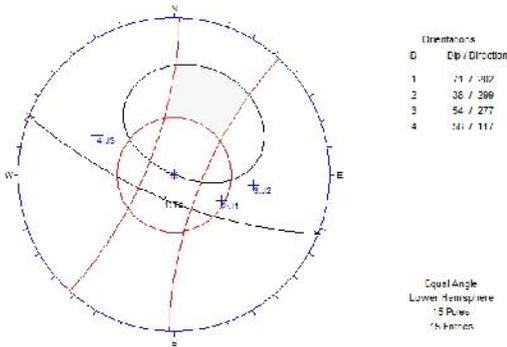
DIAGRAMA DE POLOS



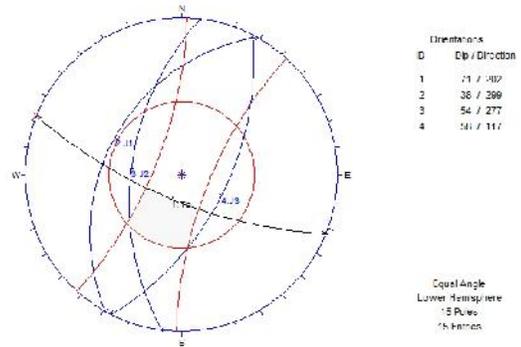
FAMILIAS DE JUNTAS



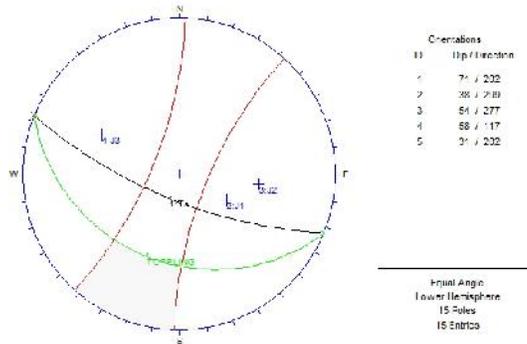
ROTURA PLANA



ROTURA EN CUÑA

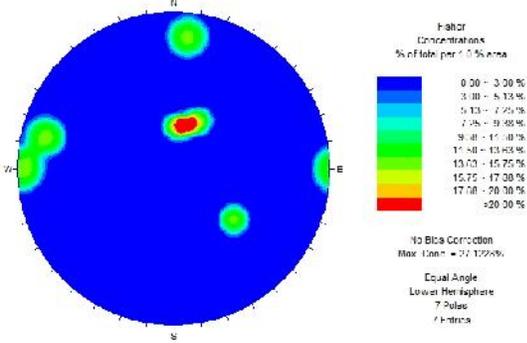


ROTURA EN VUELCO

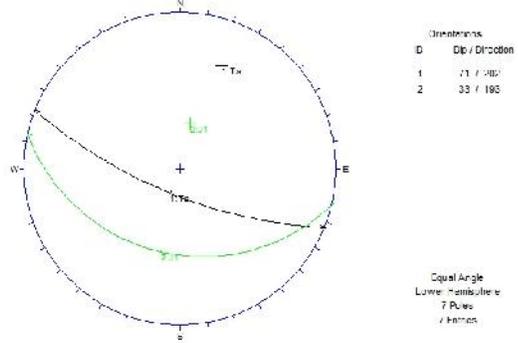


SUB-ESTACIÓN 4, ESTACIÓN 3

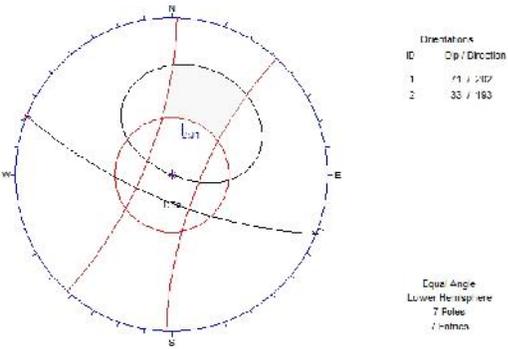
DIAGRAMA DE POLOS



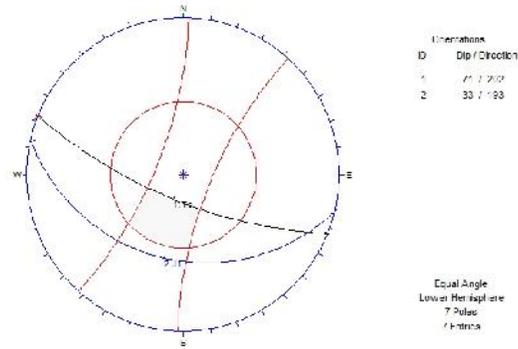
FAMILIAS DE JUNTAS



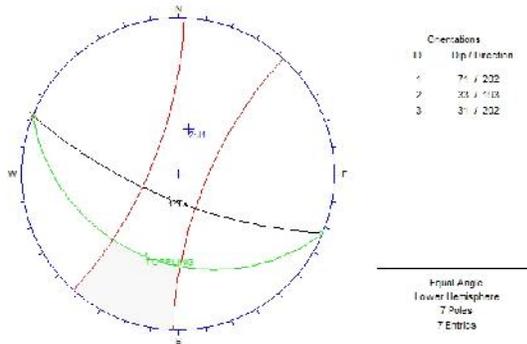
ROTURA PLANA



ROTURA EN CUÑA

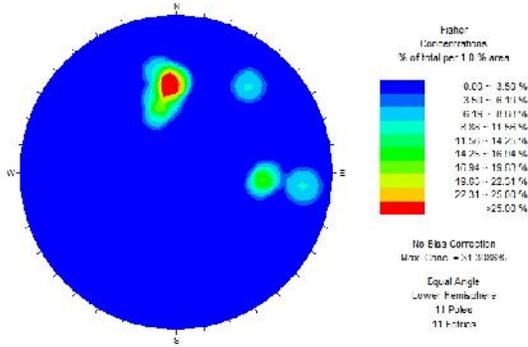


ROTURA EN VUELCO

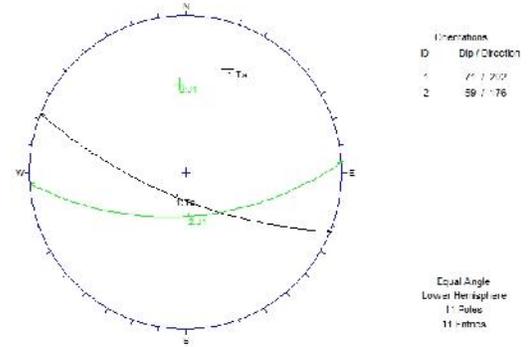


SUB-ESTACIÓN 5, ESTACIÓN 3

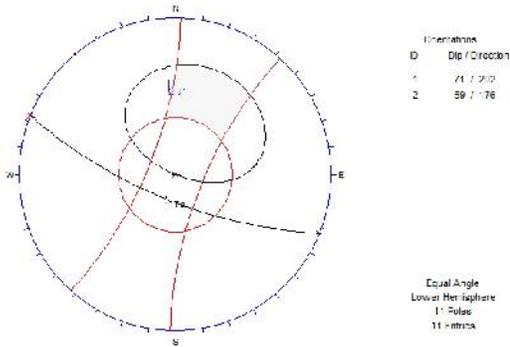
DIAGRAMA DE POLOS



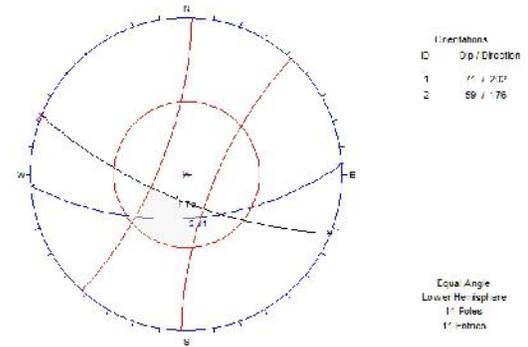
FAMILIAS DE JUNTAS



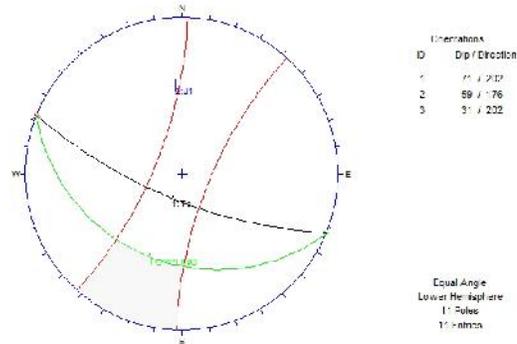
ROTURA PLANA



ROTURA EN CUÑA

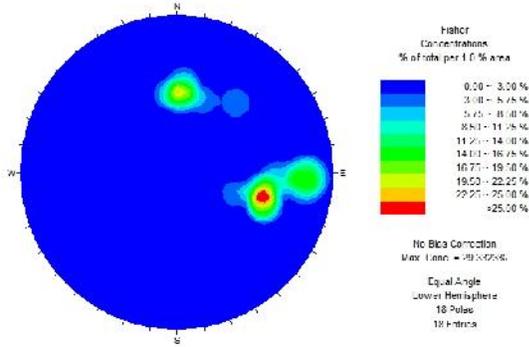


ROTURA EN VUELCO

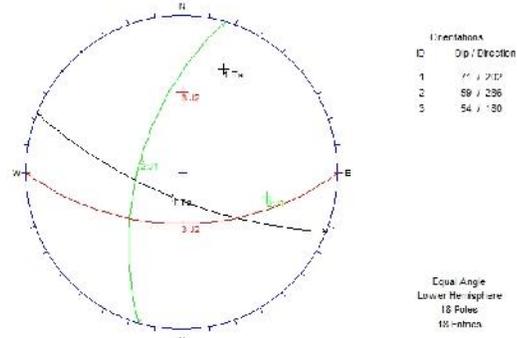


SUB-ESTACIÓN 6, ESTACIÓN 3

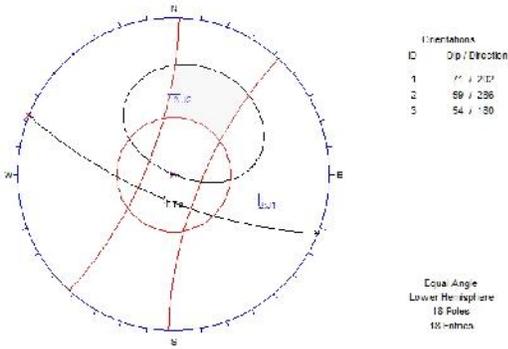
DIAGRAMA DE POLOS



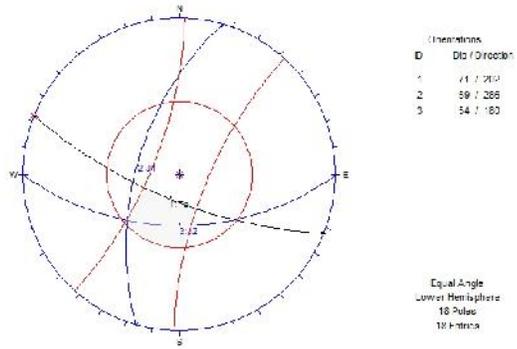
FAMILIAS DE JUNTAS



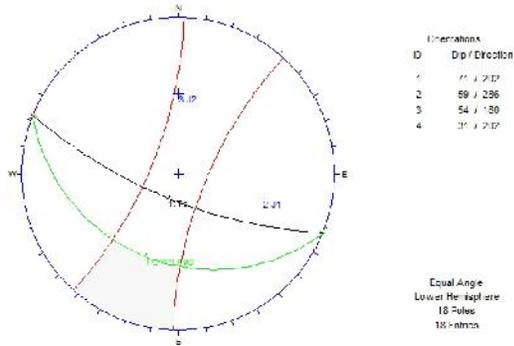
ROTURA PLANA



ROTURA EN CUÑA

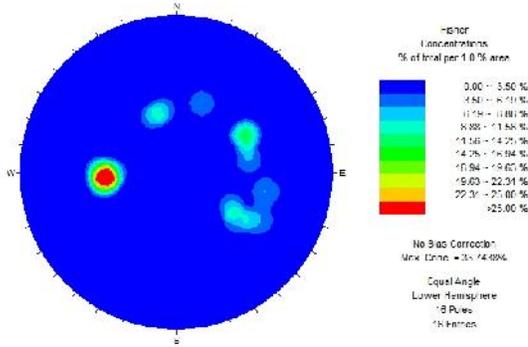


ROTURA EN VUELCO

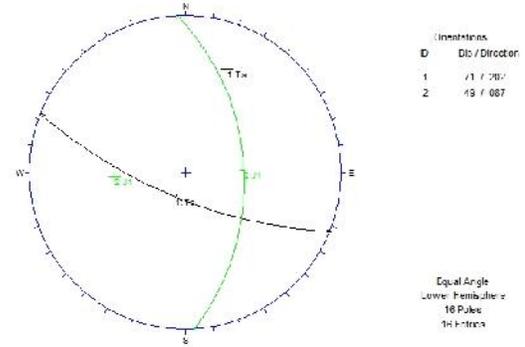


SUB-ESTACIÓN 7, ESTACIÓN 3

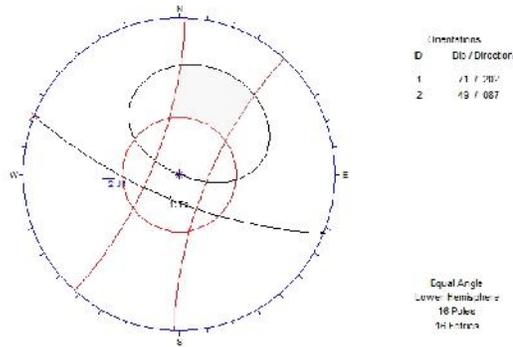
DIAGRAMA DE POLOS



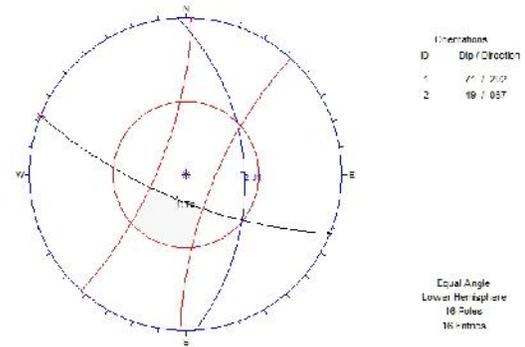
FAMILIAS DE JUNTAS



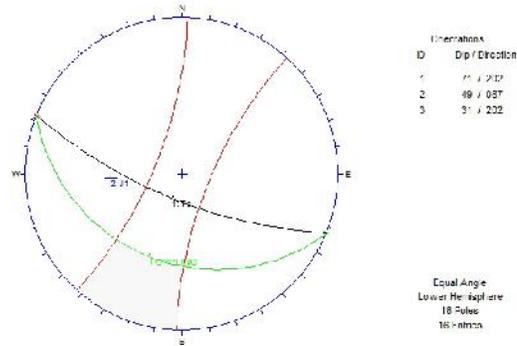
ROTURA PLANA



ROTURA EN CUÑA

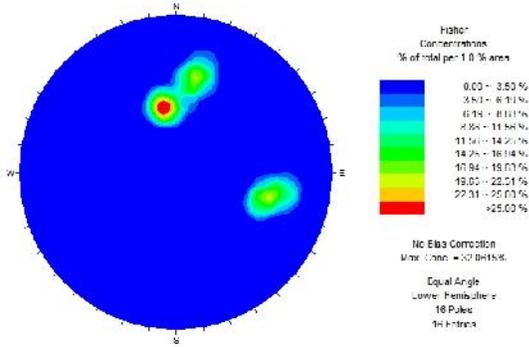


ROTURA EN VUELCO

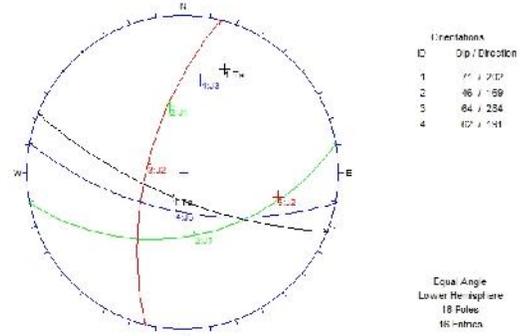


SUB-ESTACIÓN 8, ESTACIÓN 3

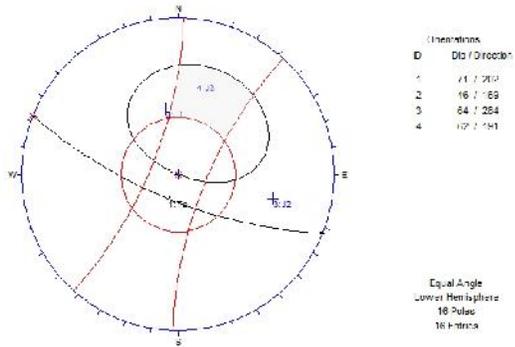
DIAGRAMA DE POLOS



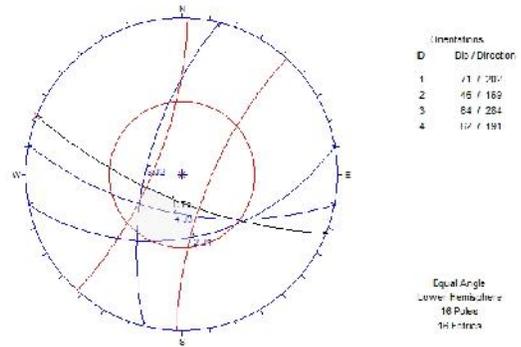
FAMILIAS DE JUNTAS



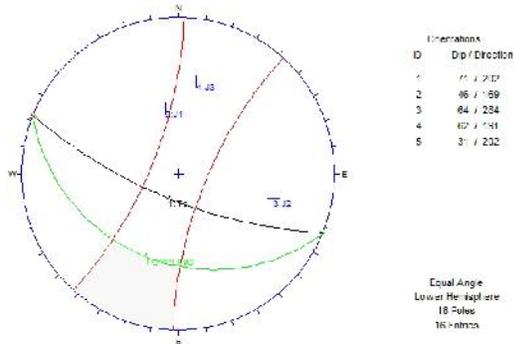
ROTURA PLANA



ROTURA EN CUÑA

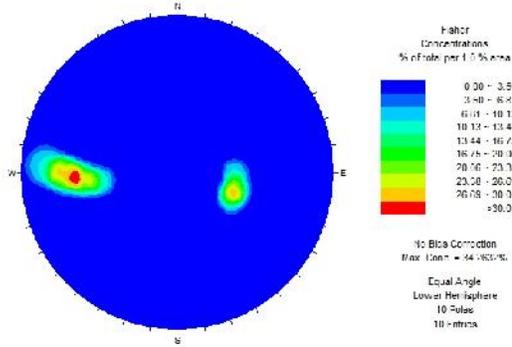


ROTURA EN VUELCO

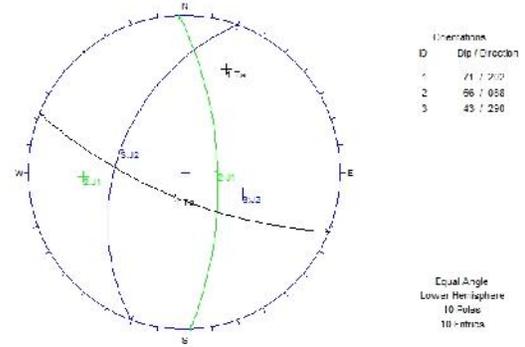


SUB-ESTACIÓN 9, ESTACIÓN 3

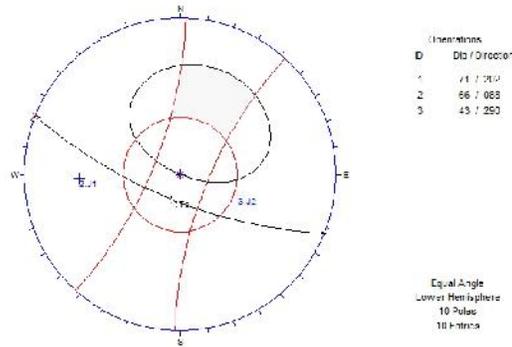
DIAGRAMA DE POLOS



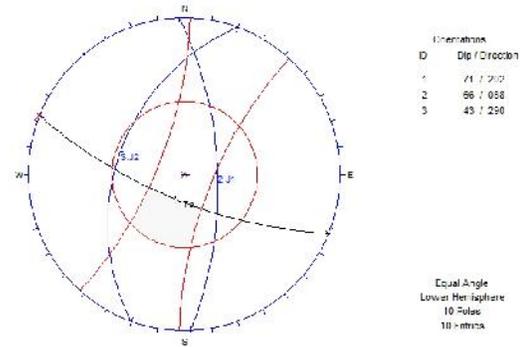
FAMILIAS DE JUNTAS



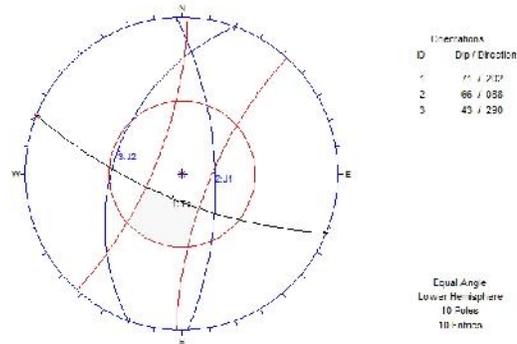
ROTURA PLANA



ROTURA EN CUÑA

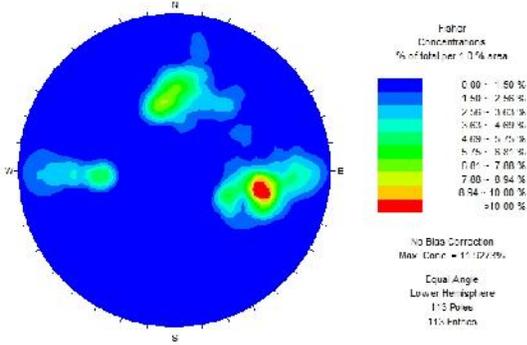


ROTURA EN VUELCO

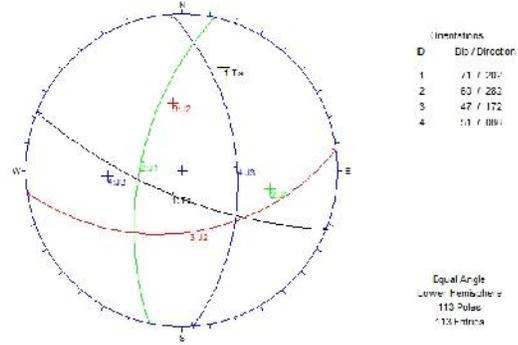


ESTACIÓN 3

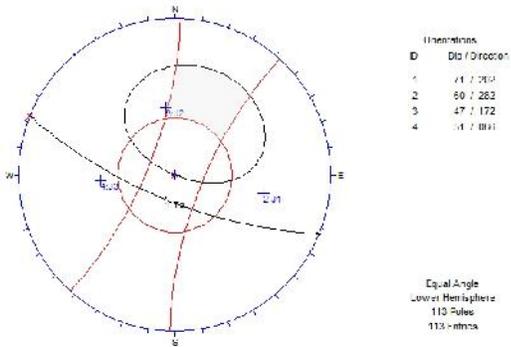
DIAGRAMA DE POLOS



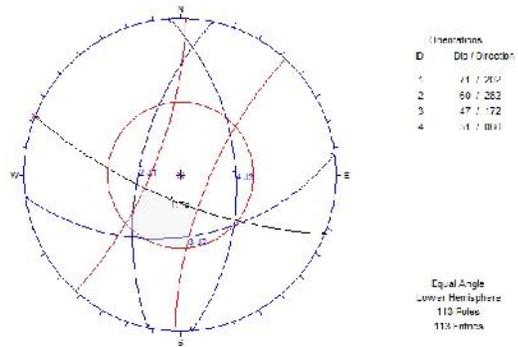
FAMILIAS DE JUNTAS



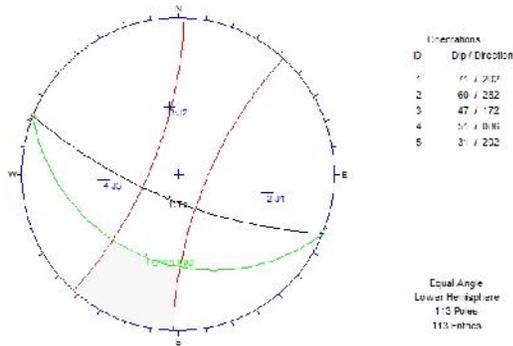
ROTURA PLANA



ROTURA EN CUÑA

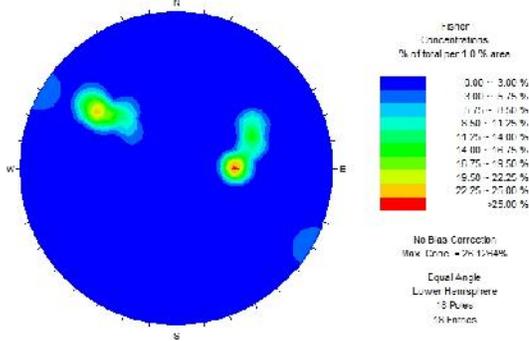


ROTURA EN VUELCO

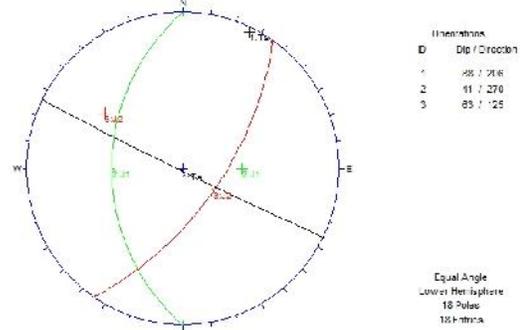


ESTACIÓN 4

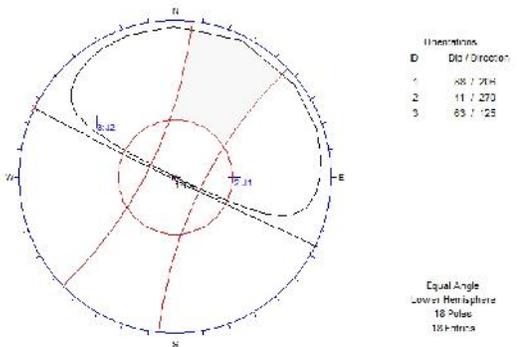
DIAGRAMA DE POLOS



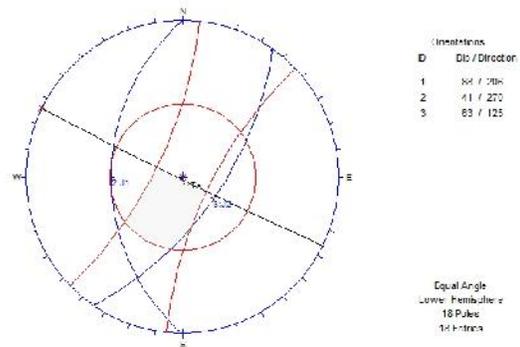
FAMILIAS DE JUNTAS



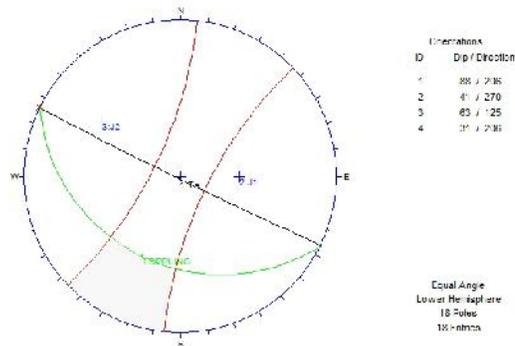
ROTURA PLANA



ROTURA EN CUÑA

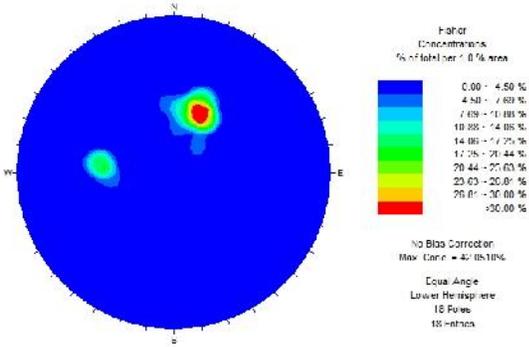


ROTURA EN VUELCO

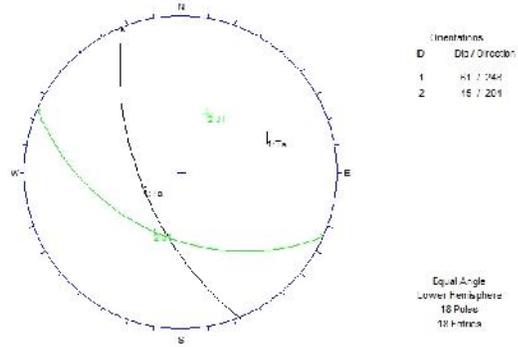


SUB-ESTACIÓN 1, ESTACIÓN 5

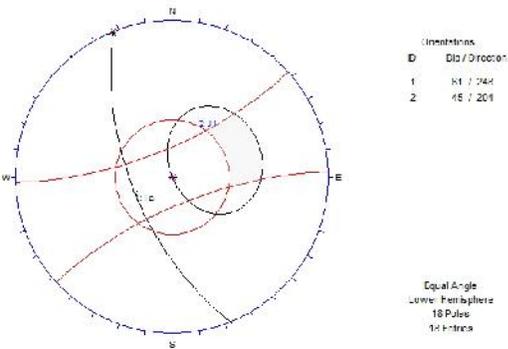
DIAGRAMA DE POLOS



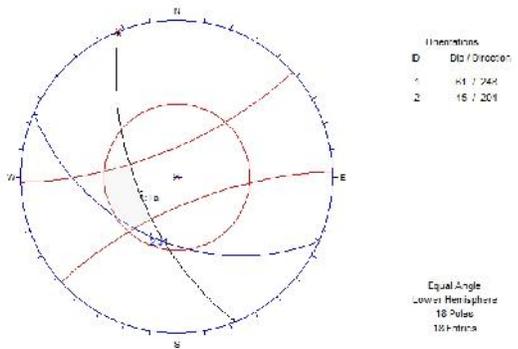
FAMILIAS DE JUNTAS



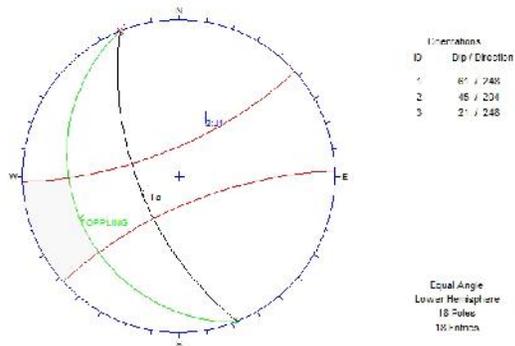
ROTURA PLANA



ROTURA EN CUÑA

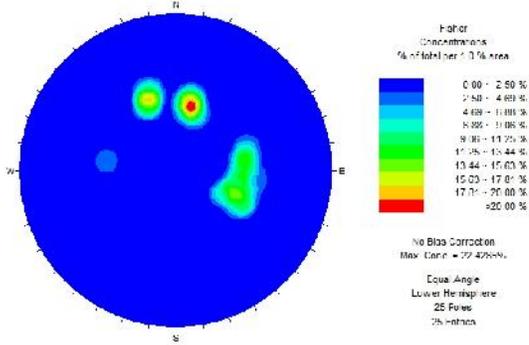


ROTURA EN VUELCO

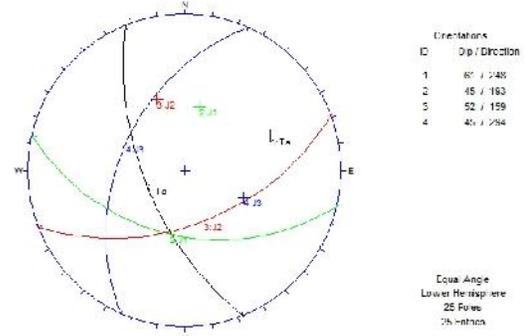


SUB-ESTACIÓN 2, ESTACIÓN 5

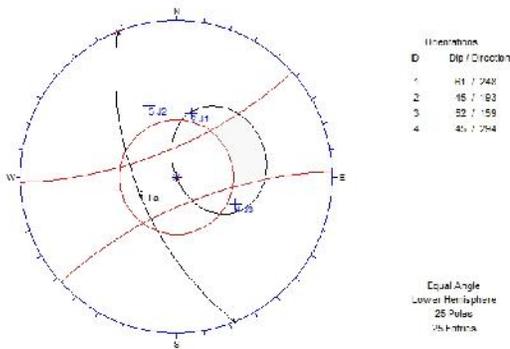
DIAGRAMA DE POLOS



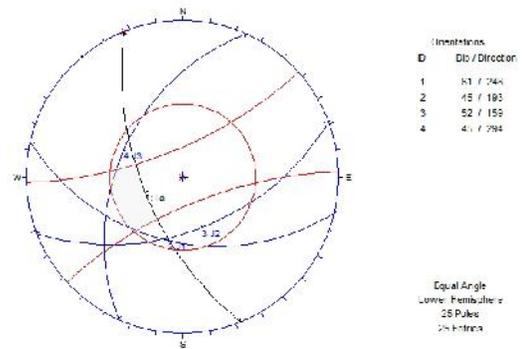
FAMILIAS DE JUNTAS



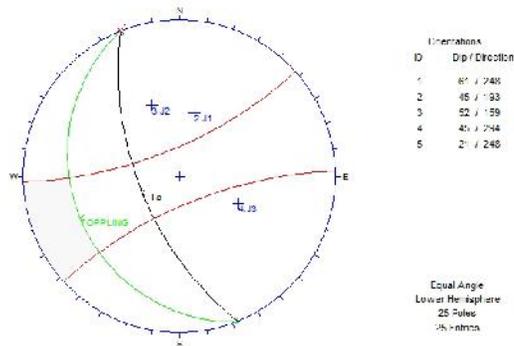
ROTURA PLANA



ROTURA EN CUÑA

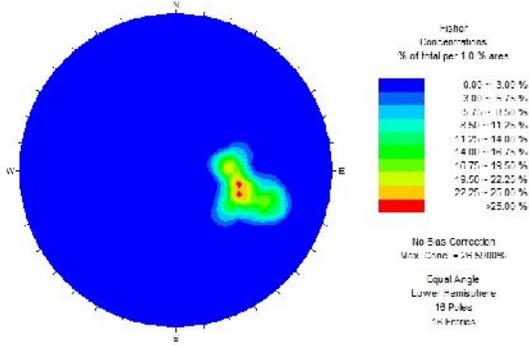


ROTURA EN VUELCO

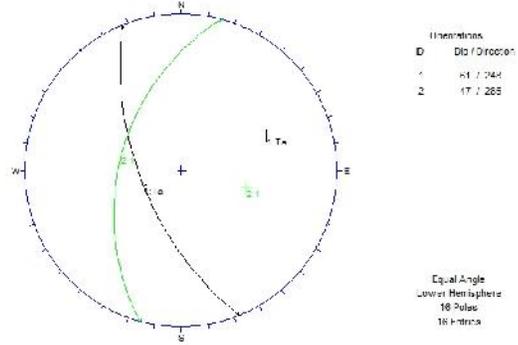


SUB-ESTACIÓN 3, ESTACIÓN 5

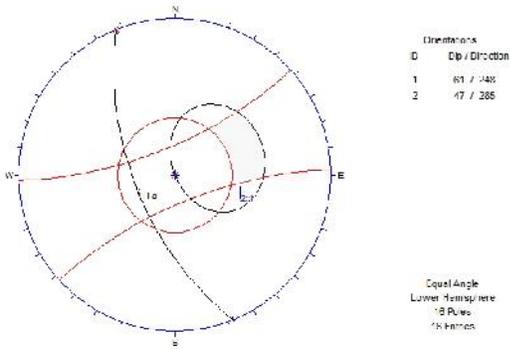
DIAGRAMA DE POLOS



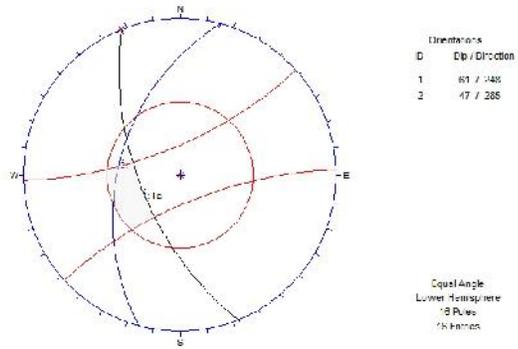
FAMILIAS DE JUNTAS



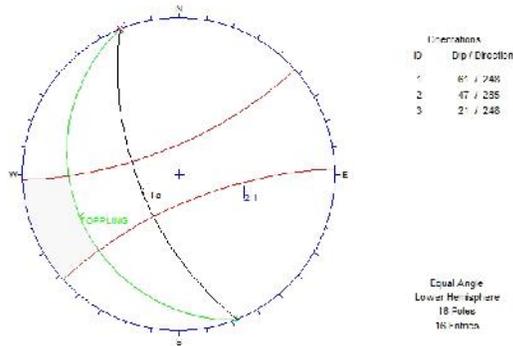
ROTURA PLANA



ROTURA EN CUÑA

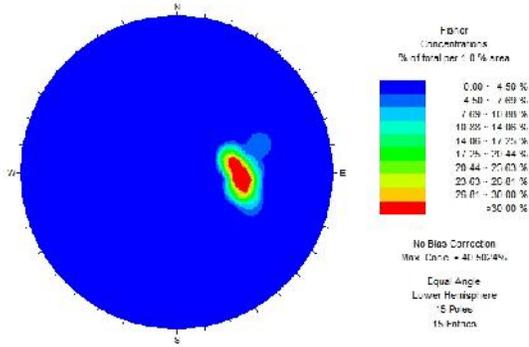


ROTURA EN VUELCO

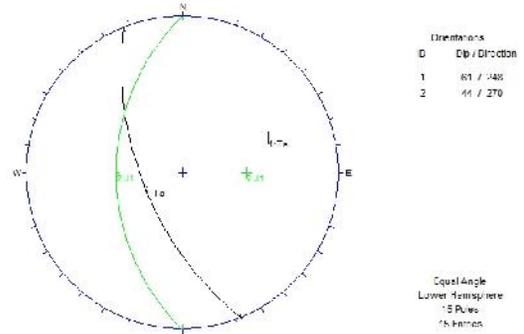


SUB-ESTACIÓN 4, ESTACIÓN 5

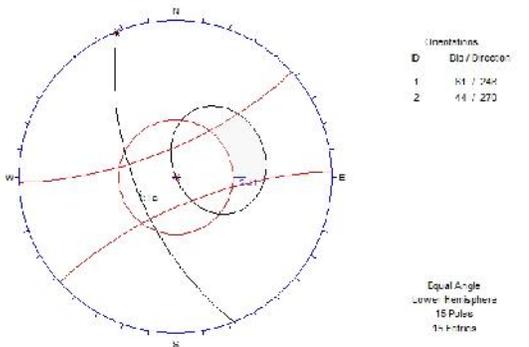
DIAGRAMA DE POLOS



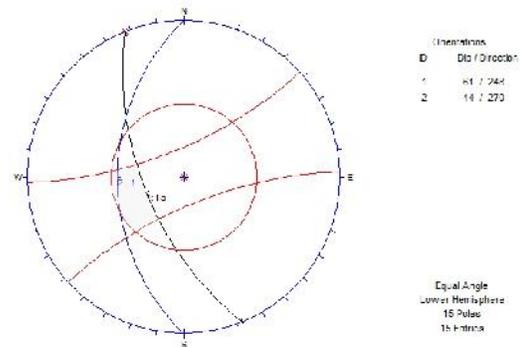
FAMILIAS DE JUNTAS



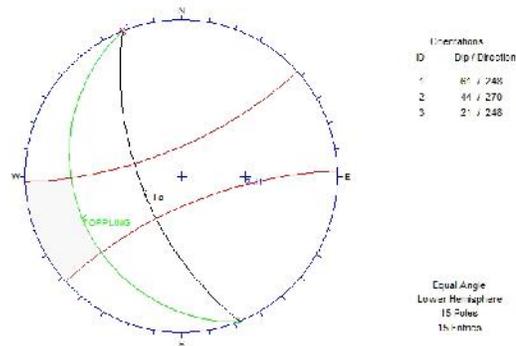
ROTURA PLANA



ROTURA EN CUÑA

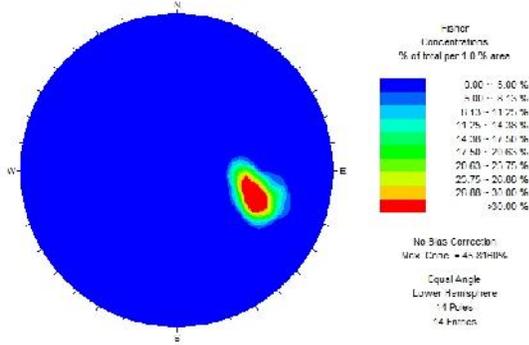


ROTURA EN VUELCO

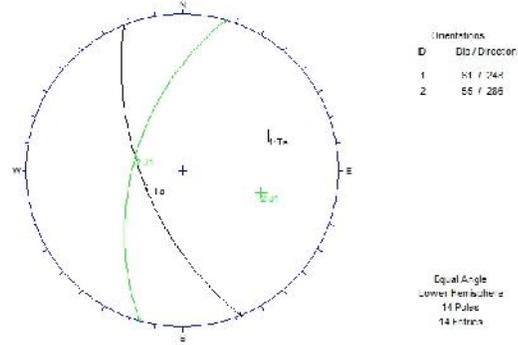


SUB-ESTACIÓN 5, ESTACIÓN 5

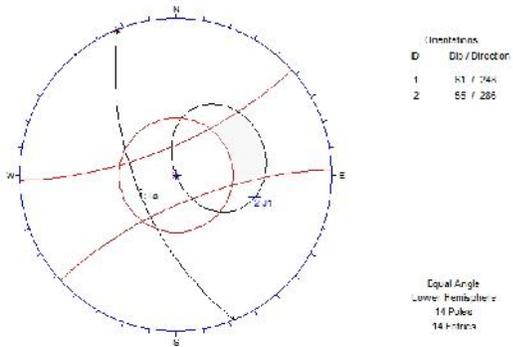
DIAGRAMA DE POLOS



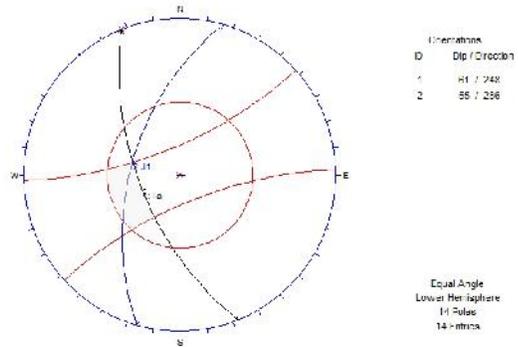
FAMILIAS DE JUNTAS



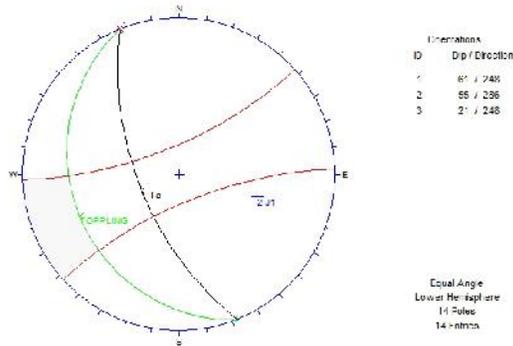
ROTURA PLANA



ROTURA EN CUÑA

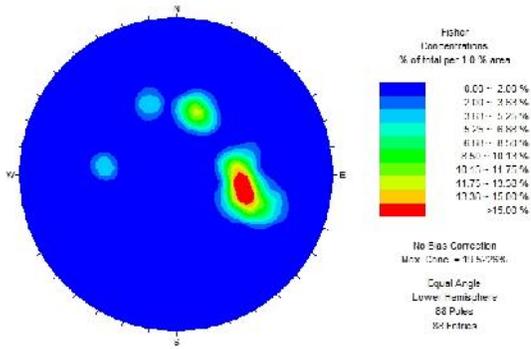


ROTURA EN VUELCO

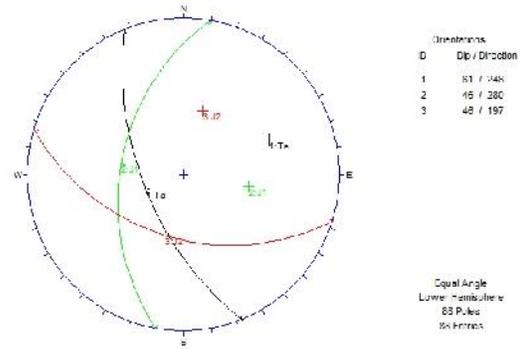


ESTACIÓN 5

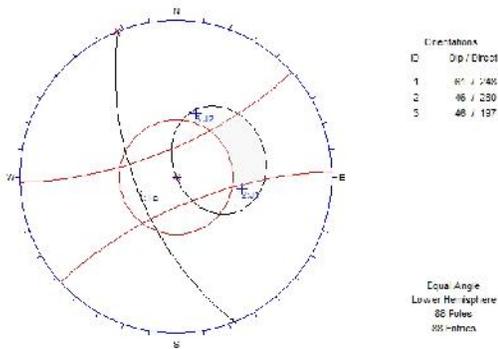
DIAGRAMA DE POLOS



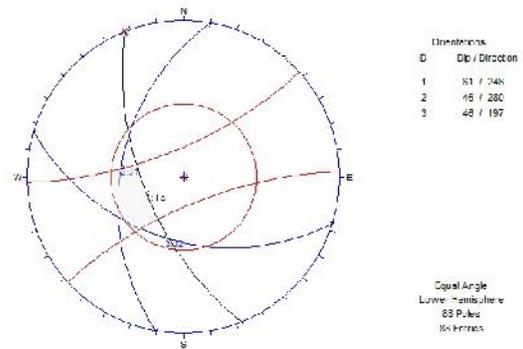
FAMILIAS DE JUNTAS



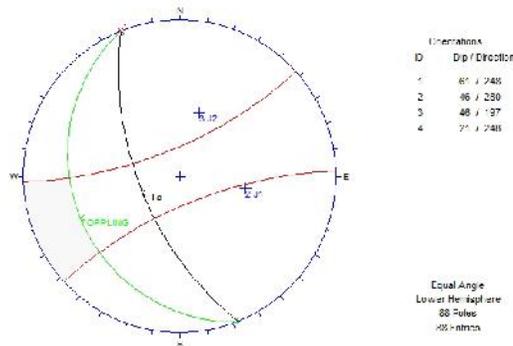
ROTURA PLANA



ROTURA EN CUÑA

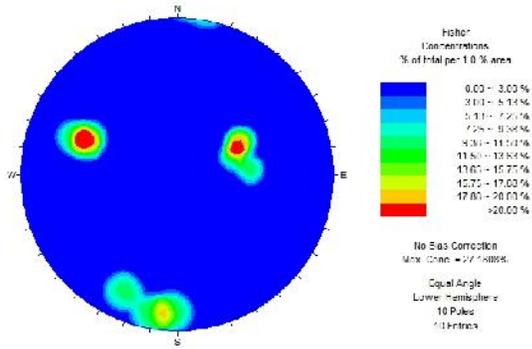


ROTURA EN VUELCO

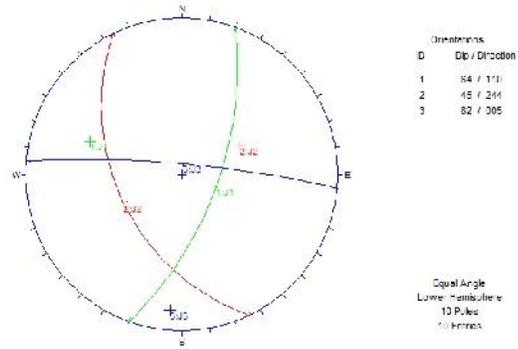


SUB-ESTACIÓN 1, ESTACIÓN 6

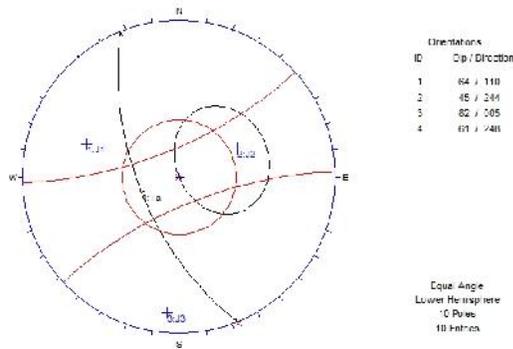
DIAGRAMA DE POLOS



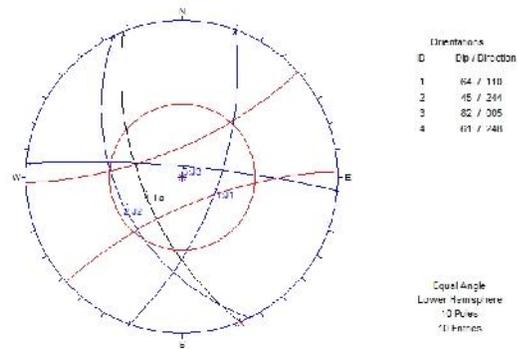
FAMILIAS DE JUNTAS



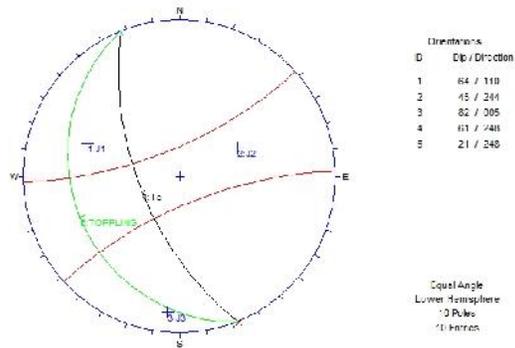
ROTURA PLANA



ROTURA EN CUÑA

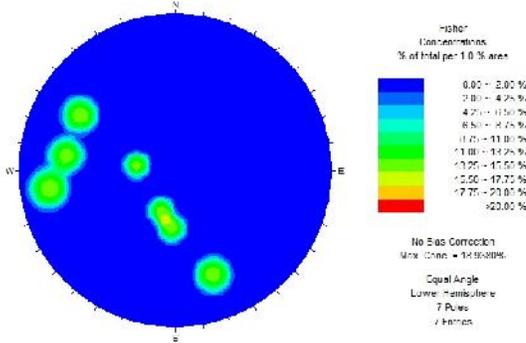


ROTURA EN VUELCO

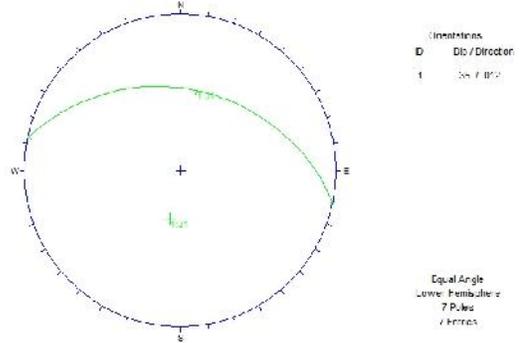


SUB-ESTACIÓN 2, ESTACIÓN 6

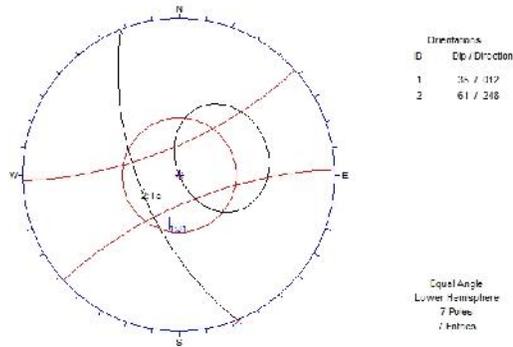
DIAGRAMA DE POLOS



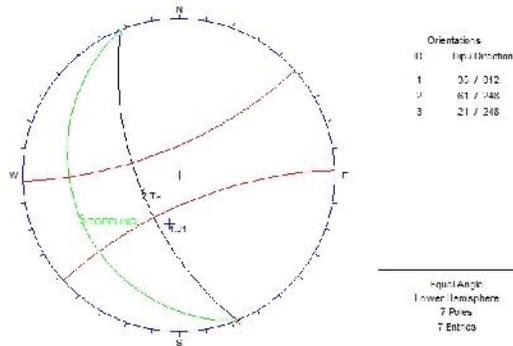
FAMILIAS DE JUNTAS



ROTURA PLANA

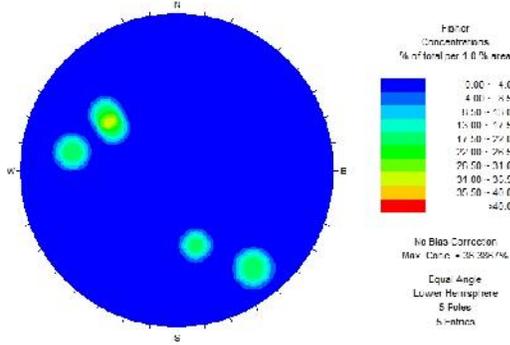


ROTURA EN VUELCO

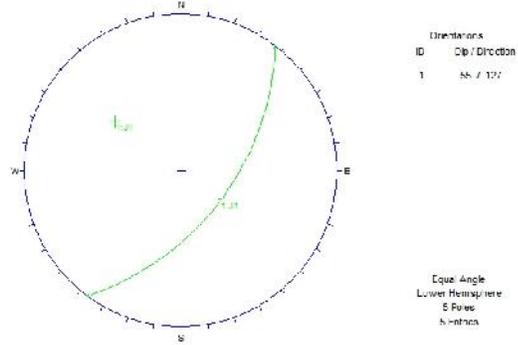


SUB-ESTACIÓN 3, ESTACIÓN 6

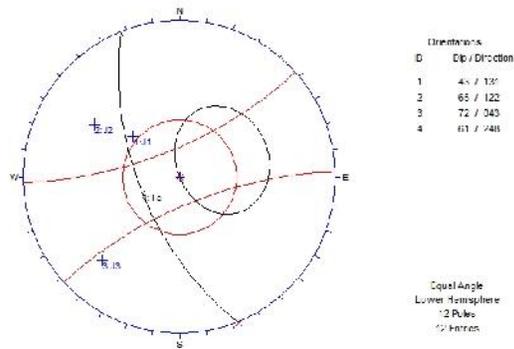
DIAGRAMA DE POLOS



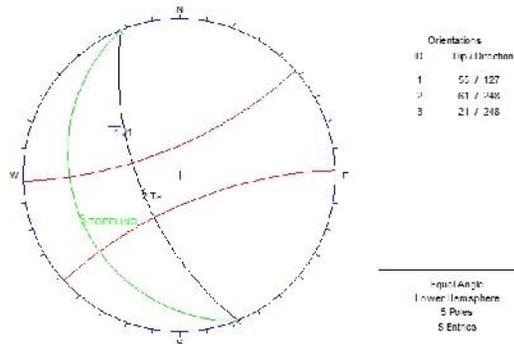
FAMILIAS DE JUNTAS



ROTURA PLANA

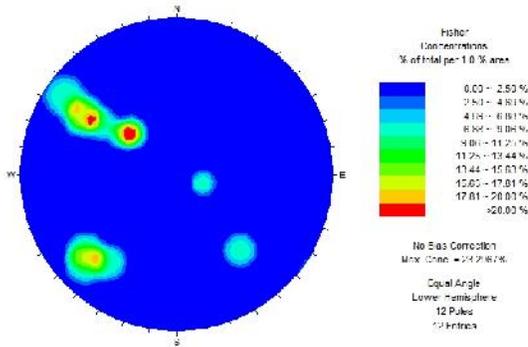


ROTURA EN VUELCO

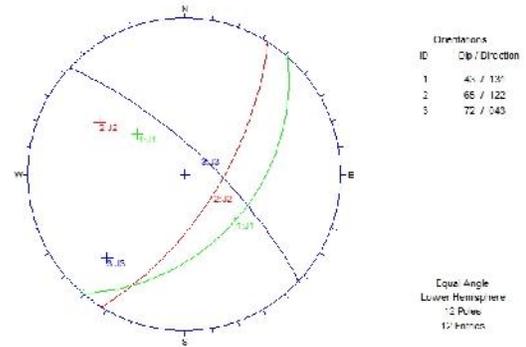


SUB-ESTACIÓN 4, ESTACIÓN 6

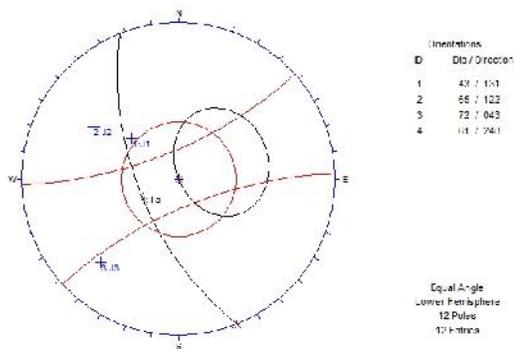
DIAGRAMA DE POLOS



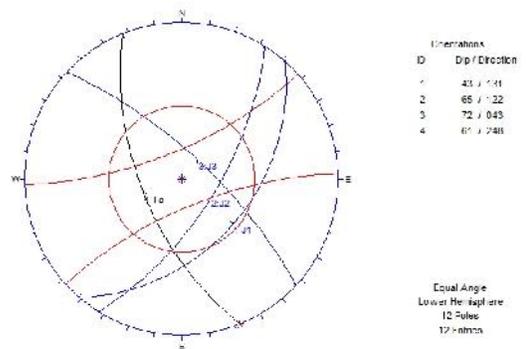
FAMILIAS DE JUNTAS



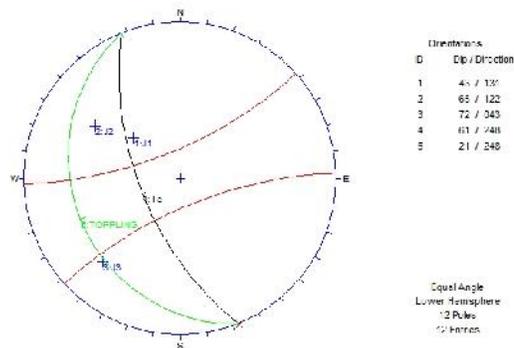
ROTURA PLANA



ROTURA EN CUÑA

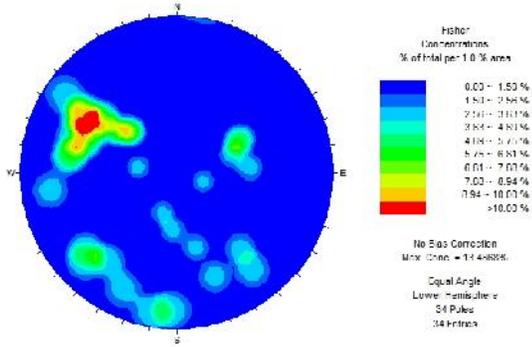


ROTURA EN VUELCO

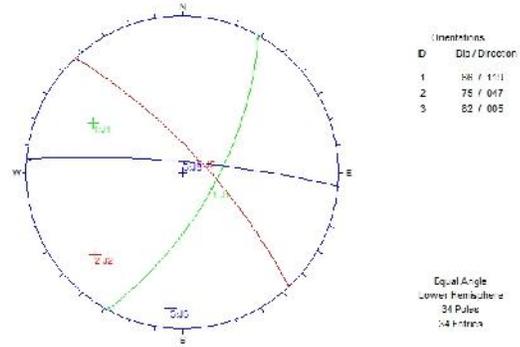


ESTACIÓN 6

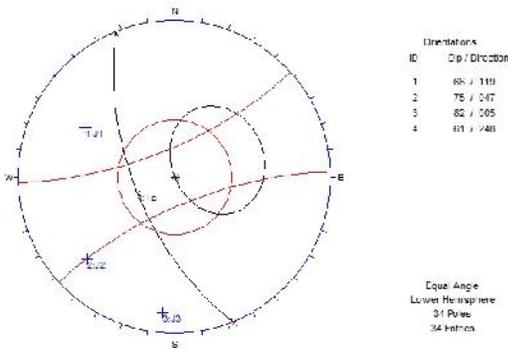
DIAGRAMA DE POLOS



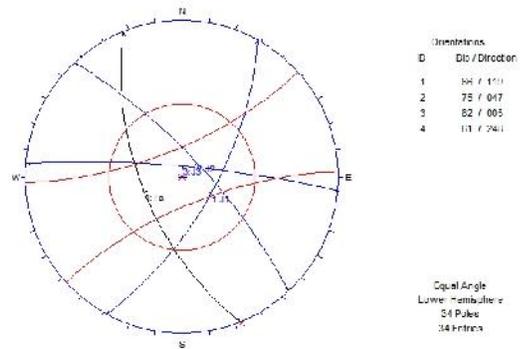
FAMILIAS DE JUNTAS



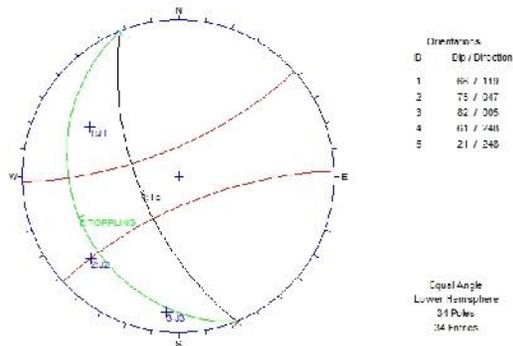
ROTURA PLANA



ROTURA EN CUÑA



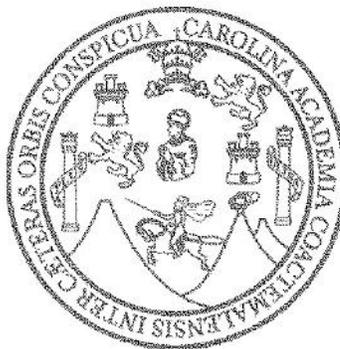
ROTURA EN VUELCO



No. 211-2017

**USAC
CUNOR**

Universidad de San Carlos de Guatemala
Centro Universitario del Norte



El Director del Centro Universitario del Norte de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer los dictámenes de la Comisión de Trabajos de Graduación de la carrera de:

INGENIERO GEOLOGO

Al trabajo titulado:

EVALUACIÓN GEOTÉCNICA DE MACIZOS ROCOSOS UBICADOS SOBRE LA CARRETERA RN-5 QUE CONDUCE HACIA LA ALDEA CHIACAM, DEL MUNICIPIO DE SAN PEDRO CARCHA, ALTA VERAPAZ

Presentado por el (la) estudiante:

ROCIO DEL CARMÉN SÁNCHEZ NARCISO

Autoriza el

IMPRIMASE

Cobán, Alta Verapaz 27 de Septiembre de 2017

Lic. Erwin Gonzalo Eskenasy Morales
DIRECTOR

